

การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10



**“...สู่วิจัยรับใช้สังคม
ด้วยนวัตกรรม
พลังสร้างสรรค์
และเทคโนโลยีที่เหมาะสม
เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ
อย่างยั่งยืน”**

PROCEEDINGS

วันที่ 5-6 สิงหาคม 2567
ณ โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว



**“...สู่วิจัยรับใช้สังคม
ด้วยนวัตกรรม
พลังสร้างสรรค์
และเทคโนโลยีที่เหมาะสม
เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ
อย่างยั่งยืน”**

ชื่อหนังสือ

รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2567

The 10th Conference on Research and Creative Innovations: CRCI 2024

เจ้าของลิขสิทธิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร พัทธประภิติ

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เผยแพร่

27 กันยายน 2567

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอต๋อยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

ดำเนินงานโดย



มหาวิทยาลัยเครือข่าย



มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
NORTH-CHIANG MAI UNIVERSITY



เครือข่ายสมาคม



หน่วยงานภายใน





**“...สู่วิจัยรับใช้สังคม
ด้วยนวัตกรรม
พลังสร้างสรรค์
และเทคโนโลยีที่เหมาะสม
เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ
อย่างยั่งยืน”**

คำนำ

สมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พร้อมด้วยเครือข่ายความร่วมมือร่วมกันจัดงานการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10 “...สู่วิจัยรับใช้สังคม การขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมด้วยนวัตกรรมเพื่อการใช้ประโยชน์ในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน” The 10th Conference on Research and Creative Innovations (CRCi 2024) RMUTL EXPO ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 5 – 6 สิงหาคม 2567 ณ เชียงใหม่ แกรนด์วิว โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และนำเสนอผลงานวิจัย ของนักวิจัยในระดับชาติ และพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในระดับสาขา คณะ และมหาวิทยาลัย ในระดับชาติ โดยในพิธีเปิดได้รับเกียรติจากนายวีรพงศ์ ฤทธิ์รอด รองผู้ว่าราชการจังหวัดเชียงใหม่ เป็นประธานเปิดงาน ซึ่งการจัดงานครั้งนี้ เป็นความร่วมมือของเครือข่าย ได้แก่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น มหาวิทยาลัยพายัพ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง สมาคมการค้าผู้ประกอบการผลิตเครื่องจักรชิ้นส่วนโลหะและอุตสาหกรรมสนับสนุนไทย สมาพันธ์เอสเอ็มอีไทย สมาคมสำนักงานสอบบัญชีไทย สมาคมนักบัญชีไทย สมาคมการค้าธุรกิจสื่อสิ่งพิมพ์ภาคเหนือ

การประชุมวิชาการฯ ครั้งนี้ประกอบด้วย (1) พิธีลงนามความร่วมมือเครือข่ายวิจัยระหว่างมหาวิทยาลัยและเครือข่าย 16 หน่วยงาน ประกอบด้วย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 5 สมาคม 1 สมาพันธ์ และ 9 มหาวิทยาลัยเครือข่าย (2) การบรรยายพิเศษ หัวข้อ “การพลิกโฉมมหาวิทยาลัย” โดย ศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์ ไชยโรจน์ กรรมการในคณะกรรมการการอุดมศึกษาด้านการวิจัย ด้านนโยบายและแผนด้านพลิกโฉมมหาวิทยาลัย สป.อว. (3) การบรรยายพิเศษ หัวข้อ “การนำนวัตกรรมผนวกกับเทคโนโลยีเพื่อขับเคลื่อนธุรกิจและทิศทางของอุตสาหกรรมแห่งอนาคต” โดย คุณวิเชียร เขิตชูตระกูลทอง รองประธานสภาอุตสาหกรรมจังหวัดเชียงใหม่ (4) การบรรยายพิเศษ หัวข้อ “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกับการขับเคลื่อน Appropriate Technology เพื่อการใช้ประโยชน์ในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ” โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์ รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (5) การนำเสนอบูธเครือข่าย หัวข้อ “งานวิจัย นวัตกรรม และเทคโนโลยีพร้อมใช้” จัดแสดงนิทรรศการ Innovation Expo Show & Share บูธให้คำปรึกษาเรื่องการจัดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา โดย ทีมงานสำนักงานบริหารทรัพย์สินฯ และกลุ่มงานส่งเสริมงานวิจัยและการนำไปใช้ประโยชน์ สถาบันวิจัยและพัฒนา นิทรรศการและบูธแสดงสินค้า ผลงานวิจัยเด่นและเทคโนโลยีพร้อมใช้ (6) การนำเสนอผลงาน ภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์ 8 กลุ่มสาขา และผ่านการประเมินเข้าร่วมนำเสนอในงานประชุมวิชาการฯ จำนวน 127 ผลงาน รวมถึง การประกวดสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์ จากผู้เข้าร่วมการประกวดจากระดับอุดมศึกษาและระดับต่ำกว่าอุดมศึกษา 20 ผลงาน (7) การจัดแสดงนิทรรศการเปิดบ้านงานวิจัยราชมงคลล้านนา (8) นิทรรศการงานวิจัยจากหน่วยงานเครือข่าย สำหรับผู้เข้าร่วมการประชุมประกอบด้วยคณาจารย์ นักวิชาการ นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารจากนายกสมาคมส่งเสริมนวัตกรรม และการประดิษฐ์ไทย



สมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พร้อมด้วยเครือข่ายความร่วมมือร่วมกันจัดงานการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10 “...สู่วิจัยรับใช้สังคม การขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมด้วยนวัตกรรมเพื่อการใช้ประโยชน์ในการพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน” The 10th Conference on Research and Creative Innovations (CRCI 2024) RMUTL EXPO ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 5 – 6 สิงหาคม 2567 ณ เชียงใหม่ แกรนด์วิว ไฮเทล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดเชียงใหม่ สมาคมฯ ได้เข้าร่วมดำเนินการในการจัดงาน ตั้งแต่ CRCI ครั้งที่ 6 ปี 2563 นับถึงปัจจุบัน และในปีนี้ได้เป็นผู้ดำเนินการหลักในการจัดงาน CRCI 2024 เพื่อเป็นเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และนำเสนอผลงานวิจัย ของนักวิจัยในระดับชาติ และพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในระดับสาขา คณะ และมหาวิทยาลัย ในระดับชาติ โดยในพิธีเปิดได้รับเกียรติจากนายวีรพงศ์ ฤทธิรอด รองผู้ว่าราชการจังหวัดเชียงใหม่ เป็นประธานเปิดงาน ซึ่งการจัดงานครั้งนี้ เป็นความร่วมมือของเครือข่ายประกอบด้วย สมาคมการค้าผู้ประกอบการผลิตเครื่องจักร ชิ้นส่วนโลหะและอุตสาหกรรมสนับสนุนไทย สมาพันธ์เอสเอ็มอีไทย สมาคมสำนักงานสอบบัญชีไทย สมาคมนักบัญชีไทย สมาคมการค้าธุรกิจสื่อสิ่งพิมพ์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขต เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยพายัพ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง มหาวิทยาลัยพิษณุโลก เพื่อที่จะได้นำเสนอผลงานวิจัยอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสังคมไทยให้เกิดความเข้มแข็งและยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบพระคุณหน่วยงานที่ให้เกียรติเป็นเจ้าภาพร่วม และขอบคุณวิทยากรบรรยายพิเศษ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ผู้ร่วมประชุมและนำเสนอผลงานวิจัย คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการทุกท่าน รวมทั้งบุคลากรสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่มีส่วนร่วมในการจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สงวนพงษ์)

นายกสมาคม

สมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย

สารจากอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



สมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พร้อมด้วยเครือข่ายความร่วมมือร่วมกันจัดงานการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10 “...สู่วิจัยรับใช้สังคม การขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมด้วยนวัตกรรมเพื่อการใช้ประโยชน์ในการพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน” The 10th Conference on Research and Creative Innovations (CRCi 2024)RMUTL EXPO ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 5 – 6 สิงหาคม 2567 ณ เชียงใหม่ แกรนด์วิว ไฮเทล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และนำเสนอผลงานวิจัย ของนักวิจัยในระดับชาติ และพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในระดับสาขา คณะ และมหาวิทยาลัย ในระดับชาติ โดยในพิธีเปิดได้รับเกียรติจากนายวีรพงศ์ ฤทธิ์รอด รองผู้ว่าราชการจังหวัดเชียงใหม่ เป็นประธานเปิดงาน ซึ่งการจัดงานครั้งนี้ เป็นความร่วมมือของเครือข่ายประกอบด้วย สมาคมการค้าผู้ประกอบการผลิตเครื่องจักรชิ้นส่วนโลหะและอุตสาหกรรมสนับสนุนไทย สมาพันธ์เอสเอ็มอีไทย สมาคมสำนักงานสอบบัญชีไทย สมาคมนักบัญชีไทย สมาคมการค้าธุรกิจสิ่งสิ่งพิมพ์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยพายัพ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง มหาวิทยาลัยพิษณุโลก เพื่อที่จะได้นำเสนอผลงานวิจัยอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสังคมไทยให้เกิดความเข้มแข็งและยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบพระคุณหน่วยงานที่ให้เกียรติเป็นเจ้าภาพร่วม และขอบคุณวิทยากรบรรยายพิเศษ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ผู้ร่วมประชุมและนำเสนอผลงานวิจัย คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการทุกท่าน รวมทั้งบุคลากรสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่มีส่วนร่วมในการจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้

(รองศาสตราจารย์ อุเทน คำน่าน)
รักษาราชการแทนอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ พิจารณาทบทวน

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

รศ.ดร.สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ธงชัย ภูวนาถวิจิตร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.จิราพร กุลสาริน	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.สุนทรี คนเที่ยง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.สุรชัย อนุรักษ์ จันทร์ศรี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.สุทธิเทพ รามเวศม์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.พราวพรรณ อาสาสรรพกิจ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ดรุณี นาทพรหม	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.พิชญลักษณ์ พิชญกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.จันทร์จิตร เขียวศิริ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.นัทธ อัครภาภรณ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ศักดา สวาทะนันท์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ประพันธ์ หลวงสุข	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.หริพล ธรรมนารักษ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.อลิษา ตรีโรจนานนท์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.พลภัทร เหมวรรณ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร.นเรศ สุยะโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.วินิจ ผาเจริญ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.เกศสุดา สิทธิสันติกุล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.จงบดินทร์ แสงอสาภวิริยะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.ธีรนุช เจริญกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.พัชรินทร์ สุภาพันธ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.วินัย วิริยะอลงกรณ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.นพพร บุญปลอด	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.วิยะดา ชัยเวช	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.ทัตพงศ์ อวีโรจนานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.ภัทริกา มณีพันธ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผศ.ดร.ศิริกุล ตลาสมบัติ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.แทนวุธธา ไทยสันทัด	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.นำพร ปัญญาใหญ่	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร.พฤกษ์ ชูสังข์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร.สุพัฒน์นารี ทิพย์เจริญ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร.สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร.ปานแพร เขาวนัประยูร อุคมรักษาทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.วรวิทย์ นิเทศศิลป์	มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่
ผศ.ดร.ศิววัฒน์ ชัยวงค์	มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัยวิทยาลัยสงฆ์ นครลำปาง
ผศ.ดร.เทียน เลรามัญญ	มหาวิทยาลัยพายัพ
ดร.จิตติ จิตติจำเริญพร	มหาวิทยาลัยพายัพ
ดร.สุพัฒน์นารี ทิพย์เจริญ	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น
ผศ.ดร.พงศ์กร จันทราช	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น
รศ.ดร.สัญญา สะสอง	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ผศ.ดร.พงศ์ศิริ คำขันแก้ว	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ผศ.ดร.รติ วงษ์สถาน	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ดร.วารุณี โพธาสินธุ์	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ดร.สุรัชย์ สานตีสุขรัตน์	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ดร.ศุภากร ศิลากษ	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
รศ.ดร.ธรรมกิตต์ ธรรมโม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รศ.ดร.สุทธินันท์ ชื่นชม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รศ.ดร.สัญญา สะสอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.จักรปรุฬห์ วิชาอัศววิทย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.ชนินทร์ มหัทธนชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.สรารุณี สมนาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.สามารถ ใจเตี้ย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.สายฝน แสนใจพรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.ศุภฤกษ์ ธาราพิทักษ์วงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.กรวีร์ ชัยอมรไพศาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.จินดาภา ศรีสำราญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.ดร.พงษ์พันธุ์ ลีพทเกรียงไกร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผศ.ดร.พิรภาพ จันท์แสนต่อ

ผศ.จิตติคุณ นิยมสิริ

ดร.ภูเบศ พวงแก้ว

รศ.ดร.ศิริกร อื่นคำ

ผศ.ดร.รัชฎาภรณ์ ทองแป้น

ผศ.ดร.ณัฐนันท์ จิตติยาปราโมทย์

ผศ.ดร.หฤทัย ไทยสุชาติ

ผศ.ดร.รัชฎาภรณ์ ทองแป้น

ผศ.ปราโมทย์ สิทธิจักร

ผศ.ดร.เพชรดนัย วัชรธนพัฒนาธาดา

ผศ.ดร.ฐสรพรพร แสงสุขเอี่ยม

ผศ.ดร.พิมพ์สิริ ตีทยาน

ผศ.ดร.วันวิสาข์ ปั่นศักดิ์

รศ.ดร.สุทธิพงษ์ วงศ์ฤกษ์ดี

ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สลธิชวีวิน

รศ.ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ

ศ.ดร.เมธิพนธ์ พัฒนศักดิ์

รศ.ดร.พิเชษฐ ศรียรรยงค์

ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ นิมิตำ

ดร.สุภาภรณ์ เลขพัฒน์

ผศ.ดร.พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์

ผศ.ดร.บุญโรม สุวรรณพาหุ

ผศ.ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ

ผศ.ดร.ปกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล

ผศ.ดร.อานนท์ นิยมผล

ผศ.ดร.รุ่งทิวา วงศ์ไพศาลฤทธิ์

ผศ.ดร.บุษราคัม ทองเพชร

รศ.ดร.ภาณุ พร้อมพุดธางกูร

รศ.ดร.สุชาดา บุญเลิศนรินทร์

ผศ.ดร.กัณฑ์พงษ์ ศรีสถิตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ
จังหวัดสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สำนักงานนโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์
วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ผศ.ดร.สมใจ สืบเสาะ
รศ.ดร.เดช เหมือนขาว
ดร.ศิริพันธ์ ละศรีจันทร์
ผศ.ดร.ขวัญหทัย ใจเปี่ยม
ดร.อิทธิพล เนคมานุรักษ์
ผศ.มนสิชา ชาวคำ
ผศ.วสันต์ ปวนปิ่นวงศ์
ผศ.ดร.นิจพร ณ พัทลุง
ผศ.ดร.สุชาดา สานุสันต์
ผศ.มนัสวี บุราณศรี
ดร.จตุรงค์ สว่างวงศ์
ผศ.ดร.วาสนา พิทักษ์พล
ผศ.ดร.บุญฤทธิ์ สิ้นค้ำงาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

รศ.ดร.อนุชา จันทบูรณ

รศ.ดร.ชิตี ศรีตันทิพย์

รศ.ดร.รุ่งนภา ช่างเจรจา

รศ.ดร.วาณิช หลิมวานิช

รศ.ดร.พานิช อินต๊ะ

รศ.ไพบุลย์ หล้าสมศรี

ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน

ผศ.ดร.ทวีชัย กาฬสินธุ์

ผศ.ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์

ผศ.ดร.นงนุช เกตุ้ย

ผศ.ดร.พงศ์กร จันทราช

ผศ.ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ

ผศ.ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ

ผศ.ดร.ศิวโรดม ศรีลักษณ์

ผศ.ดร.สุวรรณ จันท์อินทร์

ผศ.ดร.เอกชัย ดวงใจ

ผศ.หฤทัย อาชากิจ

ผศ.ไพโรจน์ ไชยเมืองชื่น

ผศ.ภาณุพงศ์ จงขานสีทไธ

ผศ.วิสูตร อาสนวิจิตร

ผศ.มนตรี เกาเดช

ดร.นทีทิพย์ สวัสดิ์รักษา

ดร.ชาญชัย เดชธรรมรงค์

ดร.ปกรณ์ จันท์อินทร์

ดร.ศศิพัชร์ สันกลกิจ

ดร.ปวีญา รักน้อม

ดร.รจนา บุญลพ

ดร.พีรยา สมศักดิ์

ดร.ตะวัน วาทกิจ

รศ.ดร.อรไท ครูธเวโซ

รศ.ดร.สิริโฉม พิเศษบุญเกียรติ

รศ.ดร.นเรศ อินต๊ะวงศ์

รศ.ดร.ปัญจรัตน์ โจลานันท์

รศ.ดร.พินิจ เนื่องภิรมย์

ผศ.ว่าที่ ร.ต.ดร.ทนางศักดิ์ สัสดีแพง

ผศ.ว่าที่ ร.ท.สุรพิน พรหมแดน

ผศ.ดร.วรจักร เมืองใจ

ผศ.ดร.ไพโรจน์ ธนเลิศโสภิต

ผศ.ดร.สุภาวดี ศรีแย้ม

ผศ.ดร.ณัฐชัย เทียงบูรณธรรม

ผศ.ดร.ปริญญาวัตี ศรีตันทิพย์

ผศ.ดร.มงคลกร ศรีวิชัย

ผศ.ดร.ชัชฎาพร ปุกแก้ว

ผศ.ดร.ฐิติพร พันธุ์ท่าช้าง

ผศ.สันติ ช่างเจรจา

ผศ.อมรชัย ล้อทองคำ

ผศ.ศักดิ์สายันต์ ไยสามเสน

ผศ.ณัฐวุฒิ พานิชเจริญ

ผศ.บุษบา ชมิดท์

ดร.ปกรณ์ จันท์อินทร์

ดร.ปภาวดี เนตรสุวรรณ

ดร.ธนวรรณ วิชรดำรงค์ศักดิ์

ดร.วรรณวิสา อินแก้วปวงคำ

ดร.ปองสุข ศรีชัย

ดร.นรเศรษฐ์ เตชะ

ดร.ศิริวิมล ณ เชียงใหม่

อาจารย์ภาณุพงศ์ จงขานสีทไธ

อาจารย์ณรงค์ นันทกุล

รศ.ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา

รศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล

รศ.ดร.วัชรินทร์ สิทธิเจริญ

รศ.ดร.สุบงกช โตไพบุลย์

รศ.ดร.ปัญจรัตน์ โจลานันท์

ผศ.ดร.นพพร พัชรประกิติ

ผศ.ดร.กัญญาพร ไชยวงศ์

ผศ.ดร.รุ่ง หมูล้อม

ผศ.ดร.สุภรพรรณ คนเฉียบ

ผศ.ดร.สุวีวรรณ ราชสม

ผศ.ดร.ไกรลาศ ดอนชัย

ผศ.ดร.ญาณี ศิริดี

ผศ.ดร.วัชรีย์ พันเพื่อนหา

ผศ.ดร.จิรพัฒน์พงษ์ เสนาบุตร

ผศ.ดร.ระพีพันธ์ ชัดปิก

ผศ.อัฉราพร แปลงมาลัย

ผศ.ศิริณา ใจเมือง

ผศ.ยุรธรา จีนา

ผศ.ชาญชัย เดชธรรมรงค์

ผศ.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกุล

ผศ.ไพโรจน์ วรพจน์พรชัย

ดร.อดิศร โอดศรี

ดร.พิศาทิมพ์ จันท์พรหม

ดร.ลัดดา ปินตา

ดร.เสกสรร วงศ์ศิริ

ดร.อรษา สิริชากมล

ดร.ศิริขวัญ ปัญญาเรียน

อาจารย์เกิดศิริ ชมภูภาวิน

อาจารย์นิตยา เอกบาง

สารบัญ

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
(01-ENG) งานวิจัย ด้านวิศวกรรม พลังงาน และเทคโนโลยี					
1	ENG-01	โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย	ยุธนา ศรีอุดม	มทร.ล้านนา	2-9
2	ENG-02	การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสาหร่าย <i>Chlorella sp.</i>	ครรชิต เงินคำคง	มทร.ล้านนา	10-19
3	ENG-03	การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งด้วยเทคนิคการศึกษางาน	ชัยวัฒน์ กิตติเตชา	มทร.ล้านนา	20-29
4	ENG-04	การใช้ตรรกะดิจิทัลสำหรับการเลือกวัสดุพื้นภูมิทัศน์	นภัสส์ จันทร์มี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	30-37
5	ENG-05	ความสามารถในการรับแรงบิดของคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งไฟเบอร์กลาส	บุปผเวช พันธุ์ศรี	มทร.ล้านนา	38-47
6	ENG-06	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องครัวโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง	บัญชา อริยะจรรยา	มหาวิทยาลัยบูรพา	48-55
7	ENG-07	การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์แบบลูกกลิ้งเพื่อใช้ใน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง	กนต์ธีร์ สุขตากจันทร์	มทร.ล้านนา	56-65
8	ENG-08	พัฒนาระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาโดยใช้ RFID และ Google sheet	ชติพงษ์ จิโนสุวัตร์	มทร.ล้านนา	66-75
9	ENG-09	การพัฒนาเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบแห้งเส้นใยจากกัญชง	วรเชษฐ์ หวานเสียง	มทร.ล้านนา	76-86
10	ENG-10	การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่าสำหรับใช้เป็นวัสดุงานก่อสร้างทาง	ชัยชนะ ธรรมแพทย์	มทร.สุพรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี	87-94
11	ENG-11	การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษเซรามิกสำหรับใช้เป็นวัสดุงานทาง	ณัฐภูมิ รักสุข	มทร.สุพรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี	95-102
12	ENG-12	ระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนาน	ภาคภูมิ จารูภูมิ	มทร.ล้านนา	103-109
13	ENG-13	การบูรณาการใช้เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ การประเมินวัฏจักรชีวิต และ เศรษฐศาสตร์ ในการปรับปรุงกรอบอาคาร: กรณีศึกษาบ้านเดี่ยว 2 ชั้น	จันทิมา รวีลายเงิน	มทร.พระนคร	110-120
14	ENG-14	การเขียนโค้ดบอร์ดอาคิโนต์ด้วยแชทจีพีทีสำหรับควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	สมนึก เครือสอน	มทร.ล้านนา	121-128

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
15	ENG-15	อินเวอร์เตอร์ 5 ระดับแบบเรียงซ้อนสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	สันติภาพ โคตทะเล	มทร.ล้านนา	129-136
16	ENG-16	การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์สำหรับใช้เป็นวัสดุงานทาง	พชร เพ็ชรแสงศรี	มทร.สุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี	137-143
17	ENG-17	การพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำมันขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดการสูญเสีย น้ำมัน	อนุวัตร ศรีนวล	มทร.ล้านนา	144-154
18	ENG-18	การออกแบบและสร้าง เครื่องล้างทำความสะอาดกล่องขนส่งไก่แบบกลม	นริศ อินตะวงค์	มทร.ล้านนา	155-168
19	ENG-19	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ เครื่องปั้นดินเผา ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา บริษัท สยามศิลาตล	รัชนิวรรณ สันลาด	มทร.ล้านนา	169-179
20	ENG-20	การเชื่อมพอกแผลลัดขึ้นบริเวณตะเฒ่ของประแจทางหลักด้วยการเชื่อมอาร์คแบบลวดไส้ปลั๊กซ์	แมน ต้อยแพ้ว	มทร.ล้านนา	180-190
21	ENG-21	รองเท้ายางอัจฉริยะสำหรับการตรวจวัดการกระจายแรงของกลุ่มผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเท้าแบบเรียลไทม์	ศิริพร ศักดิ์พรหม	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	191-200
22	ENG-23	การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคนิคระบบสูบน้ำด้วยโซลล่าเซลล์ แบบต่อตรงแบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดและชนิดลิเทียมไอออน	ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	มทร.ล้านนา	201-226
23	ENG-24	ศึกษาการเพิ่มสัดส่วนสารประกอบซิลิกา Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ของหางแร่ดินขาวจากแหล่งสุโขทัย จ.นครราชสีมา ด้วยวิธีการลอยแร่	ลัดดาวัลย์ ดุลย์	มทร.ล้านนา	227-234
24	ENG-25	การพัฒนาเกมแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยไคดาร์เซ็นเซอร์ : กรณีศึกษาเกม SPACESHIP	นฤเทพ สุวรรณธาดา	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	235-245
25	ENG-26	ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online	ธเนศ ภู่กัน	มทร.ล้านนา	246-257
26	ENG-28	การพัฒนาสมรรถนะกำลังคนด้วยยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุเชิงปฏิบัติการที่สอดคล้องตามแนวทางระบบคุณวุฒิวิชาชีพ	วรจักร เมืองใจ	มทร.ล้านนา	258-267
27	ENG-29	การศึกษาประสิทธิภาพของจักรยานไฟฟ้าและระบบรายงานสถานะ	กฤตยา นาคประสิทธิ์	มทร.ล้านนา	268-274
28	ENG-32	การวิเคราะห์อัตราส่วนประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนก่อนและหลังการล้างเครื่องปรับอากาศ	เกษม ตรีภาค	มทร.ล้านนา	275-281

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
29	ENG-33	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน สำหรับโรงสีข้าว: แบบจำลองด้วย MATLAB	ประกาศิต ศรีทะแก้ว	มทร.ลำนานา	282-288
30	ENG-34	ระบบแจ้งเตือนความเสี่ยงจากเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในสถาบันการศึกษา	กิริติช สายพิทลุง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	289-297
31	ENG-35	การออกแบบและวิเคราะห์คอนเวอร์เตอร์แบบทบทวนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพีไอคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ตากลมลิ้นติ้นธุ์	เดือนแรม แพ่งเกี่ยว	มทร.ลำนานา	298-309
32	ENG-36	การพัฒนาสื่อดิจิทัลสนับสนุนการทำตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟนของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดตาก	นมิตา ชื่อสัตย์สกุลชัย	มทร.ลำนานา	310-318
33	ENG-37	การปรับปรุงความแม่นยำในการพูดสำหรับนักเรียนชายขอบโดยใช้เทคโนโลยี Google's Speech to Text	ภาณุเดช ทิพย์อักษร	มทร.ลำนานา	319-327
34	ENG-38	การออกแบบชุดต้นแบบระบบติดตามรถยนต์ทางทหาร ผ่านแพลตฟอร์ม LoRaWAN	ชนะ จันทร์อิม	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า	328-337
35	ENG-39	การพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน สิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว กรณีศึกษาอาคาร C2 วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	มนตรี เจาเดช	มทร.ลำนานา	338-347
36	ENG-40	การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสำหรับหาสภาวะที่เหมาะสมในการสีข้าวสายพันธุ์ปิ๊อบด้วยเครื่องสีข้าวแบบ 3 ลูกยาง	สมหมาย สารมาท	มทร.ลำนานา	348-354
37	ENG-42	การพัฒนาการป้อนกลับแบบไร้สายผ่านวายุฟายเพื่อควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	อนุสรณ์ ยอดใจเพชร	มทร.ลำนานา	355-363
38	ENG-43	การทำแบบจำลอง ประมวลผล และกาออกแบบระบบควบคุมของเครื่องบินบังคับด้วยโปรแกรม Matlab Simulink	ณรงค์กร เดินหลักคำ	สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ	364-371
39	ENG-44	การทบทวนเพื่อเสนอแนวทางปรับปรุงค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคารชุด	ปานเรขา พรมทา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	372-382
40	ENG-45	การประเมินความเหมาะสมของหมุดควบคุมภาคพื้นดินใน การรังวัดปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างานโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ	วิทย์กุล สิทธิสาร	มทร.ลำนานา	383-396
41	ENG-48	การศึกษาการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากกะลาแกแพ	พฤทธิ เนตรสว่าง	มทร.ลำนานา	397-405

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
42	ENG-49	การพัฒนาเครื่องกำจัดฝุ่นควันโดยใช้ศักยภาพไฟฟ้าแรงสูงแบบไร้เข็มปล่อยประจุ	ระพีพันธ์ ชัดปิก	มทร.ลำนานา	406-416
43	ENG-52	แพลตฟอร์มระบบลูกโซ่ความเย็นขนส่ง วัคซีน โลहित และอวัยวะ ของโรงพยาบาลแม่ลาว	ปกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์	มทร.ลำนานา	417-425
44	ENG-53	การศึกษาและพัฒนาวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็ก	พิพัฒน์ หมั่นเป็ง	มทร.ลำนานา	426-438
45	ENG-54	ลักษณะกำลังไฟฟ้าของวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในสภาวะเบรกของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น	ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์	มทร.ลำนานา	439-448
46	ENG-56	การพัฒนาร้านค้าเสมือน ด้วยระบบการซื้อสินค้าผ่านเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะใกล้ (NFC) กรณีศึกษาร้านสหกรณ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	สุทธิศักดิ์ สุขุมศรี	มทร.ลำนานา	449-457
47	ENG-59	การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องสำหรับปั๊มชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง	เชษฐ อุทธิยัง	มทร.ลำนานา	458-466
48	ENG-60	การออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็กด้วยโปรแกรม Matlab & Simulink	ณรงค์กร เดินหลักคำ	สถาบันเทคโนโลยี ป้องกันประเทศ	467-474
49	ENG-61	ระบบควบคุมการอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง	ธเนศ ศรีพรม	มทร.ลำนานา	475-486
50	ENG-64	การพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงานบริษัทเคมีแมน จำกัด (มหาชน) สาขาแก่งคอย จังหวัดสระบุรี	รัตนวดี ทองบัวบาน	มหาวิทยาลัย พิษณุโลก	487-494
51	ENG-65	ประสิทธิผลการฝึกอบรมการใช้ฐานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI ของบริษัทให้บริการโซลูชันผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร	ศุภัทธนันท์ รักพงษ์	มหาวิทยาลัย พิษณุโลก	495-504
(02-SCI) งานวิจัย ด้าน วิทยาศาสตร์ กายภาพ สุขภาพ และชีวภาพ					
52	SCI-04	ผลของสารลดแรงตึงผิวต่อวัสดุปูนซีเมนต์ผสมยางพาราสำหรับงานประติมากรรมปูนปั้น	พิไลวรรณ พรประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	506-514
53	SCI-05	การตีมูลค่าในเชิงธรรมชาติผสมเขม่าดำด้วยคลื่นไมโครเวฟ	ตรีญญา มูลชัย	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	515-521
54	SCI-06	อุปกรณ์เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็ก	ภาคภูมิ จารุภูมิ	มทร.ลำนานา	522-528
55	SCI-11	การเปรียบเทียบการเตรียมผงแก่นฝางที่สกัดโดยวิธีความร้อนและสนามไฟฟ้าพัลส์ และการประยุกต์ใช้ในการย้อมเส้นด้ายฝ้าย	ชินานาฏ วิทยาประภากร	มทร.ลำนานา	529-537

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
56	SCI-12	การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามอินทรีย์ในระบบไบโอฟลอคเพื่อพัฒนาเป็นพ่อแม่พันธุ์ประชากรเริ่มต้น	นิสรา กิจเจริญ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	538-549
57	SCI-13	การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยด้วยเทคนิคสีกัดพิฟวชัน	สาวิตรี กาทองทุ่ง	มทร.ล้านนา	550-555
58	SCI-14	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลมาส์กหน้าที่มีส่วนผสมสารสกัดดอกจันทน์แดง	รัฐพรรณ สันตือโนทัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	556-567
59	SCI-15	ผลของกรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนของคะน้าเห็ดหอมภายใต้สภาพกระถาง	ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	568-576
60	SCI-16	การผลิตผงกล้าเชื้อแบคทีเรียบาซิลลัสสูตรต้นทุนต่ำสำหรับการผลิตระดับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ชีวภาพ	พรรณพร กุลมา	มทร.ล้านนา	577-585
61	SCI-19	ระบบปัญญาประดิษฐ์ความแม่นยำสูงสำหรับนับจำนวนและแบ่งส่วนลูกกุ้งโดยใช้กระบวนการเตรียมข้อมูลอัตโนมัติและเทคนิคการถ่ายทอดความรู้	วิฑูกร ภูทอง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	586-594
62	SCI-22	ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT	เจนจิรา แจ่มศิริ	มทร.ล้านนา	595-604
63	SCI-23	ผลของอายุปลากัดและสีของภาชนะเลี้ยงต่อพฤติกรรมก้าวร้าวและอัตราการรอดของปลากัด	ณัฐธิดา สุภาพาญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	605-613
64	SCI-24	การพัฒนาแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสริมสำหรับการฝึกการประกอบและติดตั้งระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล	เกดิษฐ์ ใจดี	สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ	614-620
65	SCI-25	ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอินทรีย์ เปรียบเทียบกับสูตรอาหารเชิงพาณิชย์	สุตาพร ตงศิริ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	621-27
66	SCI-27	ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของพริก (<i>Capsicum spp.</i>)	นัยนา คำสว่าง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	628-632
(03-AGRI) งานวิจัย ด้าน เทคโนโลยีเกษตร และอาหาร					
67	AGRI-01	การทดสอบเมล็ดพันธุ์การค้าที่เหมาะสมกับพื้นที่การปลูกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน	กิตติพันธ์ เพ็ญศรี	มทร.ล้านนา	634-642
68	AGRI-03	การประยุกต์ใช้แผ่นเพลเทียร์กับระบบระบายอากาศด้วยวิธีระเหยน้ำ ในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดเพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ	กิตติพงษ์ รื่นวงศ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	643-650
69	AGRI-04	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกล้วยดิบผง	สุภาวดี แซ่ม	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	651-657

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
70	AGRI-06	ผลของสาร เอทิลีน เอ็นเอเอ จิบเบอเรลลิน ต่อปริมาณสารแอนโธไซยานินในผลของหนามแดง	รุ่งนภา ช่างเจรจา	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	658-664
71	AGRI-07	การศึกษาวัสดุเพาะกล้าที่เหมาะสมในการเพาะกล้าผักบุ้งและกล้าพริกศรีราชภัฏร์เพื่อทดแทนการใช้พีทมอส	สันติ ช่างเจรจา	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	665-673
72	AGRI-08	การพัฒนาวิธีตรวจวัดความต้องการน้ำของพืชโดยใช้เซ็นเซอร์ความชื้นดิน	ณัฐชัย เทียงบูรณธรรม	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	674-681
73	AGRI-09	ผลของน้ำไมโคร - นาโน บับเบิล, น้ำพลาสมาต่อการพอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสมเพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	รวีวรรณ ใจแก้ว	มทร.ล้านนา	628-691
74	AGRI-10	ผลของ Kinetin และ BA ร่วมกับ NAA (Naphthalene acetic) ต่อการเจริญและพัฒนาเนื้อเยื่อของกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” ในสภาพปลอดเชื้อ	นพรัตน์ อินพรมมา	มทร.ล้านนา	692-697
75	AGRI-12	ผลของฟอสฟอรัส แมกนีเซียมและสังกะสี ต่อปริมาณสารแอนโธไซยานินในผลของหนามแดง	รุ่งนภา ช่างเจรจา	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	698-704
76	AGRI-13	ผลของการพรางแสงต่อปริมาณสารแอนโธไซยานินในผลของหนามแดง	สันติ ช่างเจรจา	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	705-708
77	AGRI-15	คุณภาพและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของมะแหลบ (Heracleum siamicum Craib) จาก 5 จังหวัดภาคเหนือตอนบน	ภัทรารักษ์ ศรีสมรรถการ	สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา	709-716
78	AGRI-16	ผลของการเติมแป้งและควินัวต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์นึ่งไก่	นภาพร ดีสนาม	มทร.ล้านนา	717-723
79	AGRI-18	ผลของน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลต่อการกระตุ้นการเกิดรากและการแตกยอดของต้นเลื้อยมังกร	ปานวดี มีไชโย	มทร.ล้านนา	724-729
80	AGRI-19	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปกระถางเพาะชำต้นไม้จากใยมะพร้าว	เพ็ญวิรัตน์ พันธุ์ภัทรชัย	มทร.ล้านนา	730-738
81	AGRI-20	ผลของการเติมแป้งกล้วยและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกเผาเนื้อ	นภาพร ดีสนาม	มทร.ล้านนา	739-747
(04-BA) งานวิจัย ด้าน บริหารธุรกิจ และศิลปศาสตร์					
82	BA-01	ต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถนอม ต่าบลมหาวัน อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	น้ำฝน สืบอ่อน	มทร.ล้านนา	750-760

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
83	BA-03	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งในสาขาเชียงใหม่	พริยา สมศักดิ์	มทร.ล้านนา	761-769
84	BA-04	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	ชนินทร์ภักย์ ถาวรธิตกุล	มทร.ล้านนา	770-780
85	BA-06	การเปิดรับและความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัล เชียงใหม่	ธัญพรรณ ณ สงขลา	มทร.ล้านนา	782-788
86	BA-07	การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรด่านโควิดภายใต้การปฏิบัติการเกษตรที่ดิ้นทางการเกษตร	กิงกาญจน์ ปวนสุรินทร์	มทร.ล้านนา	789-801
87	BA-08	การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ แพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่	เดชัช สันสี	มทร.ล้านนา	802-813
88	BA-09	แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในยุควิถีชีวิตถัดไป กรณีศึกษา: พื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่	เกดศิริ ชมภูภาวิน	มทร.ล้านนา	814-822
89	BA-10	ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซของกลุ่ม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่	ศิริรักษ์ ยาวีราช	มทร.ล้านนา	823-830
90	BA-11	พฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้ายในจังหวัดเชียงใหม่	ชญัญญา สุวรรณเสรีรักษ์	มทร.ล้านนา	831-842
91	BA-12	การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุ ของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก	ศิริศักดิ์ ศักดิ์ศิริคุณ	มทร.ล้านนา	843-853
92	BA-14	แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่	เกดศิริ ชมภูภาวิน	มทร.ล้านนา	854-862
93	BA-15	แนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศทางการบัญชีสำหรับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง กรณีศึกษา กองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	ธันวารินทร์ ติะเสสาร	มทร.ล้านนา	863-870
94	BA-16	การพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่	นฤมล คุ่มพงษ์	มทร.ล้านนา	871-881

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
95	BA-17	ศึกษารูปแบบการเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่คุณค่ากาแฟพร้อมดื่มภาคเหนือ กรณีศึกษาบ้านป่าเหมี้ยง อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง	คงศักดิ์ ต้อยสืบ	มทร.ล้านนา	882-893
96	BA-18	การประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านกรณีศึกษา บริษัท พิษณุโลก ทีเคเค จำกัด	มรกต ทองพรหม	มทร.ล้านนา	894-907
97	BA-20	แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่มด้านการบัญชี การตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่	คทาชา ศรีฟ้าเลื่อน	มทร.ล้านนา	908-914
98	BA-22	การจัดการความรู้ทางบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตลุกกลางทุ่ง อำเภอเมืองจังหวัดตาก	ยพรัตน์ อิมพิทักษ์	มทร.ล้านนา	915-923
99	BA-23	กลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างเสริมพลังสัมมาชีพผู้สูงอายุ ตำบลแม่สา อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่	ยุธธ จีนา	มทร.ล้านนา	924-932
100	BA-24	การพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา	รุ่งลาวัลย์ มาลัยทอง	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	933-942
101	BA-25	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกอาชีพของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	ปิยะพร เสมาทอง	มทร.ล้านนา	943-950
102	BA-26	การพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรม การผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก	ณัชชียา ไม้ฟู	มทร.ล้านนา	951-965
(05-ART) งานวิจัย ด้าน ศิลปกรรม และสถาปัตยกรรมศาสตร์					
103	ART-01	พื้นที่แห่งความสุขจากวัดพุทธจ่า	ณัฐพล สุริพงษ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร	967-975
(06-SE) งานวิจัยรับใช้สังคม / งานวิจัยนวัตกรรมชุมชน					
104	SE-02	การพัฒนาการแปรรูปเซอร์รี เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์เซอร์รี	ทัชชกร ธรรมปัญญา	มทร.ล้านนา เชียงราย	977-983
105	SE-03	การพัฒนาศักยภาพกลุ่มเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชน กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 จังหวัดสระแก้ว	กาญจนา เหล่าโชคชัยกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	984-993
106	SE-04	การศึกษาการไฟฟโรไลซิสเพื่อผลิตไบโอชาร์ด้วยน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว	นงนุช ศรีเล็ก	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย	994-1005

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
107	SE-06	วิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองจังหวัดตาก	เทวฤทธิ์ ละมูล	มทร.ล้านนา	1006-1015
108	SE-07	การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองจังหวัดตาก	รัฐพล ภุมรินทร์พงศ์	มทร.ล้านนา	1016-1025
109	SE-12	การพัฒนากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนออร์แกนิก จังหวัดตาก	ธนรักษ์ สายเปลี่ยน	มทร.ล้านนา	1026-1036
110	SE-13	แนวทางการสร้างชุมชนปลอดภัยในบ้านป่าสักวิถีชีวิตธรรมดาที่ยั่งยืน	นพรัตน์ เตชะพันธ์รัตนกุล	มทร.ล้านนา	1037-1044
111	SE-15	การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรส กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านแม่กลอง ตำบลแม่กลอง อำเภออุ้มผางจังหวัดตาก	กานต์ วิรุณพันธ์	มทร.ล้านนา	1045-1056
(07-R2R) งานประจำสู่งานวิจัย					
112	R2R-03	การศึกษาความเครียดของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคเหนือ	ตะวัน วาทกิจ	มทร.ล้านนา	1058-1071
113	R2R-01	การวิเคราะห์การบุกรุกเว็บไซต์จากข้อมูล Access Log บนพื้นฐาน OWASP Top 10 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	ประเสริฐ เทพภาพ	มทร.ล้านนา	1072-1083
114	R2R-02	การใช้ Power BI ในการวิเคราะห์ NPS Log เพื่อปรับปรุงการยืนยันตัวตนก่อนใช้งานอินเทอร์เน็ต ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้	ปานศักดิ์ ชัยภักดี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	1084-1095
(08-EDU) งานวิจัยด้านการศึกษา					
115	EDU-01	การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้เทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงรายวิชากฎหมายก่อสร้าง	เจษฎาพร ศรีภักดี	มทร.ล้านนา	1097-1106
116	EDU-02	การพัฒนาชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน ในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครูภาคเหนือ	อรทัย แก้วทิพย์	มทร.ล้านนา	1107-1116
117	EDU-03	ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ	ภัทรินญา แสนบุญยืน	มหาวิทยาลัยพาร์ อีสเทอร์น	1117-1127

สารบัญ

ลำดับ	รหัส	ชื่อ-บทความ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	หน้า
118	EDU-05	บทบาทของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต	วิจุภัสน์ ยานะ	มทร.ลำนานา	1128-1137
119	EDU-06	การสำรวจความเข้าใจแนวคิดรวบยอดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของ ChatGPT	กิตติศักดิ์ อ่ำมา	มทร.ลำนานา	1138-1145
120	EDU-07	การศึกษาปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา	ภิญญาพัชญ์ บุญพรรณธวัฒน์	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น	1146-1154
121	EDU-08	การพัฒนาการจัดทำโครงการศึกษาพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แก่ผู้เรียน	ศรัณยู อูธรรม	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น	1155-1165
122	EDU-09	การพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล	อนุชา น้ำสา	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น	1166-1179
123	EDU-11	ข้อเสนอเชิงนโยบายการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเชียงใหม่	ชญานิศา ฤทธิ์เจริญ	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น	1178-1188
124	EDU-12	แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักศึกษา	ภานุพันธ์ ลากรัตนทอง	มทร.ลำนานา	1189-1201
125	EDU-13	การพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษโดยใช้บทเรียนสื่อประสมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแม่คือวิทยา อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	ศิริยาภรณ์ สุวรรณ	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่	1202-1210
126	EDU-14	การพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษ โดยใช้เกมและเพลง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน	สุจิตรา บัวลอยลม	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่	1211-1224
127	EDU-15	การใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านแม่ซา อำเภอมแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่	ศิริพร คุ่ยชูชีพ	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่	1225-1233

การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10

The 10th Conference on Research and Creative Innovations : CRCI 2024

“...สู่วิจัยรับใช้สังคม การขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมด้วยนวัตกรรมเพื่อการใช้ประโยชน์ในการพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน”
และ RMUTL EXPO ครั้งที่ 1



**“...สู่วิจัยรับใช้สังคม
ด้วยนวัตกรรม
พลังสร้างสรรค์
และเทคโนโลยีที่เหมาะสม
เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ
อย่างยั่งยืน”**

งานวิจัยด้าน วิศวกรรม ผลงาน และเทคโนโลยี

โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย

อนรรัตน์ เทวตา¹ ยุตนา ศรีอุดม^{1*} ชัยณรงค์ แสนเปา¹ และ วิศิษฐ์ ชัดสาย¹

¹ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก : 41/1 หมู่ 7 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม
อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

*E-mail, Yuttana.sriduom@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 061-7266889

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย และเพื่อศึกษาผลของความเร็วมลม ตำแหน่งช่องทางทางลมเข้า และช่องทางลมออกที่มีต่อการอบกล้วยโดยโรงเรือนที่สร้างขึ้น มีขนาดกว้าง 1.25 เมตร ยาว 1.90 เมตร และ สูง 0.80 เมตร ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตโปร่งแสงเป็นวัสดุหลัก และใช้พัดลมขนาด 6 นิ้ว สำหรับการถ่ายเทอากาศ โดยแบ่งระดับความเร็วมลมออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 1.0 m/s (ระดับ 1) และ 1.5 m/s (ระดับ 2) จากการทดสอบ พบว่า กรณีช่องทางลมเข้าด้านล่าง ช่องทางลมออกอยู่บน โดยมีความเร็วมลมทางเข้าเฉลี่ย 1.4 เมตรต่อวินาที ทำให้อัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด โดยมีอัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยต่อชั่วโมง เท่ากับ 0.157 กิโลกรัมต่อชั่วโมง นอกจากนี้ยัง พบว่า บางสภาวะทำให้เกิดลักษณะรอยแดงบนผิวกล้วย ซึ่งจากการทดสอบไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าเกิดขึ้นจากผลของตัวแปรใด อย่างไรก็ตามลักษณะรอยแดงที่เกิดขึ้นบนผิวกล้วยเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 2-3 ของการตากกล้วย และในการทดสอบนี้พบว่าลักษณะรอยแดงไม่เกิดเมื่อใช้ความเร็วมลมที่สูงขึ้น

คำสำคัญ การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เรือนกระจก กล้วย

Greenhouse Effect Solar Dryer for Banana

Anurat Tewata¹ Yuttana Sriudom^{1*} Chainarong Sanpao¹ and Wisit Kadsai¹

¹ Mechanical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Tak : 41/1 moo 7 Paholayothin road , Mai Ngam , Muang, Tak, Thailand, 63000

*E-mail, Yuttana.sriduom@gmail.com 0969765424

Abstract

The study aims to investigate the impact of varying wind speeds and the location of the air inlet and outlet channels on the efficiency of banana drying within the constructed facility. The dimensions of the greenhouse are set at 1.25 meters in width, 1.90 meters in length, and 0.80 meters in height, utilizing translucent polycarbonate sheets as the primary construction material. Ventilation is facilitated by a 6-inch fan installed within the structure. The air flow rate is divided into 2 levels: 1.0 m/s (Level 1) and 1.5 m/s (Level 2). Results revealed that when the air inlet was positioned at the bottom with the air outlet open, and an average wind speed of 1.4 meters per second was maintained, the highest average weight loss rate was achieved. Specifically, the average weight loss rate per hour reached 0.157 kilograms. Additionally, observations noted the occurrence of red marks on the banana skin under certain conditions. However, the appearance of red marks on the banana skin occurs during the 2nd to 3rd day of drying the banana. And in this test, it was found that red marks did not occur when using higher air speeds.

Keywords: Solar Dryer, Greenhouse, Banana

1. บทนำ

การอบแห้งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหาร ซึ่งนิยมทำกันทั้งระดับชาวบ้านและอุตสาหกรรมมาช้านานแล้ว การทำให้แห้งมีหลายวิธี เช่น การตากด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็ง เป็นต้น วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ จะมีความสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อยโดย เฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม เช่น การตากเนื้อปลา พืช ผักและผลไม้ จะมีปัญหาเรื่องฝุ่นละออง มีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรค และทำให้เกิดหนอนขึ้นได้เมื่อฝนตกหรืออากาศเย็น การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อรา เป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นานทำให้ผู้บริโภคอาจเจ็บป่วยได้ ต่อมาได้มีการพัฒนาการอบแห้งโดยใช้โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรูปแบบหนึ่งของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงโดยใช้หลักการของปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse Effect) คือ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าสู่ภายในโรงเรือนจะถูกผลิตภัณฑและองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในโรงเรือนดูดกลืนรังสี แล้วเปลี่ยนเป็นความร้อนวัสดุภายในโรงเรือนจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาแต่ไม่สามารถผ่านออกมาภายนอกได้ทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑโรงเรือนอบแห้งแบบเรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตแทนกระจกเนื่องจากสามารถตัดโค้งได้ง่ายน้ำหนักเบาและแสงอาทิตย์ผ่านได้ดี นอกจากนี้โรงเรือนอบแห้งยังช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง และป้องกันฝุ่นแมลง เชื้อโรคต่าง ๆ ที่จะเข้าไปสู่ผลิตภัณฑทำให้ผลิตภัณฑที่ได้มีคุณภาพดีกว่าผลิตภัณฑที่ได้จากการตากทั่วไป ซึ่งปัจจุบัน มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจในการพัฒนาการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น [1] Sandali และคณะ (2019) ได้สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับพลังงาน แสงอาทิตย์โดยตรงและใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งรับพลังงานความร้อนจากใต้พิภพมาเป็น พลังงานความร้อนเสริมในการอบแห้ง แต่ในการทดลองจะใช้เครื่องทำน้ำร้อนสร้างความร้อนแทนความร้อนจากใต้ดิน พบว่า อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนี้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องอบแห้งได้ โดยสามารถทำอุณหภูมิอากาศ ได้ 46 – 58 °C ในช่วงกลางวัน ขณะที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมี ค่าประมาณ 25 °C และสามารถทำอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางคืนได้ 46 °C ขณะที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าประมาณ 15 °C ดังนั้น เครื่องอบแห้งนี้จึงสามารถทำการอบแห้งได้ต่อเนื่องในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด [2] Islam และคณะ (2019) ได้ศึกษาผลกระทบของการถ่ายเทความร้อนของผลไม้เมื่อใช้ส่วนวางผลิตภัณฑที่แตกต่างกัน 3 แบบ แบบที่ 1 คือแบบใช้ท่ออากาศขนาดเล็กเป็นช่องทางเข้าของอากาศและใช้กระจกแผ่นเรียบปิดคลุมซึ่งมีรูเป็นช่องทางออกของอากาศ แบบที่ 2 คือใช้กระจกสองชั้นประกอบเป็นรูปหลังคาสามเหลี่ยมที่มีช่องว่างให้อากาศออกและมีรูตรงหน้าจั่วให้อากาศเข้า แบบที่ 3 คือแบบใช้กระจกแผ่นเรียบปิดด้านบน ด้านข้างมีรูอากาศ 2 รู ทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้เป็นช่องอากาศเข้าออก จากการทดลองปรากฏว่า ส่วนวางผลิตภัณฑแบบที่ 3 มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด เนื่องจากมีอัตราการระเหยน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 58.9% [3] ยุธนา และคณะ (2024) ได้ทำการศึกษาคัดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อนกับเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมความร้อน ซึ่งจะแบ่งชุดทดสอบออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ 1. เครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมความร้อน 2. เครื่องอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินบะซอลต์เป็นตัวสะสมความร้อน และ 3. เครื่องอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินพัมมิสเป็นตัวสะสมความร้อน โดยทำการทดสอบอบแห้งพริกที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 75%w.b. จนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายเป็น 13%w.b. ที่อัตราการระเหยอากาศ 3 ระดับ ได้แก่ 0.0142 m³/s 0.0208 m³/s และ 0.0279 m³/s ผลจากการทดสอบอบแห้ง พบว่า เมื่ออัตราการระเหยอากาศเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งสูงขึ้นทั้ง 3 ชุดทดสอบ โดยจะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราการไหล 0.0279 m³/s ซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมความร้อน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินบะซอลต์เป็นตัวสะสมความร้อน และ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินพัมมิสเป็นตัวสะสมความร้อน จะมีประสิทธิภาพเฉลี่ย เท่ากับ 25.34%, 28.00% และ 30.73% ตามลำดับ โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินพัมมิสเป็นตัวสะสมความร้อน จะใช้เวลาในการอบแห้งต่ำสุด คือ 23.20 ชั่วโมง และมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 30.73% ณัฐวุฒิ หงส์จันทร์ และคณะ [3] ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีระยะการใช้งานของเครื่องกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร วัสดุหลักที่ใช้คือเหล็ก และอะลูมิเนียม ซึ่งตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถอบแห้งพริกได้สมบูรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ควบคุมอุณหภูมิด้วยการควบคุมด้วยโทรศัพท์มือถือ จากการทดสอบ พบว่า ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถอบแห้งพริก ได้สมบูรณ์ตามที่กำหนดไว้ โดยมีประสิทธิภาพร้อยละ 100 ซึ่งเป็นประสิทธิภาพที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และ วิจิตรา ภูมิสวัสดิ์ [4] งานวิจัยนี้ได้

ทำการสร้างและทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้รางพาราโบลาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง การอบแห้งใช้ไบโอมันสำปะหลังสดในการทดลอง ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิลานตาก อุณหภูมิผิวท่อทองแดง จะเพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิผิวท่อทองแดงที่ใช้ในเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 200 °C ทำให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งแบบมีรางพาราโบลาเพิ่มขึ้นเป็น 50 °C เมื่อเทียบกับแบบไม่มีรางพาราโบลา ที่มีอุณหภูมิ 40 °C ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้รางพาราโบลา มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ 16.4% รองลงมา คือ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่ใช้รางพาราโบลา คือ 10.7% และประสิทธิภาพของการตากแห้งบนลานตากโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงมีค่าน้อยที่สุด 7.4% ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้รางรูปพาราโบลา

อย่างไรก็ตาม การอบแห้งจำเป็นต้องมีระบบการไหลเวียนของอากาศที่ดีและมีความเหมาะสมสำหรับนำความชื้นออกจากโรงอบแห้ง ซึ่งอัตราการไหลเวียนของอากาศและสภาวะอากาศที่เหมาะสมในการอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดต้องมีความแตกต่างกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาสภาวะการไหลเวียนของอากาศ และตำแหน่งช่องทางลมเข้า และออกจากโรงเรือนที่มีความเหมาะสมต่อการอบกล้วยตาก และนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการวัดความชื้นในวัสดุ [3]

กระบวนการอบแห้งวัสดุขึ้นใด ๆ ตัวแปรหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของวัสดุที่ผ่านการอบแห้งว่ามีมาตรฐานตามที่กำหนดหรือไม่ นั่นคือ ปริมาณความชื้นที่เหลือในวัสดุ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณน้ำที่เหลือในวัสดุจะบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นสามารถคำนวณได้จากการคำนวณความชื้นแบบมาตรฐาน ดังสมการที่ (1)

1. ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \frac{w-d}{d} * 100 \quad (1)$$

M_d คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %

w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุขึ้น, kg

d คือ น้ำหนักวัสดุแห้ง, kg

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เงื่อนไขการออกแบบและทดสอบ

1. ทำการสร้างเครื่องอบแห้งตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยทำการศึกษาผลของช่องทางลมเข้า และลมออก ที่ความสูง 2 ระดับ คือระดับบน และระดับล่างของความสูงโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย และ ผลของความเร็วลม 2 ระดับ คือ ประมาณ 1.0 m/s และ 1.5 m/s โดยวัดที่ช่องทางอากาศเข้าในโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย

2. อบแห้งกล้วยน้ำว้าครั้งละ 10 kg โดยใช้ระยะเวลาในการอบกล้วย 4 วัน

3. ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ และอุปกรณ์ในการตรวจวัดเข้ากับชุดทดสอบทั้ง 3 ชุด โดย ทำการบันทึกอุณหภูมิ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ทุก ๆ 1 นาที และ ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 1 ชม. และนำข้อมูลที่ได้มาใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4. คำนวณหาปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง ตามสมการที่ (1)

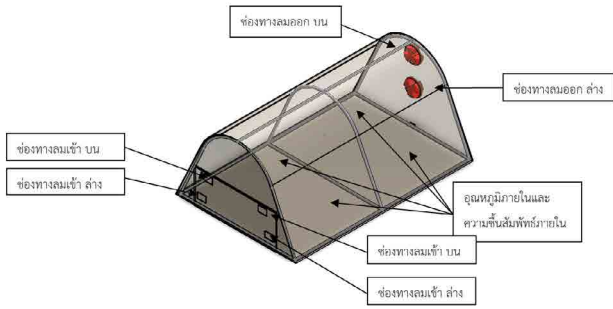
5. ทำการวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ของกล้วยตาก

6. พิจารณากล้วยตากโดยดูจากลักษณะรอยแดงบนผิวกล้วย และอัตราการลดลงของน้ำหนักกล้วย

3.2 การออกแบบ และสร้างเครื่องอบแห้ง

3.2.1 รูปแบบของเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 1 โดยเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกมีความกว้าง 1.25 m มีความยาว 1.86 m และมีความสูง 0.8 m มีช่องทางอากาศเข้า 4 ช่องทาง ได้แก่ ด้านบน 2 ช่องทาง และ ด้านล่าง 2

ช่องทาง มีขนาดความกว้าง 0.25 m และ มีความยาว 0.45 m ส่วนช่องทางอากาศออก จะมี 2 ช่องทาง ได้แก่ ด้านบน 1 ช่อง และ ด้านล่าง 1 ช่อง โดยควบคุมด้วยพัดลมดูดอากาศ



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกจำลอง

3.3 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.1 เครื่องวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ Lutron รุ่น SPM-1116SD ช่วงการวัด 0.0 ถึง 2,000.0 W/m² ความแม่นยำ ± 10 W/m²

3.3.2 เครื่องวัดความชื้น และอุณหภูมิ EXTECH รุ่น 445713 ช่วงการวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -10 °C ถึง 60 °C ความถูกต้องในการวัด ±1.0 °C และช่วงการวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 10 %RH ถึง 99 %RH มีความถูกต้อง ±5 %RH

3.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก ZEPPEL รุ่น T7E 300 kg สามารถชั่งน้ำหนักได้ 300 kg ความละเอียด 20 g ขนาดของถาดชั่ง 500 x 600 mm มีหน้าจอบริการเป็นแบบ LED ขนาด 2 in

3.3.4 อุปกรณ์ปรับความเร็วพัดลม ใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 220-240 V AC สามารถปรับการหนีไฟได้ด้วยปุ่ม Volume ต่อ โหลดได้สูงสุด 500 W

3.3.5 เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ Wisco รุ่น DL 2200 ขนาด 8 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C

3.3.6 ตัวขยายสัญญาณ Analog Expansion Module EX24 ขนาด 16 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C

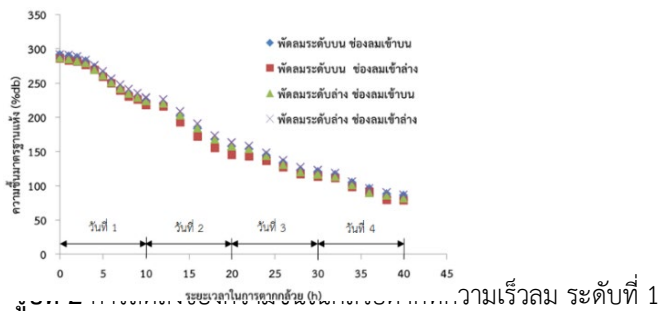
3.3.7 เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ DIGICON DA-49SD ย่านการวัดความเร็วลมกว้าง 0.2 ถึง 35.0 m/s มีความแม่นยำ ± 0.01 m/s

4. ผลการวิจัย

4.1 จลนพลศาสตร์ของกล้วยตาก

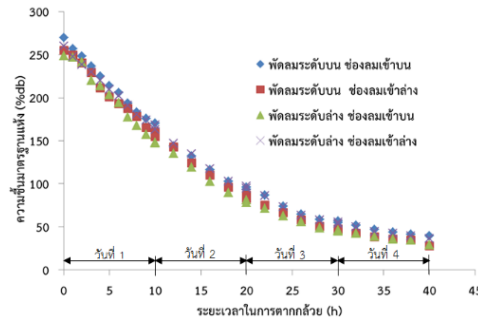
4.1.1 อัตราการลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 1

จากรูปที่ 2 แสดงการลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 1 พบว่า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มเหมือนกันของทุกกรณี โดยมีความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 468 W/m² โดยเงื่อนไขพัดลมอยู่ด้านบน ช่องลมเข้าล่าง จะมีค่าความชื้นสุดท้ายต่ำสุด คือ 79 %d.b. ส่วนเงื่อนไข พัดลมระดับบน ช่องลมเข้าบน จะมีค่าความชื้นสุดท้ายสูงสุด คือ 81 %d.b.



4.1.2 อัตราการลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 2

จากรูปที่ 3 แสดงการลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 2 พบว่า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มเหมือนกันของทุกกรณี โดยมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดการอบแห้ง 665 W/m² โดยเงื่อนไขพัดลมอยู่ด้านบน ช่องลมเข้าล่าง จะมีค่าความชื้นสุดท้ายต่ำสุด คือ 28 %d.b. ส่วนเงื่อนไข พัดลมระดับบน ช่องลมเข้าบน จะมีค่าความชื้นสุดท้ายสูงสุด คือ 40 %d.b.

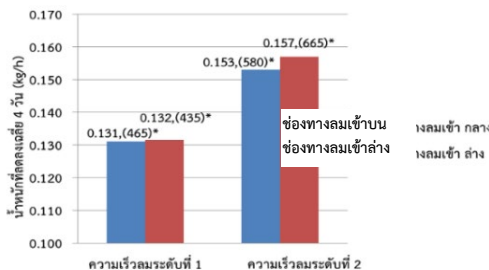


รูปที่ 3 การลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 2

4.2 ผลของตำแหน่งช่องทางลมเข้า

4.2.1 พัดลมอยู่ในระดับบน

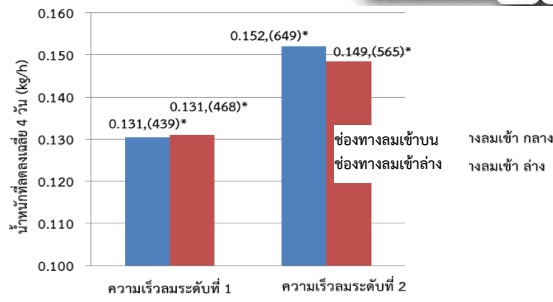
จากรูปที่ 4 การเปรียบเทียบอัตราความเร็วลม และช่องทางเข้าของอากาศ ที่มีผลต่ออัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย โดยที่ความเร็วลม ระดับที่ 1 ที่ช่องทางเข้าอากาศบน และช่องทางเข้าอากาศล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.131 kg/hr. และ 0.132 kg/hr. ตามลำดับ ส่วนที่ความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ช่องทางเข้าอากาศบน และช่องทางเข้าอากาศล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.153 kg/hr. และ 0.157 kg/hr. ตามลำดับ โดยอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งที่ลดได้สูงสุดคือ ที่ระดับความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 655 W/m² โดยมีอัตราการอบแห้ง 0.157 kg/hr.



รูปที่ 4 ผลของตำแหน่งช่องทางลมเข้าที่พัดลมระดับบน (* คือ ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยของการทดลอง)

3.2.2 พัดลมอยู่ในระดับล่าง

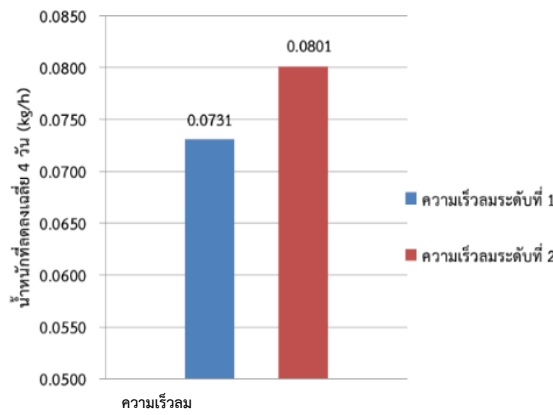
จากรูปที่ 5 การเปรียบเทียบอัตราความเร็วลม และช่องทางเข้าของอากาศ ที่มีผลต่ออัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย โดยที่ความเร็วลม ระดับที่ 1 ที่ช่องทางเข้าอากาศบน และช่องทางเข้าอากาศล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.131 kg/hr. และ 0.131 kg/hr. ตามลำดับ ส่วนที่ความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ช่องทางเข้าอากาศบน และช่องทางเข้าอากาศล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.152 kg/hr. และ 0.149 kg/hr. ตามลำดับ โดยอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งที่ลดได้สูงสุดคือ ที่ระดับความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 649 W/m² โดยมีอัตราการอบแห้ง 0.152 kg/hr.



รูปที่ 5 ผลของตำแหน่งช่องทางลมเข้าที่พัดลมระดับล่าง (* คือ ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยของการทดลอง)

4.3.3 ผลของความเร็วลมที่มีต่ออัตราการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย

จากรูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบอัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยระหว่างความเร็วลมระดับที่ 1 และความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 498 W/m² โดยพบว่า ที่ความเร็วลมระดับที่ 1 และ ระดับที่ 2 มีอัตราการลดลงของน้ำหนัก เท่ากับ 0.0731 kg/hr. และ 0.0801 kg/hr. โดยที่ความเร็วลมระดับที่ 2 จะสามารถลดน้ำหนักของวัสดุในการอบแห้งได้ดีกว่าความเร็วลมระดับที่ 1



รูปที่ 6 ผลของความเร็วลมระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ที่มีต่ออัตราการอบแห้ง

4.3.4 การเกิดรอยแดงบนผิวกล้วย โดยลักษณะของรอยแดงบนผิวกล้วย แสดงดังตารางที่ 1

ลักษณะรอยแดง จะเกิดขึ้นในช่วง วันที่ 2 – 3 ของการตากกล้วย และเกิดในบางกรณีที่ทดลอง จะมีลักษณะเป็นรอยแดงบริเวณผิวบนของกล้วย โดยเริ่มต้นจะมีลักษณะคล้าย ๆ รอยขีด เมื่อตากต่อไปสีแดงจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของสีบนผิวกล้วย จากตารางที่ 1 แสดงสภาวะต่าง ๆ ของอากาศและความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วงวันที่ 2-3 ในการตากกล้วย ซึ่งไม่สามารถระบุได้แน่ชัดถึงสภาวะที่ทำให้เกิดรอยแดง เนื่องจากสภาวะที่ทำการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน แต่บางสภาวะเกิดรอยแดงบนผิวกล้วย และ บางสภาวะไม่เกิดรอยแดงบนผิวกล้วย อย่างไรก็ตามจากการทดสอบ พบว่าการเป็นรอยแดงบนผิวกล้วย ทั้ง 2 กรณีเกิดที่สภาวะความเร็วลมระดับที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบการตากกล้วยที่เกิดรอยแดงและไม่เกิดรอยแดง

ตำแหน่งของ อากาศทางเข้า	ระดับของ ความเร็วลม	วันที่	ความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m ²)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	อุณหภูมิภายใน (°C)	หมายเหตุ
บน	1	2	563	33.3	46.0	เกิดรอยแดง
		3	468	31.7	46.0	
บน	2	2	520	36.8	40.0	ไม่เกิดรอยแดง
		3	541	37.4	40.0	
ล่าง	1	2	589	30.0	32.0	ไม่เกิดรอยแดง
		3	271	31.6	32.0	
ล่าง	2	2	705	38.6	44.0	ไม่เกิดรอยแดง
		3	681	40.4	45.0	
บน	1	2	588	30.0	32.0	ไม่เกิดรอยแดง
		3	288	31.5	32.0	
บน	2	2	680	38.7	43.0	ไม่เกิดรอยแดง
		3	681	40.5	44.0	
ล่าง	1	2	563	33.9	33.0	เกิดรอยแดง
		3	483	31.6	32.0	
ล่าง	2	2	520	36.0	40.0	ไม่เกิดรอยแดง
		3	517	36.3	41.0	

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลอัตราการอบแห้งที่ระดับความเร็วลม 2 ระดับ พบว่า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มเหมือนกันของทุกกรณี โดยระดับความเร็วลมระดับที่ 2 หรือ 1.5 m/s ที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดการอบแห้ง 665 W/m² จะสามารถลดค่าความชื้นสุดท้ายได้ต่ำที่สุด คือ 28 %d.b.

5.2 สรุปผลตำแหน่งช่องทางลมเข้า พบว่า ที่ตำแหน่งช่องทางลมเข้าด้านล่างจะทำให้อัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยดีกว่าช่องทางลมเข้าด้านบน โดยช่องทางลมเข้าด้านล่าง อัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.149 kg/h ส่วนกรณีช่องทางลมเข้าด้านบน จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 0.157 kg/h

5.3 สรุปผลการเกิดรอยแดงบนผิวกล้วยจะเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 2-3 ในการตากกล้วย ซึ่งไม่สามารถระบุได้แน่ชัดถึงสภาวะที่ทำให้เกิดลักษณะรอยแดง เนื่องจากสภาวะที่ทำการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน แต่บางสภาวะเกิดลักษณะรอยแดงบนผิวกล้วย และ บางสภาวะไม่เกิดลักษณะรอยแดงบนผิวกล้วย อย่างไรก็ตามจากการทดลอง พบว่า การเกิดลักษณะรอยแดงบนผิวกล้วยจะเกิดขึ้นที่ความเร็วลมระดับที่ 1

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเพื่อพื้นที่ในการทำวิจัย และสนับสนุนอุปกรณ์ รวมไปถึงเครื่องมือสำหรับทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sandali, M., Boubekri, A., Mennouche, D., & Gherraf, N. (2019). Improvement of a direct solar dryer performance using a geothermal water heat exchanger as supplementary energetic supply. An experimental investigation and simulation study. *Renewable Energy*, 135, 186-196.
- [2] Islam, M., Islam, M. I., Tusar, M., & Limon, A. H. (2019). Effect of cover design on moisture removal rate of a cabinet type solar dryer for food drying application. *Energy Procedia*, 160, 769-776.
- [3] ณัฐวุฒิ หงส์จันทร์ และคณะ (2564). ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 6 (1) มกราคม - มิถุนายน : pp 47 – 59.
- [4] จิตรา ภูมิสวัสดิ์ (2560). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยรางพาราโบลา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6 (2) กรกฎาคม - ธันวาคม : pp 46 – 56.
- [5] ยุธนา ศรีอุดม อนุรัตน์ เทวตา และ สังคม สัพโส. (2567). การศึกษาเชิงทดสอบเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกักเก็บความร้อน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งรัตนโกสินทร์. 6 (1) มกราคม – เมษายน : pp 21 – 33.
- [6] ยุธนา ศรีอุดม อนุรัตน์ เทวตา และเอกนัฏฐ์ กระจ่างธิมพร. (2564). การศึกษาเชิงทดสอบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้ท่อความร้อนสำหรับการระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ, ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2564 : pp 62-73.
- [7] ยุธนา ศรีอุดม อนุรัตน์ เทวตา สังคม สัพโส และ นิวัฒน์ ประทุมไชย. (2564). การศึกษาเชิงทดสอบการใช้น้ำสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 15 (2) กรกฎาคม – ธันวาคม 2564 : pp 1-13.
- [8] อนุรัตน์ เทวตา และ ยุธนา ศรีอุดม. (2561). การศึกษาเชิงทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ท่อความร้อนแบบแบน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2561 : pp 83-94.
- [9] E. C. Okoraigwe, M. N. Eke and H. U. Ugwu. (2013). Design and evaluation of combined solar and biomass dryer for small and medium enterprises for developing countries. *International journal of physical science*, vol. 8 (25) 2013 : pp. 1341-1349.
- [10] A. Zomirodian and M. Zamanian. (2012). Designing and evaluating an innovative solar air collector with transpired absorber and cover. *ISRN renewable energy*, Volume 2012 : pp. 1-5.
- [11] A. A. Hassanain. (2009). Simple solar drying system for banana fruit. *World journal of agricultural sciences*, vol. 5 (4) 2009 : pp. 446-455.

การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสาหร่าย *Chlorella sp.*

ครรชิต เงินคำคง^{1*} ศิริประภา ชัยเนตร¹ รุ่งนภา เขียววิจิตร¹ และนันทน์ภัส เงินคำคง²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง
จังหวัดเชียงใหม่ 50300

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 155 หมู่ที่ 2 ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100
หน่วยวิจัยเทคโนโลยีสะอาดและเทคโนโลยีอัจฉริยะเพื่อสิ่งแวดล้อม

*E-mail; kunchit2516@rmutl.ac.th, 086-1847248

บทคัดย่อ

ปัญหาของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลกส่วนใหญ่นี้มีสาเหตุจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ การใช้สาหร่ายในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวิธีหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยม การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella sp.* ในชุดควบคุมทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในถังปฏิกรณ์ฟันทันที่ทำการ 5 ลิตร ให้ความเข้มข้นแสงที่ 4,000 ลักซ์ ให้อากาศตลอด 24 ชั่วโมง ส่วนชุดการทดลองทำการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 99 ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10 และ 0.15 vvm เป็นเวลา 20 วัน ผลการศึกษา พบว่า ที่อัตราการไหล 0.05 vvm การเจริญของสาหร่ายและประสิทธิภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดีกว่าที่อัตราการไหล 0.10 และ 0.15 vvm และยังพบว่าสาหร่าย *Chlorella sp.* มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด 0.43 ± 0.02 ต่อวัน มีค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายสูงสุดถึง 0.62 ± 0.02 มวลสาหร่ายสูงสุด $2,166.70 \pm 57.70$ มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดร้อยละ 97.23 ± 0.68 อัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเฉลี่ยถึง $2,917.99 \pm 825.23$ มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน และค่าประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยต่อ 20 วัน คือ 3.85 ± 0.01 โมล ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ และความเป็นไปได้ของการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในด้านอุตสาหกรรมในเชิงพาณิชย์ต่อไป ทั้งในด้านการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และยังช่วยจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย

คำสำคัญ: คลอเรลลา, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, โลกร้อน

Reduction of CO₂ by Microalgae *Chlorella* sp.

Khanchit Ngoenkhamkhong^{1*} Siraprapa Chainert¹ Rungnapha Khiewwijit¹ and
Nannaphat Ngoenkhamkhong²

¹Faculty of Engineering, Rajamagala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road,
Mueang Chiang Mai, Chiang Mai 50300

²Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, 155 moo.2 Mae-Hea, Mueang Chiang Mai,
Chiang Mai 50100

¹Research Unit of Green and Smart Technology for Environment.

*E-mail; kunchit2516@rmtul.ac.th, 0861847248

Abstract

The problem of climate change arising mainly from carbon dioxide emission is critical environmental issue. Microalgae can contribute to the reduction of atmospheric carbon dioxide. The objective of this research was to study the efficiency of carbon dioxide reduction using microalgae *Chlorella* sp. In the control, microalgae were cultivated 5 L of bioreactor with light intensity of 4,000 lux and aeration rate of 0.05, 0.10 and 0.15 vvm for 24 hours. For the experimental tests were used 99% of carbon dioxide at the flow rates of 0.05, 0.10 and 0.15 vvm for 20 days. The results indicated that at the flow rate of 0.05 vvm showed a higher growth rate of microalgae and carbon dioxide reduction than 0.10 and 0.15 vvm. Moreover, it was found that *Chlorella* sp., had a maximum specific growth rate of $0.43 \pm 0.02 \text{ d}^{-1}$, maximum OD₅₆₀ of 0.62 ± 0.02 , maximum biomass productivity of $2,166.70 \pm 57.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, efficiency of carbon dioxide reduction of $97.23 \pm 0.68\%$ and maximum carbon dioxide fixation rate of $2,917.99 \pm 825.23 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Besides, the average carbon dioxide sequestration over 20 days was 3.85 ± 0.01 mole. Therefore, the utilization of microalgae is a promising alternative for reducing the amount of carbon dioxide generated from various processes. Moreover, the potential for commercial industrial use of microalgae can further contribute for reducing carbon dioxide emission, as well as managing the environmental issues.

Keywords: *Chlorella* sp., Carbon dioxide, Global warming

1. บทนำ

ในขณะที่โลกเผชิญกับความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น การหาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งในรายงานของหน่วยงานระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ได้เสนอรายงานทุก ๆ 5 ปี สรุปว่าโลกได้ร้อนขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ นั่นคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศในปริมาณที่มากและในอัตราที่เร็วมาก (สหประชาชาติ ประเทศไทย, 2567) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวมีสาเหตุสำคัญมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยทั่วไปก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้จะประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 10-20 (Helen *et al.*, 2021) ซึ่งมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential; GWP) ปัจจุบันเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ซึ่งในปี 2565 ประเทศไทยได้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 282.45 Mton CO₂/y (Maghjian *et al.*, 2024) และในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีนักวิทยาศาสตร์สนใจบทบาทของสาหร่าย ซึ่งเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตสังเคราะห์แสงที่หลากหลาย สามารถดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศมาแปลงเป็นสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไชมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต กระบวนการนี้ไม่เพียงช่วยลดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ยังผลิตชีวมวลที่มีคุณค่าซึ่งนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพ อาหารสัตว์ และแม้แต่ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายขนาดเล็กจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสาหร่ายขนาดเล็กเป็นหนึ่งในจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้กลายเป็นสารชีวมวล ในขณะที่วัฏจักรชีวิตของสาหร่ายขนาดเล็กยังสามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้กลายเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตได้อีกด้วย นั่นถือว่าการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างถาวรหรือได้อย่างเป็นระยะเวลายาวนาน อีกทั้งยังพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เติมลงไประหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กสามารถกระตุ้นอัตราการผลิตสารชีวมวล โดยสาหร่ายขนาดเล็กสามารถเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ให้กลายเป็นสารชีวมวลได้สูงถึง 16.70 กรัมต่อลิตรต่อวัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สาหร่ายขนาดเล็กเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและมีแนวโน้มมากที่สุดในการใช้เพื่อดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม (Yi *et al.*, 2024; ชิชณพงค์, 2558)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การใช้พลังงาน การบริโภค การเดินทาง การผลิตทั้งภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม รวมทั้งการปนเปื้อนต่อแหล่งน้ำ ทรัพยากรดิน และอากาศ ได้ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลเวียนของสารประกอบคาร์บอนมอนนอกไซด์ในระบบนิเวศ โดยเฉพาะการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ และการลดขีดความสามารถในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลับสู่การสะสมในระบบนิเวศ นอกจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วกิจกรรมต่าง ๆ ข้างต้น ยังปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ มีเทน ออกไซด์ของไนโตรเจน และก๊าซมีเทน รวมทั้งฝุ่นละออง ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเป็นเหตุให้มีการสะสมของก๊าซเหล่านี้เป็นปริมาณมาก ติดต่อกันจนเกิดภาวะเรือนกระจกที่มีการกักเก็บความร้อนที่ผิวโลก เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เกิดการเปลี่ยนแปลงภาวะอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกสูงขึ้น (จิรพล, 2567)

สหประชาชาติ ประเทศไทย (2567) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงภาวะอากาศได้เกิดขึ้นให้สัมผัสได้ด้วยหลากหลายลักษณะ ชาวคานาดาได้พบว่าน้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือลดลง เมืองและชุมชนหนาแน่นในแถบลาตินอเมริกา และเอเชียใต้ต้องประสบพายุฝนและภาวะน้ำท่วมรุนแรง ชาวยุโรปพบว่าธารน้ำแข็งที่คงอยู่หลายพื้นที่เริ่มละลายและหดตัว มีไฟป่าเกิดขึ้นบ่อยครั้งและเกิดคลื่นอากาศร้อน จากการศึกษาวงปีปะการังและฟองอากาศในชั้นน้ำแข็งของนักวิทยาศาสตร์พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างที่ยืนยันการเปลี่ยนแปลงภาวะอากาศในหลายทศวรรษที่ผ่านมา และยังพบว่าโลกได้ประสบภาวะอากาศร้อนอย่างที่ไม่เคยเป็นมาก่อนในช่วงเวลาเป็นล้านปี และภาวะอากาศร้อนที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเกิดขึ้นในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ด้านภาวะอากาศได้รายงานต่อสหประชาชาติว่ามนุษย์ได้ประสบกับภาวะอากาศร้อนที่เกิดจากกิจกรรมการผลิตและการบริโภคของตนเอง ถ้าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังคงเกิดขึ้นต่อไป ด้วยอัตราที่เพิ่มมากขึ้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ จะส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศทั่วโลกสูงขึ้น 2 ถึง 5 องศาเซลเซียส แสดงถึงภาวะอากาศร้อนขึ้นจะเกิดขึ้นอย่างแน่นอน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลต่อการละลายของน้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ และจะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ในระยะเวลาอันใกล้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 7 พันล้านตัน ถูกปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ ขณะที่ป่าไม้และทะเลสาบสามารถดักจับก๊าซกลับคืนมาได้

เพียงครั้งหนึ่งเท่านั้น ที่เหลือก็จะสะสมในชั้นบรรยากาศ และทำให้ปริมาณก๊าซนี้ในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณการสะสมได้เพิ่มขึ้นสองเท่า ของปริมาณที่เคยเกิดขึ้นเป็นต้นมา แสดงถึงขีดความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของธรรมชาติได้ถึงขีดจำกัดแล้ว

แนวทางในการแก้ไขปัญหาและการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวว่า นอกจากการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อเป็นการลดพลังงานและลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่บรรยากาศแล้ว ยังมีวิธีทางเคมีและทางชีววิทยาซึ่งในปัจจุบันพบว่าสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นอย่างดี เช่น การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางเคมี (Chemical reaction-based approaches) และการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางชีววิทยา (Biological CO₂ mitigation) เป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อาศัยขบวนการสังเคราะห์แสงเป็นสิ่งสำคัญโดยอาศัยแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นน้ำตาลซึ่งเป็นสารที่ใช้พลังงาน กระบวนการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศด้วยวิธีนี้สามารถใช้กับพืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ถึงแม้ว่าความเป็นไปได้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยพืชที่ใช้ในการเกษตรโดยทั่วไปนั้นมีเพียงร้อยละ 3-6 ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ในปัจจุบัน เช่น สาหร่าย *Chlorella* sp. มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึงร้อยละ 97.07 (Mann et al., 2009) ส่วนสาหร่าย *Chlorella* sp. TISTR 8263 มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 73.00-86.70 (Tongprawhan et al., 2014) และสาหร่าย *Chlorella vulgaris* มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึงร้อยละ 98 (Chan, 2011) ร้อยละ 80 (Serejo et al., 2015) เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราการเจริญของพืชบกนั้นเป็นไปอย่างช้า ๆ ในขณะที่พืชน้ำโดยเฉพาะสาหร่ายซึ่งเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มีทั้งเซลล์เดี่ยวและหลายเซลล์นั้นมีอัตราการเจริญสูงมาก จึงมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยขบวนการสังเคราะห์แสงได้มากกว่าพืชบกไม่ว่าจะเป็นป่าไม้ พืชทางการเกษตรหรือแม้แต่พืชน้ำอื่น ๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้สาหร่ายเพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมีประโยชน์อย่างมาก (Helen et al., 2021)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาถึงประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. โดยคณะผู้วิจัยได้วางกรอบแนวคิดและตั้งสมมุติฐานของการศึกษาถึงอัตราการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสม ส่งผลถึงสาหร่ายที่มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมไปถึงการเพิ่มปริมาณมวลสาหร่าย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้สาหร่ายเพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางชีวภาพนั้นมีประโยชน์อย่างมาก และยังช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและวัสดุ

สาหร่ายที่ใช้ในการศึกษาสายพันธุ์ *Chlorella* sp. ได้มาจากหลักสูตรวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Jaworski's medium (JM) และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาทุกชนิดเป็น Analytical grade (AR)

3.2 การเตรียมหัวเชื้อสาหร่ายและการเพิ่มปริมาณ

นำหัวเชื้อสาหร่าย *Chlorella* sp. มาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร JM เพื่อทำการเพิ่มปริมาณสาหร่าย โดยใช้หัวเชื้อเริ่มต้นมีค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายอยู่ที่ 0.80 มาถ่วงลงถึงขนาด 80 ลิตร ที่บรรจุอาหารเหลวปริมาณ 50 ลิตร เพื่อทำการเพิ่มปริมาณสาหร่าย ให้แสงจากหลอดไฟสีส้ม ค่าความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ (LX-73 Digicon Taiwan) และให้อากาศจากเครื่องปั๊มอากาศผ่านหัวทรายเพื่อช่วยกวนน้ำป้องกันการตกตะกอนของเซลล์สาหร่าย ตลอด 24 ชั่วโมง ทำการเลี้ยงสาหร่ายจนมีค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย (Optical density; OD₅₆₀) อยู่ในช่วง 0.30-0.50 โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer (Cary 60 Agilent; Germany) เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้นในการศึกษาขั้นต่อไป

3.3 ศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. ที่อัตรา

การเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน

นำหัวเชื้อสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงไว้ในข้อ 3.2 มาทำการศึกษา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ชั่วโมง โดยทำการทดลองในถังไบโอรีแอคเตอร์ 10 ลิตร ปริมาตร 5 ลิตร ในชุดการทดลองที่ 1 หรือชุดควบคุมเติมอากาศจากปั๊มเติมอากาศตลอด 24 ชั่วโมง อัตรา 30 ลิตรต่ออนาที ในขณะที่ชุดที่ 2 ซึ่งเป็นชุดการทดลองนั้นนอกจากเติมอากาศแล้วทำการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 99 ที่อัตราการไหล 0.05 vvm ตลอดเวลาการทดลองโดยใช้เครื่อง Peristaltic pump (Watson Marlow model 502S; UK) ในการดูจ่ายปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการเก็บตัวอย่าง

ทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 20 วัน โดยศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละชนิดในรูปของค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย (OD_{560}) และมวลสาหร่าย (Biomass algae) รวมไปถึงอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; μ) โดยนำค่ามวลสาหร่ายมาคำนวณ เพื่อดูแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย ดังสมการ 1 (Laura & Paolo, 2023) หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำเดิม และเปลี่ยนอัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก 0.05 เป็น 0.10 และ 0.15 vvm

$$\mu = \ln(N_2 - N_1) / (t_2 - t_1) \quad (1)$$

เมื่อ

μ	= อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อวัน)
N_1	= มวลสาหร่ายเริ่มต้นการทดลอง (กรัมต่อลิตร)
N_2	= มวลสาหร่ายวันเก็บตัวอย่าง (กรัมต่อลิตร)
t_1	= ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลอง (วัน)
t_2	= ระยะเวลาวันเก็บตัวอย่าง (วัน)

3.4 ศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง

ศึกษาผลของการเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเหลว โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (Sartorius Meter PP-50; Germany) โดยทำการตรวจวัดทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 20 วัน

3.5 ศึกษาประสิทธิภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp.

ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทำการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนเข้าสู่ชุดการทดลอง (Influent of CO₂) และทำการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหลือจากการใช้ของสาหร่ายที่ออกจากชุดการทดลอง (Effluent of CO₂) โดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบก๊าซ (Biogas 5000 Geotech; UK) ต่อเข้ากับชุดการทดลอง (ถังปฏิกิริยา) และทำการตรวจวัดทุก ๆ 2 วัน ตลอดการทดลองในชุดการทดลอง แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่ายซึ่งคำนวณได้จากสมการ 2 (Su et al., 2023)

$$\text{Efficiency of CO}_2 \text{ reduction} = \text{Influent of CO}_2 - \text{Effluent of CO}_2 / \text{Influent of CO}_2 \times 100 \quad (2)$$

3.6 ศึกษาอัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. (CO₂ fixation rate)

โดยนำค่ามวลสาหร่ายมาคำนวณหาอัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. ทำการศึกษาทุก ๆ 2 วัน ตลอดการทดลอง คำนวณได้จากสมการ 3 (Su et al., 2023)

$$\text{CO}_2 \text{ fixation rate (mg.L}^{-1}.\text{d}^{-1}) = 1.88 \times \text{biomass productivity} \quad (3)$$

3.7 ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในสาหร่าย *Chlorella* sp. (CO₂ sequestration)

โดยคำนวณจากสมการ 4 (Kargupta et al., 2015)

$$\text{CO}_2 \text{ sequestration (mole)} = (F_{in} - F_{out}) / dt \quad (4)$$

โดย	F_{in}	=	เปอร์เซ็นต์โมลคาร์บอนที่เข้าระบบ
	F_{out}	=	เปอร์เซ็นต์โมลคาร์บอนที่ออกจากระบบ
	dt	=	ระยะเวลาที่เปลี่ยนไป

3.8 การรวบรวมข้อมูล

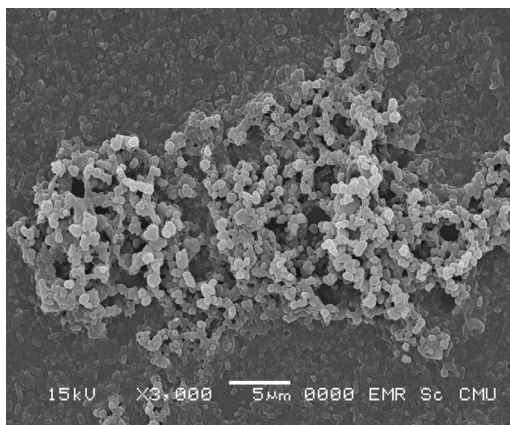
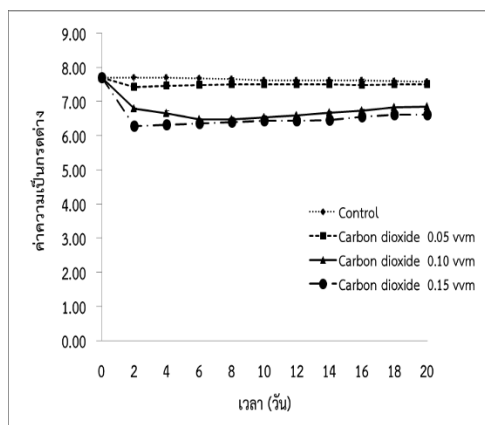
นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย มวลสาหร่าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอน ที่ต่างกันมาวิเคราะห์ความแตกต่าง โดยเปรียบเทียบทุกคู่พร้อมกันในแนวนอนด้วยวิธี Tukey simultaneous ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม Minitab version 16 (Minitab Inc., USA)

4. ผลการวิจัย

การศึกษาการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอัตราการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่างกันส่งผลต่อการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. โดยมีผลการศึกษาดังนี้

4.1 ค่าความเป็นกรดต่าง

จากการศึกษาผลของการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเหลวของสาหร่าย *Chlorella* sp. มีค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเหลวเมื่อเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 99) ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10, 0.15 vvm และชุดควบคุม พบว่า มีค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเหลวอยู่ระหว่าง $7.43 \pm 0.02 - 7.70 \pm 0.01$, $6.48 \pm 0.02 - 7.70 \pm 0.01$, $6.28 \pm 0.03 - 7.70 \pm 0.01$ และ $7.58 \pm 0.02 - 7.70 \pm 0.01$ ตามลำดับ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ผลของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ รูปที่ 2 สาหร่าย *Chlorella* sp. ที่ได้จากการศึกษาค่าความเป็นกรดต่างของสาหร่าย *Chlorella* sp. กำลังขยาย 3,000X (Scanning Electron Microscope; JEOL JSM-5910LV)

4.2 ค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย มวลสาหร่าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

จากการศึกษาผลของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. (ตารางที่ 1) พบว่า มีค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายสูงสุด เมื่อเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 99 ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10, 0.15 vvm และชุดควบคุม คือ 0.62 ± 0.02 , 0.54 ± 0.02 , 0.52 ± 0.01 และ 0.49 ± 0.01 ตามลำดับ และมวลสาหร่ายสูงสุด คือ $2,166.70 \pm 57.70$, $1,833.33 \pm 125.80$, $1,553.30 \pm 104.10$ และ $1,366.70 \pm 57.70$ มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

เมื่อนำค่ามวลสาหร่ายมาหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เมื่อเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 99 ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10, 0.15 vvm และชุดควบคุม คือ 0.43 ± 0.02 , 0.41 ± 0.02 , 0.39 ± 0.06 และ 0.29 ± 0.03 ต่อวัน ตามลำดับ

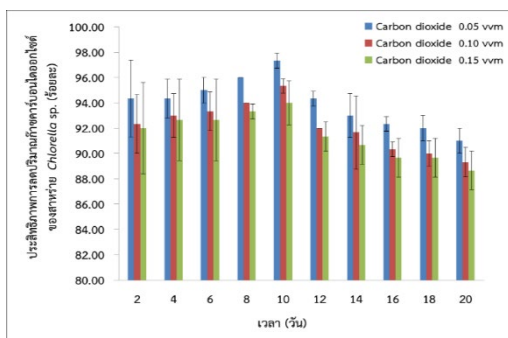
ตารางที่ 1 ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายสูงสุด (OD_{max}) มวลสาหร่ายสูงสุด (Biomass algae $_{max}$) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ของสาหร่าย *Chlorella* sp. ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10, 0.15 vvm และชุดควบคุม

Parameter	CO ₂ flow rates			
	Control	0.05 vvm	0.10 vvm	0.15 vvm
OD _{max}	0.49±0.01C	0.62±0.02A	0.54±0.02B	0.52±0.01BC
Algae biomass _{max} (mg/L)	1,366.70±57.70C	2,166.70±57.70A	1,833.33±125.80B	1,533.30±104.10C
μ_{max} (d ⁻¹)	0.29±0.03B	0.43±0.02A	0.41±0.02A	0.39±0.06A

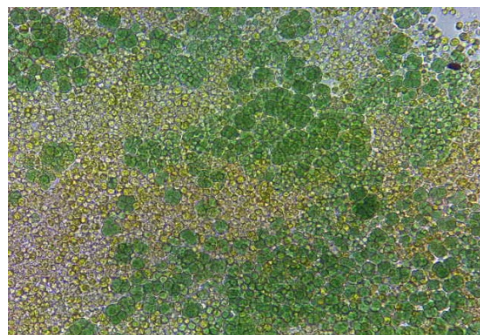
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย (±S.D.) ในแถวแนวนอนอักษรภาษาอังกฤษกำกับ (A, B และ C) ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยวิธี Tukey simultaneous

4.3 ประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Efficiency of CO₂ reduction) อัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ fixation rate) และประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอน (CO₂ sequestration) ของสาหร่าย *Chlorella* sp.

จากการศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. พบว่า ชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10 และ 0.15 vvm มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยที่ร้อยละ 93.97±1.92, 92.13±1.88 และ 91.47±1.77 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดในวันที่ 10 คือ ร้อยละ 97.23±0.68, 95.33±0.58 และ 94.00±1.73 ตามลำดับ (รูปที่ 3) ส่วนการศึกษาอัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. พบว่า ชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10 และ 0.15 vvm มีอัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยอยู่ที่ 2,917.99±0.825.23, 2,514.64±643.64 และ 2,238.12±507.67 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนของสาหร่าย *Chlorella* sp. พบว่า ชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10 และ 0.15 vvm มีประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยที่ 3.85±0.01, 3.80±0.01 และ 3.77±0.01 โมล ตามลำดับ (ตารางที่ 2)



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp.



รูปที่ 4 สาหร่าย *Chlorella* sp. ที่ได้จากการศึกษากำลังขยาย 40X (Lieca DM500)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (Efficiency of CO₂ reduction) อัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (CO₂ fixation rate) และประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยต่อ 20 วัน (CO₂ sequestration) ของสาหร่าย *Chlorella* sp. ที่อัตราการไหล 0.05, 0.10 และ 0.15 vvm

Parameter	CO ₂ flow rates		
	0.05 vvm	0.10 vvm	0.15 vvm
Efficiency of CO ₂ reduction _{ave} (%)	93.97±1.92A	92.13±1.88AB	91.47±1.77B
CO ₂ fixation rate _{ave} (mg. L ⁻¹ .d ⁻¹)	2,917.99±825.23A	2,514.64±643.64B	2,238.12±507.67C
CO ₂ sequestration _{ave} (mole)	3.85±0.01A	3.80±0.01B	3.77±0.01C

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย (±S.D.) ในแถวแนวนอนอักษรภาษาอังกฤษกำกับ (A, B และ C) ต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยวิธี Tukey simultaneous

5. สรุปและอภิปรายผล

1. จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างและมวลสาหร่าย พบว่า ชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.05 vvm ในวันที่ 10 สำหรับ *Chlorella* sp. มีมวลสาหร่ายมากที่สุดและค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 7.50±0.01 แสดงให้เห็นว่าสาหร่าย *Chlorella* sp. เจริญเติบโตได้ดีที่มีสภาวะความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 7.50±0.01 โดยทั่วไปสาหร่าย *Chlorella* sp. เติบโตได้ดีในค่าความเป็นกรดต่างช่วงกว้าง และสามารถเติบโตในช่วงค่าความเป็นกรดต่างที่มีสภาวะเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงกลาง ค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายบางสายพันธุ์ เช่น *Chlorella vulgaris* คือ 6.30 (Malis-Aracl & McGowan, 1982) สำหรับ *Chlorella* sp. คือ 6.70 (ผกาดี และพินดา, 2552) ส่วนสาหร่าย *Chlorella homishpaera* คือ 6.00 (Richmond, 2004) และสาหร่าย *Chlorella minutissima* คือ 6.00 (Sankar et al., 2011) การเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่แตกต่างกัน

2. ผลของการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อมวลสาหร่ายและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. พบว่า ชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.05 vvm มีมวลสาหร่ายมากที่สุดและมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด เกิดจากสาหร่าย *Chlorella* sp. เริ่มขยายตัวหรือการสร้างเซลล์ใหม่และสาหร่ายได้นำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เติมลงไปแหล่งพลังงานแทนสารอาหารที่หมดไป สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Lam et al., (2012) ได้ทำการศึกษาถึงผลของอัตราการเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อสาหร่าย พบว่า สาหร่ายใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อการเจริญเติบโตทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 1-15 และอัตราการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.05 vvm จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง และพบว่าอัตราการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 0.05, 0.10 และ 0.15 vvm มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. ประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Chlorella* sp. พบว่า สาหร่าย *Chlorella* sp. มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีค่าสูงสุดในวันที่ 10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสาหร่าย *Chlorella* sp. ทุกสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ บางสายพันธุ์ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี เช่น สาหร่าย *Chlorella vulgaris* มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ร้อยละ 98 (Chan, 2011), 80 (Serejo et al., 2015) ส่วนสาหร่าย *Chlorella* sp. MTF-7 มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึงร้อยละ 95 (Chiu et al., 2011) และพบว่าอัตราการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 0.05, 0.10 และ 0.15 vvm มีค่าอัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย และประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าสาหร่าย *Chlorella* sp. มีศักยภาพในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.05 vvm สำหรับ *Chlorella* sp. มีประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Efficiency of CO₂ reduction) อัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ fixation rate) และค่าประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด (CO₂ sequestration) จึงเป็นอัตราการไหลที่เหมาะสมในการนำไปใช้ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าสาหร่ายนอกจากจะมีประโยชน์ในด้านอาหาร ยารักษาโรค พลังงานและผลิตไบโอดีเซลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งแล้วยังสามารถใช้ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นการช่วยลดโลกร้อนอีกทางหนึ่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานประสานงานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ (องค์การมหาชน) (BEDO)

7. เอกสารอ้างอิง

- สหประชาชาติ ประเทศไทย. (2567). *การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. สืบค้นวันที่ 30 เมษายน 2567 จาก <https://thailand.un.org/th/>
- ชิษณุพงศ์ ประทุม. (2558). ความเป็นไปได้ในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพจากโรงงานอุตสาหกรรม. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม*. 11, 106-133.
- จิรพล ลินธุนาวา. (2567). *ภาวะโลกร้อนกับทางออกของการแก้ไขปัญห*. สืบค้นวันที่ 30 เมษายน 2567 จาก http://www.adeq.or.th/web/news/news_green.
- ผกาวัต แก้วกันเนตร และพนิดา รัตนพลที. (2552). ศักยภาพการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายขนาดเล็ก. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ*, 16(1), 9-13.
- Chan, A. (2011). *Use of microalgae in wastewater treatment to remove contaminants and purify biogas*. Ph.D. The University of Guelph, Canada. 136p.
- Chiu, S.-Y., C.-Y. Kao, T.-T. Huang, C.-J. Lin, S.-C. Ong, C.-D. Chen, J.-S. Chang and C.-S. Lin. (2011). Microalgal biomass production and on-site bioremediation of carbon dioxide, nitrogen oxide and sulfur dioxide from flue gas using *Chlorella* sp. cultures. *Bioresource Technology*, 102, 9135-9142.
- Helen O., Taghi M., KeChrist O., Abarasi H., Christian A. and Zainab T. Al. (2021). Review: Minimizing carbon footprint via microalgae as a biological capture. *Carbon Capture Science & Technology*, 1(100007), 1-14.
- Lam, M. K., K.T. Lee and A. R. Mohamed. (2012). Current status and challenges on microalgae-based carbon capture. *Greenhouse Gas Control*, 10, 456-469.
- Laura, B. & Paolo G. (2023). *Algae Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. 3rd Edition. USA: Taylor & francis Group, LLC.
- Maghjian, A., Aslani, A. and Zahedi, R. (2024). Research article : A comprehensive review on effective parameters on microalgae productivity and carbon capture rate. *Environmental Management*, 355 (120539), 1-16.
- Malis-Arad, S. & R. E. McGowan. (1982). Alkalinity-induced aggregation in *Chlorella vulgaris* II. changes in the cell wall during the cell cycle. *Plant and Cell Physiology*, 23(1), 11-17.
- Mann, G., Schlegel M., Schumann R. and Sakalauskas A.. (2009). Biogas-condition with microalgae. *Agronomy Research*, 7(1), 33-38.
- Richmond, A. (2004). *Handbook of microalgal culture. biotechnology and Applied phycology*. USA: Blackwell Publishing.
- Sankar, V., D. K. Daniel and A. Krastanov. (2011). Carbon dioxide fixation by *Chlorella minutissima* batch cultures in a stirred tank bioreactor. *Biotechnol. & Biotechnol EQ*, 25(3), 2468-2476.
- Serejo, M.L., E.P. Olmos, M. Boncz, S. Blanco, P.A. Garcia-Encina and R. Munoz. (2015). Influence of biogas flow rate on biomass composition during the optimization of biogas upgrading in microalgal-bacterial process. *Environmental Science & Technology*, 49(5), 1-16.

- Su F.L., Chien C.W. and Behnam T. (2023). Effective CO₂ capture by the fed-batch culture of *Chlorella vulgaris*. *Environmental Chemical Engineering*, 11(5), 1-31.
- Tongprawhan, W., Srinuanpan S. and Cheirsilp B. (2014). Biocapture of CO₂ from biogas by Oleaginous microalgae for improving methane content and simultaneously producing lipid. *Bioresource Technology*, 170, 90-99.
- Yi, A.L., Ilankoon, I.M.S.K., Nicholas M.H.K., Sajeewa, D.P., Khi R. O., Meng N.C. and Su C.F. (2024). Biochemical trade-offs and opportunities of commercialized microalgae cultivation under increasing carbon dioxide. *Bioresource Topology*, 393, 1-10.

การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งด้วยเทคนิคการศึกษางาน

ชัยวัฒน์ กิตติเดชา^{1*} อภิชาติ ชัยกลาง¹

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

* chaiwatkit@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งของวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่งใน อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน โดยใช้เทคนิคการศึกษางาน จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตลำไยอบแห้งด้วยแผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง แผนผังการไหล แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร และแผนภูมิสองมือพบว่าม้งานย่อยทั้งหมด 20 กิจกรรม คือการปฏิบัติงาน 7 กิจกรรม การขนย้าย 8 กิจกรรม การรอคอย 1 กิจกรรม การตรวจสอบ 3 กิจกรรม และการจัดเก็บ 1 กิจกรรม เวลามาตรฐานในขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 53.40 วินาทีต่อซอง งานย่อยที่ใช้เวลามากที่สุดคือการนำลำไยอบแห้งใส่ซองใช้เวลาเท่ากับ 25.51 วินาที ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการทำงานที่ดีกว่าเดิมโดยปรับปรุงการจัดพื้นที่การทำงานวางตำแหน่งของสถานีการทำงานใหม่ด้วยการนำช่องบรรจุภัณฑ์มาไว้ด้านซ้ายมือ ถาดลำไยไว้ตรงกลาง นำเครื่องชั่งไว้ด้านหน้าโดยเอียงหน้าปัดแสดงน้ำหนักให้หันมาพอดีกับสายตา และที่วางผลิตภัณฑ์บรรจุเรียบร้อยแล้ววางอยู่ด้านขวามือ อีกทั้งยังได้เสนอเปลี่ยนที่ตักลำไยเป็นแบบชั่งน้ำหนักดิจิทัล สามารถตักได้ในครั้งเดียวให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนดและลดเวลาการทำงานลง 16 วินาทีต่อการบรรจุ 1 ซอง หรือคิดเป็นร้อยละ 34

คำสำคัญ การศึกษางาน, กระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง, การเพิ่มผลผลิต

The Productivity Improvement of the Dried Longan Process using Work Study Technique

Chaiwat Kittidecha^{1*} Aphichat Chaiklang¹

¹ Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* chaiwatkit@rmutl.ac.th

Abstract

The goal of the project was to use work study approaches to investigate strategies to increase the efficiency of a community enterprise's dried longan production process in Ban Thi District, Lamphun Province. Flow charts, flow diagram, man-machine chart, and two-handed chart were used to analyze the dried longan production process, and a total of 20 elements were discovered: Seven operations, eight moving activities, one waiting activity, three inspecting activities, and one storage activity were performed. The packaging standard time is 53.40 seconds. The most time-consuming element was discovered to be putting dried longan in an envelope, with a standard time of 25.51 seconds. We recommended a better way of working by shifting the work desk to the left and moving the packaging envelope and Longan tray in the center. The scales are led forward by tilting the weighing dial to fit the eye, and the finished products were situated on the right. In addition, the weighing spoon will instead of scoop at once to a certain weight, which can reduce packing time about 16 seconds or 33%.

Keywords: Work study, Dried Longan Process, Productivity

1. บทนำ

ลำไยอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลลำไยสดและอยู่ในสภาพดี มาคัดขนาดผลให้ใกล้เคียงกัน ปอกเปลือก แกะเมล็ดออกเอาเฉพาะเนื้อ นำไปอบให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่นๆ ผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งส่วนใหญ่เป็นสินค้า OTOP ที่พบได้ในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูนเป็นส่วนมาก ผู้ผลิตลำไยอบแห้งส่วนมากจะเป็นวิสาหกิจชุมชนที่หารายได้ให้กับชุมชนของตนเอง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์, 2566)

วิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่งในอำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน ผลิตลำไยอบแห้งซึ่ง ในการผลิตลำไยอบแห้งนั้นมีขั้นตอนในการผลิตที่หลายขั้นตอนซึ่งในขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้ง มีการเคลื่อนไหวร่างกายที่ผิดวิธีจึงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่เกิดประโยชน์ส่งผลให้การทำงานล่าช้าลง จึงทำให้ได้พบสาเหตุของการทำงานที่ล่าช้าคือการทำงานที่ผิดวิธีแบบการทำงานที่เป็นมาตรฐานตามหลักเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหวของร่างกายและยังส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตอื่นๆอีกด้วย

หลังจากผู้จัดวิจัยได้รับรู้ถึงปัญหาและสาเหตุของปัญหา จึงเห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่อาจจะส่งผลกระทบต่อวิสาหกิจชุมชนดังกล่าวในด้านกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้ง ผู้วิจัยมีแนวความคิดการปรับปรุงกระบวนการบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งซึ่งเป็นจุดคอขวดของกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ของลำไยอบแห้งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนนำไปจำหน่ายซึ่งหากมีการบรรจุภัณฑ์ที่ล่าช้าอาจส่งผลให้ยอดขายการผลิตนั้นช้าลงไปด้วย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานคือการวิเคราะห์กระบวนการทำงานหรือกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดงานที่ไม่จำเป็นออก สรรหากระบวนการทำงานซึ่งดีที่สุดและเร็วที่สุดในกระบวนการทำงาน การปรับปรุงวิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสมเปลี่ยนเป็นวิธีการทำงานมาตรฐาน กำหนดเงื่อนไขสสภาพแวดล้อม เครื่องมือต่างๆ การฝึกคนงานให้ทำงานด้วยวิธีที่ถูกต้อง การหาเวลามาตรฐานของงาน และการบริหารแผนการจ่ายค่าแรงจูงในระบบต่างๆ (อิสรา ธีระวัฒน์สกุล, 2548) ในการวิจัยนี้ได้นำหลักการนี้ร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการปรับปรุง ได้แก่กระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องถ้วยซึ่งมีขั้นตอนการประกอบและการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม ลดขั้นตอนในการประกอบลดลง 1 ขั้นตอน เวลามาตรฐานการประกอบลดลง 0.75 นาทีต่อชิ้น หรือผลิตภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 26 (สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และคณะ, 2563) การปรับปรุงวิธีการทำงานสำหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไรซ์แครกเกอร์ด้วยแนวคิดไคเซ็น พบว่ากิจกรรมไม่มีคุณค่า (non-value activity) อยู่ในขั้นตอนการบรรจุและขั้นตอนการชั่งน้ำหนัก หลังการปรับปรุงพบว่าความสูญเสียเปล่าลดลง ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 23 (อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล และ ศิริพงษ์ ลือชัย, 2563) การศึกษาสายการบรรจุผลิตภัณฑ์แป้งโดยประยุกต์ใช้การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา การวิเคราะห์กระบวนการปฏิบัติงานด้วยแผนภูมิคน-เครื่องจักร แผนภูมิมือซ้าย-ขวา ร่วมกับหลักการ ECRS รวมทั้งการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการปฏิบัติงาน หลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาการผลิตได้ร้อยละ 23 ลดคนงาน 3 คน ผลิตภาพเพิ่มคิดเป็นร้อยละ 84 (ธนิดา สุนารักษ์, 2559) การศึกษาโรงงานผลิตหลอดไฟส่องสว่างแบบแอลอีดีกรณีศึกษา นำ ECRS และการออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบพบว่าระยะทางการขนย้ายวัตถุดิบลดลง 622 เมตรหรือร้อยละ 40 สามารถเพิ่มอัตราการผลิตจาก 1,683 ชุดต่อเดือน เป็น 2,433 ชุดต่อเดือน (ชูศักดิ์ พรสิงห์ และ สรรชัย อุพุทรา, 2556) และการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด ลดเวลาในการขนย้าย 10 วินาที และลดระยะทางการขนย้ายลง 8 เมตรจากเดิม 14 เมตร (ชัยวัฒน์ กิตติเตชา และอภิชาติ ชัยกลาง, 2565)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยมี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกงานที่จะศึกษาโดยเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมากที่สุดหรือบ่อยครั้งที่สุดคือลำไยอบแห้งดังรูปที่ 1 โดยมีขั้นตอนที่สำคัญคือ การแกะเปลือกและคว้านเมล็ด การอบ และการบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 1 ลำไยอบแห้งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

2. การบันทึกวิธีการทำงาน เครื่องมือที่ใช้บันทึกขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart) แผนผังการไหล (Flow Diagram) เพื่อแสดงให้เห็นปัญหาการวางผัง แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร (Man - Machine chart) เพื่อแสดงให้เห็นการทำงานร่วมกันระหว่างคนกับเครื่องจักร และแผนภูมิสองมือ (Two hand Chart) เพื่อแสดงให้เห็นการวางงานของมือ

3. การใช้เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อใช้หาแนวทางในการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานให้ดีกว่าเดิม

4. การปรับปรุงวิธีการทำงาน นำหลักการ ECRS ได้แก่ E การกำจัดงานที่ไม่จำเป็น C การรวมขั้นตอนเข้าด้วยกัน R การเปลี่ยนลำดับขั้นตอน และ S การทำให้ขั้นตอนให้ง่ายขึ้น (อิสรา ธีระวัฒน์สกุล, 2548)

สัญลักษณ์	Flow Process Chart			แผนภูมิกระบวนการผลิต
	ปัจจุบัน	ปรับปรุง	ผลต่าง	
○	7			กิจกรรม : การผลิตลำโพงแบบ จุดเริ่มต้นกิจกรรม : ห้องแต่งตัว จุดสิ้นสุดกิจกรรม : ห้องเก็บผลิตภัณฑ์ ประเภท : Man Type
⇒	8			
□	3			
D	1			
▽	1			

ลำดับ	สัญลักษณ์					รายละเอียดกิจกรรม
	○	⇒	□	D	▽	
1	●					แต่งตัวที่ห้องแต่งตัว
2		●				เดินทางไปรับวัสดุ (ลำโพงที่เลือก)
3			●			นำวัสดุไปห้องล้าง
4	●					ล้างลำโพง
5		●				นำลำโพงที่ล้างเสร็จ (ที่เลือก) ไปห้องตัดแต่ง
6	●					ลอกเปลือกลำโพง
7		●				นำลำโพงที่ลอกเปลือกไปห้องล้าง
8	●					ล้างลำโพงที่ลอกเปลือก
9		●				นำลำโพงที่ลอกเปลือกเสร็จไปห้องตัดแต่ง
10			●			ตรวจสอบลำโพงที่ล้าง
11	●					นำลำโพงที่ล้างใส่ถาด
12		●				นำลำโพงไปยังห้องอบลำโพง
13	●					นำลำโพงเข้าตู้อบ
14				●		รอลำโพงเข้าตู้อบ
15			●			ตรวจสอบลำโพงที่ผ่านการอบ
16			●			หลังจากตรวจสอบนำลำโพงเข้าไปห้องบรรจุภัณฑ์
17	●					บรรจุภัณฑ์ลำโพง
18			●			ตรวจสอบหลังจากบรรจุภัณฑ์
19		●				หลังจากตรวจสอบนำไปเก็บที่ห้องเก็บผลิตภัณฑ์
20				●		เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่ห้องเก็บผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2 แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

4. ผลการวิจัย

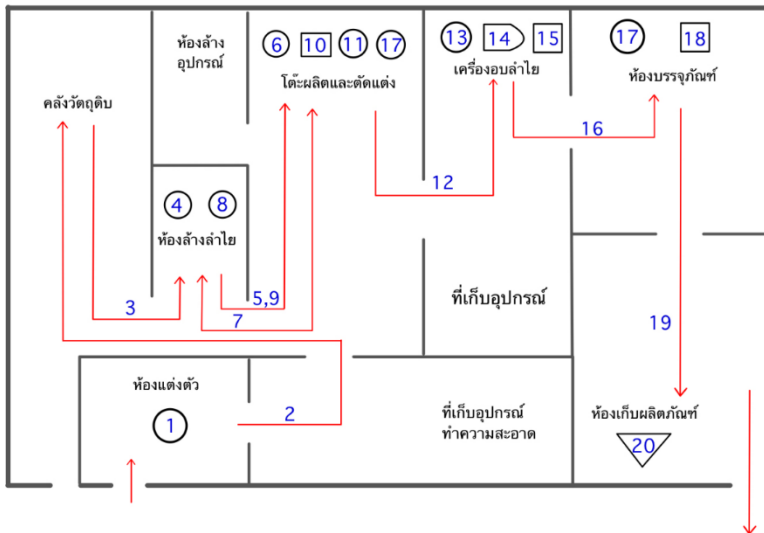
ผู้วิจัยได้ใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนของการเคลื่อนไหวในการปฏิบัติงานแสดงดังรูปที่ 2 จะมีงานย่อยรวมทั้งหมด 20 กิจกรรม ดังนี้การปฏิบัติงาน 7 กิจกรรม การขนย้าย 8 กิจกรรม การรอคอย 1 กิจกรรม การตรวจสอบ 3 กิจกรรม และการจัดเก็บ 1 กิจกรรม โดยมีรูปแสดงขั้นตอนการอบดังรูปที่ 3 และขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ดังรูปที่ 4 ส่วนผังการไหลแสดงรูปที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์แล้วพบว่าผังโรงงานในปัจจุบันเหมาะสมดีอยู่แล้ว ไม่มีการขนย้ายวัสดุที่ซับซ้อนหรือวุ่นวายหรือย้อนไปย้อนมา



รูปที่ 3 ขั้นตอนการอบ



รูปที่ 4 ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 5 ผังการไหล

ในส่วนของแผนภูมิความสัมพันธ์คนกับเครื่องจักรนั้น ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาเครื่องอบลมร้อนโดยได้แผนภูมิดังรูปที่ 6 พบว่า อรรถประโยชน์ของการใช้งานคนเท่ากับร้อยละ 0.38 และอรรถประโยชน์ของการใช้งานเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 99.62 ดังนั้น ผู้วิจัยได้เสนอแนะให้ทางวิสาหกิจชุมชนมอบหมายงานให้คนงานในตำแหน่งงานนี้ควรไปช่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ในระหว่างรอการอบ (ระยะเวลาว่าง 360 นาที)

คน	นาที	เวลา	เครื่องอบ	นาที	เวลา
นำลำโพงใส่ถาด	0.25		ว่าง	0.63	
นำลำโพงเข้าตู้อบ	0.05				
เปิดเครื่องอบลมร้อน	0.33				
ว่าง	360		อบลมร้อน	360	
ปิดเครื่องอบลมร้อน	0.33		ว่าง	0.75	
นำลำโพงออกจากตู้อบ	0.25				
เก็บใส่ชั้นวางลำโพง	0.17				
รวม	361.38		รวม	361.38	
สรุป	พนักงาน		เครื่องอบ		
เวลาว่างงาน (นาที)	360		1.38		
เวลาทำงาน (นาที)	1.38		360		
เวลาทั้งหมด (นาที)	361.38		361.38		
อรรถประโยชน์ของการใช้งาน(%)	0.38		99.62		

รูปที่ 6 แผนภูมิความสัมพันธ์คนกับเครื่องจักร

ในส่วนการศึกษาการเคลื่อนไหวอย่างละเอียด ผู้วิจัยได้นำแผนภูมิสองมือมาใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ พบว่ามือซ้ายของคนงานมีการถือของบรรจุภัณฑ์เฉยๆ ไปถึง 11 ครั้ง ในระหว่างที่มีมือขวาเคลื่อนไหวในการตักลำโพงดังรูปที่ 7 และจากการจับเวลาโดยตรงเพื่อหาเวลามาตรฐานในการทำงานพบว่าเวลามาตรฐานในการบรรจุภัณฑ์รวมเท่ากับ 53.40 วินาทีต่อของ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เวลามาตรฐานในการบรรจุภัณฑ์

งานย่อย	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	อัตราการทำงาน (ร้อยละ)	เวลาปกติ (วินาที)	เวลาเผื่อ (ร้อยละ)	เวลามาตรฐาน (วินาที)
1.เตรียมของบรรจุภัณฑ์	7.35	135%	9.92	15%	11.41
2.นำลำโพงอบแห้งใส่ช่อง	15.81	135%	21.34	15%	24.51
3.ซั้งน้ำหนัก	4.75	135%	6.41	15%	7.37
4.ปิดของบรรจุภัณฑ์	6.51	135%	8.79	15%	10.11
รวม					53.40

ในการปรับปรุงพื้นที่กระบวนการทำงานขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ จากเดิมการวางอุปกรณ์ต่างๆ แต่ละตำแหน่งนั้นมีระยะไกลเกินไป ในการหยิบจับอุปกรณ์ไม่มีความคล่องแคล่วทำให้เสียเวลาในการบรรจุภัณฑ์มากเกินไป และยังคงขยับร่างกายในส่วน แขน ไหล และลำตัวมาก หากทำต่อเนื่องนานๆ จะเกิดอาการเมื่อยล้าได้ ผู้วิจัยได้ปรับตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีตำแหน่งที่เหมาะสมกับสรีระร่างกายในการเคลื่อนไหวให้ใกล้มากขึ้น มีความคล่องแคล่ว ลดเวลาการทำงานและลดอาการเมื่อยล้าลง ด้วยการนำซองบรรจุภัณฑ์มาไว้ด้านซ้ายมือ ถาดลำไยไว้ตรงกลาง นำเครื่องชั่งไว้ด้านหน้าโดยเอียงหน้าปัดแสดงน้ำหนักให้เห็นมาพอดีกับสายตา และที่วางผลิตภัณฑ์บรรจุเรียบร้อยแล้ววางอยู่ด้านขวามือ ดังรูปที่ 8 ซึ่งจะลดการเคลื่อนไหวของมือซ้ายลดลง 8 ครั้ง และมือขวาลดลง 8 ครั้ง รวม 16 ครั้งต่อการบรรจุลำไย 1 ซอง

แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบสองมือ						
สรุปผล	กระบวนการบรรจุภัณฑ์ (ก่อนปรับปรุง)					
	ปัจจุบัน		เสนอ		ลดลง	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
○ การปฏิบัติงาน	8	13				
⇔ การเคลื่อนที่	6	10				
▽ การจับถือไว้	11	0				
D การรอ	0	2				
รวม	25	25				
<div style="text-align: right;"> </div>						
มือซ้าย	○	⇔	▽	D	○	⇔
มือขวา					○	⇔
เคลื่อนที่มือไปจับซองบรรจุภัณฑ์						ว่าง
หยิบซองบรรจุภัณฑ์						เคลื่อนที่มือไปจับที่ตัก
เคลื่อนที่ซองบรรจุภัณฑ์ไปที่ถาดลำไย						หยิบที่ตัก
ถือซองบรรจุภัณฑ์						ตักลำไยครั้งที่1
						เคลื่อนที่ตักลำไยไปที่ซองบรรจุภัณฑ์
						เทลงในซองบรรจุภัณฑ์
						เคลื่อนที่ไปตักลำไย
						ตักลำไยครั้งที่2
						เคลื่อนที่ตักลำไยไปที่ซองบรรจุภัณฑ์
						เทลงในซองบรรจุภัณฑ์
						เคลื่อนที่ไปตักลำไย
						ตักลำไยครั้งที่3
						เคลื่อนที่ตักลำไยไปที่ซองบรรจุภัณฑ์
เคลื่อนซองบรรจุภัณฑ์ไปที่ตาชั่ง						เทลงในซองบรรจุภัณฑ์
วางซองบรรจุภัณฑ์ลงบนตาชั่ง						เคลื่อนที่ไปตักลำไย
เคลื่อนที่มือไปจับซองบรรจุภัณฑ์บนตาชั่ง						ตักลำไยครั้งที่4
จับปากซองบรรจุภัณฑ์						เคลื่อนที่ตักลำไยไปที่ซองบรรจุภัณฑ์
ปล่อยมือออกจากซองบรรจุภัณฑ์						เทลงในซองบรรจุภัณฑ์
เคลื่อนที่มือไปจับซองบรรจุภัณฑ์						ถือที่ตัก
หยิบซองบรรจุภัณฑ์						เคลื่อนที่ตักไปที่ถาดลำไย
ยกซองบรรจุภัณฑ์ขึ้น						วางที่ตักลง
ยกซองบรรจุภัณฑ์ขึ้น						เคลื่อนที่ไปที่ซองบรรจุภัณฑ์
ยกซองบรรจุภัณฑ์ขึ้น						ปิดปากซองบรรจุภัณฑ์
เคลื่อนที่ผลิตภัณฑ์ไปวางบนตะกร้า						ปล่อยมือออกจากซองบรรจุภัณฑ์
วางผลิตภัณฑ์ลงบนตะกร้า						ว่าง

รูปที่ 7 แผนภูมิสองมือขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ก่อนการปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบสองมือ

กระบวนการบรรจุภัณฑ์ (หลังการปรับปรุง)

สรุปผล	ปัจจุบัน		เสนอ		ลดลง	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
○ การปฏิบัติงาน	8	13	8	9	0	4
⇒ การเคลื่อนที่	6	10	6	6	0	4
▽ การจับถือไว้	11	0	3	0	8	0
D การรอ	0	2	0	2	0	0
รวม	25	25	17	17	8	8

ผังบริเวณที่ทำงาน

มือซ้าย	○	⇒	▽	D	○	⇒	▽	D	มือขวา
เคลื่อนที่มือไปจับของบรรจุภัณฑ์		●							ว่าง
หยิบของบรรจุภัณฑ์	●								เคลื่อนที่มือไปจับที่ตัก
เคลื่อนที่ของบรรจุภัณฑ์ไปที่ถาดลำไย		●							หยิบที่ตัก
ถือของบรรจุภัณฑ์			●						ตักลำไยครั้งที่ 1
			●						เคลื่อนที่ตักลำไยไปที่ของบรรจุภัณฑ์
			●						เทลงในของบรรจุภัณฑ์
เคลื่อนของบรรจุภัณฑ์ไปที่ตาสั่ง		●							เคลื่อนที่ไปตักลำไย
วางของบรรจุภัณฑ์ลงบนตาสั่ง	●								ตักลำไยครั้งที่ 2
เคลื่อนที่มือไปจับของบรรจุภัณฑ์บนตาสั่ง		●							เคลื่อนที่ตักลำไยไปที่ของบรรจุภัณฑ์
จับปากของบรรจุภัณฑ์	●								เทลงในของบรรจุภัณฑ์
ปล่อยมือออกจากของบรรจุภัณฑ์	●								ถือที่ตัก
เคลื่อนที่มือไปจับของบรรจุภัณฑ์		●							เคลื่อนที่ตักไปที่ถาดลำไย
หยิบของบรรจุภัณฑ์	●								วางที่ตักลง
ยกของบรรจุภัณฑ์ขึ้น	●								เคลื่อนที่ไปที่ของบรรจุภัณฑ์
ยกของบรรจุภัณฑ์ขึ้น	●								ปิดปากของบรรจุภัณฑ์
เคลื่อนที่ผลิตภัณฑ์ไปวางบนตะกร้า		●							ปล่อยมือออกจากของบรรจุภัณฑ์
วางผลิตภัณฑ์ลงบนตะกร้า	●								ว่าง

รูปที่ 8 แผนภูมิสองมือขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์หลังการปรับปรุง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งใช้เวลาตักลำไยใส่ช่องบรรจุภัณฑ์ค่อนข้างนาน ต้องตักประมาณ 3 - 5 ครั้ง เพราะบางครั้งน้ำหนักลำไยไม่ถึงที่กำหนดไว้ สาเหตุเกิดจากอุปกรณ์ที่ตักเป็นแบบธรรมดาตามรูปที่ 9 ไม่สามารถตักในปริมาณที่ตรงตามความต้องการในครั้งเดียวได้ ต้องทำการตักหลายครั้งและนำมาซึ่งที่เครื่องชั่งน้ำหนัก แนวทางการปรับปรุงคือการเปลี่ยนที่ตักลำไย เป็นแบบซ้อนซึ่งน้ำหนักดีจติดรูปที่ 10 ฐานน้ำหนักของลำไยในขณะตัก ลดจำนวนครั้งในการตักซึ่งทำให้ลดเวลาในการตักใส่ช่องบรรจุภัณฑ์ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าจะลดเวลาลงได้ 16 วินาทีต่อการบรรจุ 1 ช่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 34



รูปที่ 9 ที่ตักลำไยก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 10 ที่ตักลำไยหลังการปรับปรุง (Lazada, 2566)

5. สรุปและอภิปรายผล

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือปรับปรุงกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งของวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง โดยเสนอวิธีการทำงานที่เหมาะสมโดยนำเทคนิคการศึกษาการงานมาประยุกต์ใช้ ประกอบด้วยการใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง แผนผังการไหล แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร และแผนภูมิสองมือ จากการศึกษาพบว่ากระบวนการบรรจุภัณฑ์เป็นกระบวนการที่ควรปรับปรุงคือ 1) จัดสถานีการทำงานใหม่โดยปรับตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีตำแหน่งที่เหมาะสมกับสรีระร่างกายในการเคลื่อนไหวให้ใกล้มากขึ้น มีความคล่องแคล่ว ลดเวลาการทำงานและลดอาการเมื่อยล้าลง และ 2) เปลี่ยนที่ตักลำไยจากเดิมแบบธรรมดาเป็นแบบช้อนชั่งน้ำหนักดิจิทัล ดังนั้นจะลดเวลาลงได้ 16 วินาทีต่อการบรรจุ 1 ชอง หรือคิดเป็นร้อยละ 34 และโดยภาพรวมแล้วผลิตภาพการทำงานเพิ่มขึ้นได้สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือลดขั้นตอนการทำงานลงได้เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และคณะ (2563) เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน ที่ให้ข้อมูลในงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ กิติเตเดชา, และอภิชาติ ชัยกลาง. (2565). การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดด้วยเทคนิคการศึกษาการงาน. *วารสารเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ*, 1(1), 1-9.
- ชูศักดิ์ พรสิงห์, และสรชัย อุพุทรา. (2566). การปรับปรุงผังโรงงานและกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการกรณีศึกษาโรงงานผลิตหลอดไฟแอลอีดีตัวอย่าง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 27(6), 1132 – 1146.
- รุติสา ศรีโสวรรณ. (2560). *ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อเครื่องประดับทองและจิวเวลรี่* (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ธนิดา สุนารักษ์. (2559). การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตกรณีศึกษาสายการบรรจุผลิตภัณฑ์แปง. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 2(3), 51-60.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2566). เนื้อลำไยอบแห้ง. สืบค้น 1 พฤษภาคม 2566, จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4038>
- สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์, ชาตรี หอมเขียว, ซูไฮดี สนิ, จุฬาลักษณ์ โจรานานุกูล, และมุhammad เต๊ะยอ. (2563). การเพิ่มประสิทธิภาพการประกอบผลิตภัณฑ์ของเล่นไม้ยางพาราด้วยเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาและหลักการยศาสตร์กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 12(2), 97 -112.

- อมรรัตน์ ปิ่นชัยมุล, และศิริระพงค์ ลือชัย. (2563). การปรับปรุงวิธีการทางงานสาหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไรซ์แคแรกเกอร์ด้วยแนวคิดโคเซ็น. *วารสารช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 6(1), 1-7.
- อิสรา อีระวัฒน์สกุล. (2548). การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Lazada. (2566). เครื่องชั่งอาหารสัตว์เลี้ยงเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์. สืบค้น 1 พฤษภาคม 2566, จาก <https://www.lazada.co.th/products/250ml-i3191403533-s11925115023.html>

การใช้ตรรกะดิจิทัลสำหรับการเลือกวัสดุปูพื้นภูมิทัศน์

ศรินยา กองตองกาย¹ ฐิตินันท์ รัตนพรหม² สุระพงษ์ เตชะ³ และนภัสส์ จันทร์มี^{1*}

¹ สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

² สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

³ สาขาเทคโนโลยีภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*E-mail: napatcm43@gmail.com , เบอร์โทรศัพท์: 08 4623 1663

บทคัดย่อ

การศึกษานี้นำเสนอแนวทางตรรกะดิจิทัลในการประเมินและคัดเลือกวัสดุปูพื้นภูมิทัศน์ที่เหมาะสมอย่างเป็นระบบสำหรับตอบสนองความต้องการเฉพาะของผู้รับเหมาก่อสร้าง นักออกแบบภูมิทัศน์ ซัพพลายเออร์ก่อสร้าง และผู้ใช้ปลายทาง โดยเปรียบเทียบวัสดุปูพื้นภูมิทัศน์สามประเภท คือ กระเบื้องดินเผา อิฐมอญ และผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก การประเมินดำเนินการและจัดลำดับโดยใช้ดัชนีชี้วัดสมรรถนะและต้นทุนรวมต่อหน่วยมวล ผลการประเมินพบว่าผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกมีความคุ้มค่าเป็นลำดับ 2 ซึ่งเป็นความคุ้มค่าที่อยู่ระหว่างอิฐมอญ (ลำดับที่ 1) และกระเบื้องดินเผา (ลำดับที่ 3) ผลประเมินแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับงานภูมิทัศน์เมื่อพิจารณาจากความทนทานและความคุ้มค่าร่วมกัน การศึกษานี้จึงไม่เพียงแต่เน้นนวัตกรรมกระบวนการคัดเลือกเท่านั้น แต่ยังยืนยันถึงสมรรถนะการใช้งานของวัสดุปูพื้นภูมิทัศน์ทั้งสามประเภทสำหรับการปรับปรุงพื้นที่กลางแจ้งตั้งแต่สวนที่อยู่อาศัยไปจนถึงภูมิทัศน์เชิงพาณิชย์ด้วยปัจจัยผสมผสานที่สมดุลระหว่างฟังก์ชันการใช้งานและความคุ้มค่า

คำสำคัญ การคัดเลือกวัสดุ, ตรรกะดิจิทัล, ดัชนีชี้วัดสมรรถนะ, วัสดุปูพื้นภูมิทัศน์

Implementing Digital Logic for Landscape Paving Material Choice

Sarinya Kongtongkai¹ ,Tithinun Rattanaplome² ,Surapong Techa³ and Napat Chantaramee^{1*}

¹ Program in Materials Innovation, Faculty of Science, Maejo University

² Program in Rubber and Polymer Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University

³ Program in Land Scene Technology, Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University

63 Moo.4, Nong Han Subdistrict, San Sai District, Chiang Mai, 50290

*E-mail: napatcm43@gmail.com , Tel: 08 4623 1663

Abstract

In the pursuit of optimal landscape paving materials, a systematic evaluation was conducted using a digital logic approach to address the specific requirements of building contractors, landscape designers, construction suppliers, and end-users. This study rigorously compared ceramic floor tiles, bricks, and an innovative pseudo-ceramic product, evaluating them based on their performance index and total cost per unit mass. The results demonstrated that the pseudo-ceramic product secured the 2nd rank, between brick (1st) and ceramic floor tile (3rd). Based on these findings, the pseudo-ceramic product emerges as a promising alternative for landscape paving, combining durability and economic efficiency. This study not only highlights the innovative selection process but also underscores the potential applications of these materials in enhancing outdoor spaces, from residential gardens to commercial landscapes, offering a balanced blend of functionality and cost-effectiveness.

Keywords: material selection, digital logic method, performance index, landscape paving materials

1. บทนำ

ในการออกแบบภูมิทัศน์นั้น นอกจากจะเลือกสรรพันธุ์ไม้ที่จะนำมาปลูกแล้วยังมีอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญเช่นกันนั่นคือวัสดุปูพื้น ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถควบคุมทิศทางของการออกแบบให้เป็นไปในแบบที่ต้องการ วัสดุที่นำมาปูพื้นแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้งานที่ต่างกัน โดยวัสดุปูพื้นที่เป็นที่นิยมในงานการออกแบบภูมิทัศน์ มีอยู่ 12 ประเภท (WAZZADU (2019)) คือ พื้นไม้จริง, พื้นไม้เทียม หรือ พื้นไม้เทียมพลาสติกคอมโพสิต, พื้นกรวดล้าง, พื้นทรายล้าง, พื้นกรวดแม่น้ำ, พื้นหินธรรมชาติ, พื้นคอบเบิลสโตน, บล็อกคอนกรีตปูพื้น, พื้นสแตมป์คอนกรีต, แผ่นปูทางเดินปูนเปลือย, กระเบื้องดินเผา และอิฐมอญ

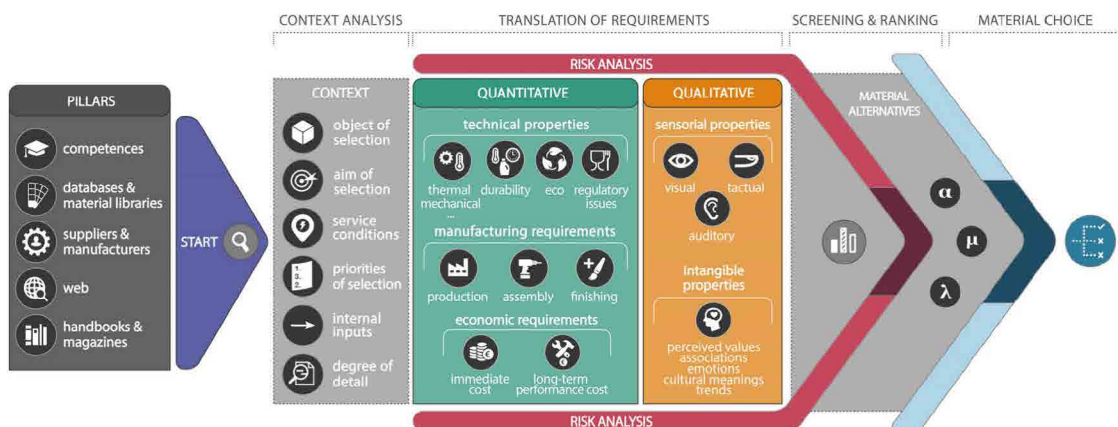
กรณีกระเบื้องดินเผาและอิฐมอญนั้น มีกรรมวิธีการผลิตหลักๆ คือ การเตรียมวัตถุดิบ การขึ้นรูป และการเผา ซึ่งการเผา จัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญและต้องเสียค่าใช้จ่ายมากที่สุดในกระบวนการผลิตเนื่องจากใช้พลังงานในปริมาณสูง และหากเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผามีราคาสูงขึ้น ก็จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามมีการใช้น้ำยางคอมพาวด์ผสมในดินเพื่อทำหน้าที่ประสานยึดเกาะอนุภาคดินเข้าด้วยกันและอาศัยการอบที่อุณหภูมิต่ำไม่เกิน 150 °C ซึ่งจะทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซเทดแทนการเผาที่อุณหภูมิสูงดังเช่นในกรณีของกระเบื้องดินเผาและอิฐมอญที่ใช้อุณหภูมิเผาประมาณ 900 – 1100 °C และ 700 – 800 °C ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่เตรียมจากน้ำยางคอมพาวด์และดินดังกล่าวเมื่อผ่านการอบมีลักษณะคล้ายเซรามิก คือแข็งแต่เปราะ มีความทนแรงอัดมากกว่า 20 MPa ความทนแรงดัดมากกว่า 10 MPa ขึ้นอยู่กับระบบการวัลคาไนซยาง สัดส่วนผสมระหว่างน้ำยางคอมพาวด์และดิน อุณหภูมิอบ และเวลาอบ (นภัสส์ จันท์รมี และฐิตินันท์ รัตนพรหม (2558); นภัสส์ จันท์รมี และคณะ (2559); Chantaramee et al.,(2017))

ดังนั้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกดังกล่าวเป็นวัสดุปูพื้นภายนอกสำหรับงานภูมิทัศน์โดยการเทียบเคียงกับกระเบื้องดินเผาและอิฐมอญ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้แนวทางตรรกะดิจิทัลซึ่งเป็นวิธีเชิงปริมาณในการประเมินคุณค่าและจัดลำดับวัสดุ (Maleque (2013); Dieter and Schmidt (2021))

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิธีการคัดเลือกวัสดุแบบองค์รวมจะประเมินทั้งคุณสมบัติเชิงปริมาณและคุณสมบัติเชิงคุณภาพของวัสดุ สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ (Piselli et al.,(2016); Veeraert et al.,(2020)) ซึ่งได้แก่ คุณสมบัติเชิงเทคนิค (Technical properties) ข้อกำหนดทางการผลิต (Manufacturing requirements) ข้อกำหนดทางเศรษฐศาสตร์ (Economic requirements) คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับผลิตภัณฑ์ (Sensorial properties) และคุณสมบัติที่จับต้องไม่ได้ของวัสดุ (Intangible properties)

แนวทางทั่วไปของการคัดเลือกวัสดุแบบองค์รวม ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1 มีขั้นตอนการคัดเลือกวัสดุหรือการเลือกใช้วัสดุอย่างคร่าวๆ เริ่มจากการกำหนดสมบัติของวัสดุที่ต้องการ (Translation of requirements) จากนั้นจึงเปรียบเทียบสมบัตินั้นๆ กับวัสดุวิศวกรรมที่มีใช้งานจริง เพื่อคัดเลือกชนิดของวัสดุ (Screening) ให้ได้วัสดุที่มีสมบัติใกล้เคียงกับที่กำหนดมากที่สุด จากนั้นจัดอันดับ (Ranking) เพื่อใช้ตัดสินใจเลือกวัสดุต่อไป



รูปที่ 2.1 ลำดับขั้นตอนการคัดเลือกวัสดุแบบองค์รวม (Piselli et al.,(2016))

ในส่วนของขั้นตอนที่เรียกว่า "Screening" และ "Ranking" นั้น อาจใช้สมบัติเพียงอย่างเดียวหรือสมบัติหลายด้านรวมกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และข้อจำกัดตามความต้องการ โดยปัจจัยที่นำมาใช้จัดอันดับ คือ ดัชนีของวัสดุ (Material indices) หากแต่ในกรณีมีการระบุคุณสมบัติหลายด้านและความสัมพันธ์ของคุณสมบัติแต่ละด้านไม่ชัดเจน สามารถเลือกใช้แนวทางตรรกะดิจิทัล (Digital-logic method) เพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการตัดสินใจ โดยวิธีนี้เป็นวิธีการเปรียบเทียบโดยใช้ตัวเลขแทนลำดับการให้ความสำคัญ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์การใช้งาน
2. เลือกคุณสมบัติที่พิจารณา
3. หาค่าตัวประกอบถ่วงน้ำหนัก (Weighting factor, α)

การหาค่าตัวประกอบถ่วงน้ำหนัก จะพิจารณาจำนวนคู่เทียบคุณสมบัติจากสมการที่ 2.1

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2.1)$$

เมื่อ N คือ จำนวนคู่เทียบคุณสมบัติ

n คือ จำนวนคุณสมบัติที่ต้องการเปรียบเทียบ

เมื่อได้จำนวนคู่เทียบแล้ว จะนำคุณสมบัติแต่ละคู่มาพิจารณาให้ค่าความสำคัญ โดยสามารถพิจารณาตามรูปแบบ ดังนี้

- การให้คะแนนความสำคัญ 1 หรือ 0 (Maleque (2013); Dieter and Schmidt (2021)) โดย คุณสมบัติใดที่ให้ค่าความสำคัญมากกว่าจะให้คะแนน 1 และคุณสมบัติที่ให้ค่าความสำคัญน้อยกว่าจะให้คะแนน 0

- การให้คะแนนความสำคัญ 1 หรือ 2 หรือ 3 (Dehghan et al.,(2007)) โดยที่ 1 แทนความสำคัญน้อยที่สุด, 2 แทนความสำคัญปานกลางหรือคะแนนความสำคัญเท่ากัน และ 3 แทนความสำคัญมากที่สุด

เมื่อทำการเทียบคู่คุณสมบัติกันทีละคู่จนครบทุกคู่แล้วรวมคะแนน จากนั้นคำนวณตัวประกอบถ่วงน้ำหนัก จากสมการที่ 2.2

$$\alpha = \frac{\text{Positive decisions}}{\text{Total of positive decisions}} \quad (2.2)$$

4. หาค่าอัตราส่วนคุณสมบัติ (Scaled Properties, β)

การพิจารณาค่าอัตราส่วนคุณสมบัติจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. หากคุณสมบัติที่มีค่ายิ่งมามากยิ่งดี จะคำนวณอัตราส่วนคุณสมบัติ จากสมการที่ 2.3

$$\beta = \frac{\text{Numerical value of property}}{\text{Maximum value in the list}} \times 100 \quad (2.3)$$

2. หากคุณสมบัติที่มีค่ายิ่งน้อยยิ่งดีจะคำนวณอัตราส่วนคุณสมบัติ จากสมการที่ 2.4

$$\beta = \frac{\text{Minimum value in the list}}{\text{Numerical value of property}} \times 100 \quad (2.4)$$

5. หาค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะ (Performance index, γ)

คำนวณค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะ จากสมการที่ 2.5

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_i \quad (2.5)$$

เมื่อ α_i คือ ตัวประกอบถ่วงน้ำหนักของคุณสมบัติที่ i

β_i คือ อัตราส่วนคุณสมบัติของคุณสมบัติที่ i

6. หาค่าความคุ้มค่าของวัสดุ (Figure of merit, FOM)

เป็นการรวมคุณสมบัติต่างๆ ให้อยู่ในเทอมไร้หน่วย เพื่อใช้ทำนายสมรรถนะ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6 จากนั้นนำความคุ้มค่าของวัสดุที่คำนวณได้ มาจัดลำดับเพื่อพิจารณาการเลือกใช้วัสดุต่อไป

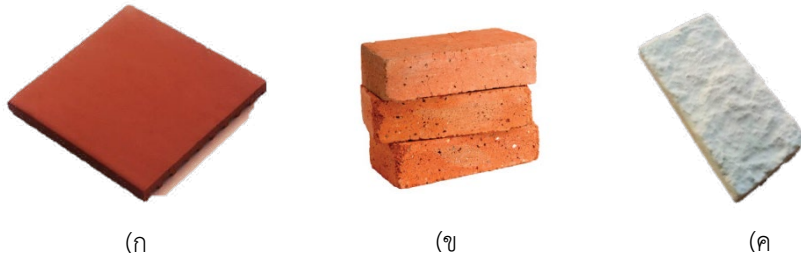
$$FOM = \frac{Y}{(c)(\rho)} \quad (2.6)$$

- เมื่อ γ คือ ดัชนีชี้วัดสมรรถนะ (Performance index)
- C คือ ต้นทุนรวมของวัสดุต่อหน่วยมวล (Total cost of material per unit mass)
- ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ (Density of material)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 จัดทำแบบสอบถามเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็น ทศนคติของกลุ่มเป้าหมายซึ่งประกอบด้วย ผู้รับเหมาก่อสร้าง นักออกแบบภูมิทัศน์ ช่างพลาซเออร์ก่อสร้าง และผู้ใช้ปลายทาง รวม 30 ราย ใช้เกณฑ์ให้คะแนนระดับความสำคัญของคุณสมบัติวัสดุปูพื้นภูมิทัศน์ 5 ระดับ คือ 5(มากที่สุด) 4(มาก) 3(ปานกลาง) 2(น้อย) และ 1(น้อยที่สุด)

ขั้นตอนที่ 2 เลือกคุณสมบัติที่พิจารณาจากข้อมูลความคิดเห็น ทศนคติของกลุ่มเป้าหมาย และทดสอบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องและสืบค้นข้อมูลของวัสดุปูพื้นภายนอกประเภทกระเบื้องดินเผาและอิฐมอญ และผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก ตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบในการศึกษานี้ แสดงในรูปที่ 3.1 โดยผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกในงานนี้ เตรียมจากระบบการวัลคาไนซ์แบบปกติ (CV) ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างซิงค์ไดออกไซด์ไทโอคาร์บาเมตต่อกำมะถันเป็น 1 : 1.5 ใช้น้ำยางคอมพาวนด์ 9% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิอบผลิตภัณฑ์ 150 °C 12 ชั่วโมง



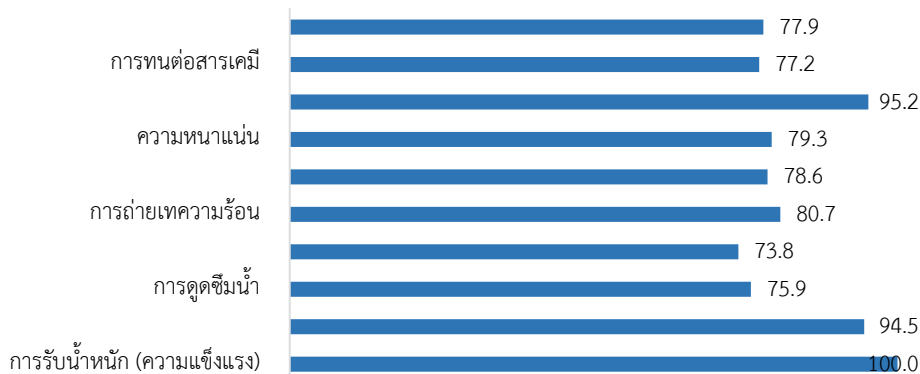
รูปที่ 3.1 วัสดุปูพื้น (ก) กระเบื้องดินเผา (T) (ข) อิฐมอญ (B) และ (ค) ผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก (WO)

ขั้นตอนที่ 3 ใช้ผลข้อมูลจากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 ในการเปรียบเทียบข้อมูลตามแนวทางตรรกะดิจิทัล (Digital-logic method)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทำแบบสอบถาม

ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ในการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็น ทศนคติของประชากรกลุ่มเป้าหมาย 3 กลุ่ม คือ ผู้รับเหมาก่อสร้าง 10 ราย นักออกแบบภูมิทัศน์ 10 ราย ช่างพลาซเออร์ก่อสร้างและผู้ใช้ปลายทาง 10 ราย ในการเลือกใช้วัสดุปูพื้นภูมิทัศน์ พบว่า 5 ลำดับความสำคัญของคุณสมบัติวัสดุปูพื้น คือ การรับน้ำหนัก (ความแข็งแรง) การต้านทานการสั่นไถล การทนแรงกระแทก การถ่ายเทความร้อน ความหนาแน่น แสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งลำดับดังกล่าวจะนำมาใช้ในการให้คะแนนความสำคัญในขั้นตอนการเทียบคู่คุณสมบัติ



รูปที่ 4.1 ระดับความสำคัญของคุณสมบัติของวัสดุปูพื้นภูมิทัศน์จากความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมาย

อย่างไรก็ตามคุณสมบัติการรับน้ำหนัก (ความแข็งแรง) สามารถพิจารณาได้จาก 2 ลักษณะการรับแรง คือ การรับแรงอัด และความทนแรงดัด โดยจะถือว่ามีความสำคัญเท่ากัน ดังนั้นคุณสมบัติที่จะนำมาคำนวณเป็นคู่เทียบในการศึกษา $n = 6$

4.2 การคำนวณแนวทางตรรกะดิจิทัล (Digital logic approach)

4.2.1 ค่าคุณสมบัติของวัสดุปูพื้น

ค่าคุณสมบัติของวัสดุปูพื้นได้มาจากผลการทดสอบ (Chantaramee et al.,(2017); ศรีนยา กองตองกาย (2564)) และการอ้างอิงจากข้อมูลสืบค้น มีรายละเอียดดังนี้

Bennett et al. (1997) ระบุค่าการรับแรงอัดของกระเบื้องดินเผาที่ใช้ในการก่อสร้าง 9.6 MPa Gerns and Freedland (2007) กล่าวถึงค่าการรับแรงอัดของดินเผาเทอร์ราคอตตาโดยทั่วไปอยู่ในช่วงตั้งแต่ 345 – 1380 N/cm² (3.45 – 13.8 MPa) ขณะที่ PCI Standard for Architectural Terra Cotta กำหนดค่าการรับแรงอัดต้องไม่ต่ำกว่า 6000 psi (41.37 MPa) เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C67 สำหรับค่าการรับแรงอัดของอิฐมอญตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐมอญ มผช.601/2547 ต้องมากกว่า 7 MPa กรณีผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกทดสอบการรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C170/C170M-17 มีค่าระหว่าง 27.54 – 32.04 MPa โดยมีค่าเฉลี่ย 29.50 MPa

ความทนแรงดัดของกระเบื้องดินเผาและอิฐมอญ ทดสอบตามมาตรฐาน มอก.2398 เล่ม 4 – 2551 พบว่า กระเบื้องดินเผาที่มีความทนแรงดัดในช่วง 11 – 16 MPa ค่าเฉลี่ย 13.21 MPa และอิฐมอญมีความทนแรงดัดในช่วง 3 – 4 MPa ค่าเฉลี่ย 3.91 MPa สำหรับผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกมีความทนแรงดัดระหว่าง 12.03 – 27.29 MPa โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.28 MPa

การต้านทานการลื่นไถล ทดสอบโดยการวางวัสดุปูพื้นบนมุม 20° – 50° นำยางปาดวางที่ผิวหน้าวัสดุปูพื้นแต่ละชนิด สังเกตการลื่นไถลของยางปาด โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และทดสอบ 2 ลักษณะคือ แบบผิวหน้าวัสดุปูพื้นแห้งและแบบผิวหน้าวัสดุปูพื้นเปียก ซึ่งพบว่า สำหรับวัสดุปูพื้นทั้งสามชนิด หากมุมลื่นไถลมากกว่า 30° จะทำใหยางปาดลื่นออกจากตำแหน่งวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากทดสอบแบบเปียก

การทนแรงกระแทก ประยุกต์ใช้วิธีการตามมาตรฐาน มอก. 613-2529 ข้อ 9.7 ความต้านทานการกระแทก ใช้วัสดุปูพื้นชนิดละ 10 ชิ้น นับจำนวนแตกหัก ผลปรากฏว่า มีการแตกหักของกระเบื้องดินเผา 1 ชิ้น อิฐมอญ 4 ชิ้น และผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก 5 ชิ้น โดยแสดงค่าคุณสมบัติเป็นเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

ทดสอบการถ่ายเทความร้อนของวัสดุปูพื้นทั้งสามชนิด ชนิดละ 1 ชิ้นต่อวัน ทำการทดสอบ 3 วัน โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (MASTECH MS6522A) วัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งที่กำหนดบนผิวของวัสดุปูพื้นแต่ละชนิดซึ่งวางกลางแดด 1 ชั่วโมง ระหว่างเวลา 11.00 – 12.00 น. เมื่อนำกลับมาไว้ในที่ร่ม วัดอุณหภูมิพื้นผิวโดยบันทึกค่าอุณหภูมิทุก 1 นาที คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนจากความชื้นของกราฟระหว่างอุณหภูมิ กับเวลา ทั้งนี้พบว่า อุณหภูมิพื้นผิวภายหลังเข้าร่ม 1 นาที ของกระเบื้องดินเผา 54.5 ± 3.6 °C อิฐมอญ 51.0 ± 4.0 °C และผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก 44.5 ± 1.5 °C โดยอัตราการลดลงของอุณหภูมิที่คำนวณจากความชันกราฟ 0 – 10 นาทีแรก กระเบื้องดินเผาจะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิเร็วที่สุด คือ 1.10 °C/min อิฐมอญและผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิ คือ 1.07 °C/min และ 0.89 °C/min ตามลำดับ

ค่าความหนาแน่นจากการคำนวณโดยใช้น้ำหนักและขนาดของชิ้นงาน สำหรับกระเบื้องดินเผา อิฐมอญ และผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก มีค่า 2.565 ± 0.01 g/cm³ 1.811 ± 0.03 g/cm³ และ 1.523 ± 0.03 g/cm³ ตามลำดับ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ค่าคุณสมบัติของวัสดุปูพื้นที่นำมาใช้ในการประเมินตามแนวทางตรรกะดิจิทัล สรุปในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าคุณสมบัติของวัสดุปูพื้น

Material	Properties					
	Strength (MPa)		Slip resistance (°)	Drop test (%)	Heat transfer (°C)	Density (g/cm ³)
	Compressive	Flexural				
T	41.37	13.21	30	10	54.5	2.565
B	7.0	3.91	30	40	51.0	1.811
W0	29.5	21.28	30	50	44.5	1.523

4.2.2 การประเมินจัดอันดับตามแนวทางตรรกะดีจิตัล

จากสมการที่ 2.1 จำนวนคู่เทียบจากการพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุปูพื้นเมื่อ $n = 6$ จะมีคู่เทียบ $N = 15$ คู่ การให้คะแนนความสำคัญนั้นจะพิจารณาจากผลสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มประชากรเป้าหมายทั้ง 3 กลุ่ม ที่มีการเรียงลำดับความสำคัญของวัสดุปูพื้น ตามรูปที่ 4.1 โดยจะแสดงการเทียบคู่คุณสมบัติในตารางที่ 4.2 และค่าตัวประกอบถ่วงน้ำหนักแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งคำนวณมาจากผลรวมของคะแนนแต่ละคุณสมบัติ

ตารางที่ 4.2 การให้คะแนนความสำคัญของคุณสมบัติ

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Compressive	2	3	3	3	3										
Flexural	2					3	3	3	3						
Slip resistance		1				1				3	3	3			
Drop test			1				1			1			3	3	
Heat transfer				1				1			1		1		3
Density					1					1		1		1	1

*หมายเหตุ: 1 คือให้ความสำคัญน้อยที่สุด, 2 คือ ให้ความสำคัญเท่ากัน, 3 คือ ให้ความสำคัญมากที่สุด

ตารางที่ 4.3 ค่าตัวประกอบถ่วงน้ำหนัก

Properties	Compressive	Flexural	Slip resistance	Drop test	Heat transfer	Density	Total
Decision no.	14	14	11	9	7	5	60
α	0.233	0.233	0.183	0.15	0.117	0.083	1

สำหรับการหาค่าอัตราส่วนคุณสมบัตินั้น การพิจารณาแบ่งเป็น 2 ลักษณะ โดยคุณสมบัติการรับน้ำหนักและการต้านทานการลื่นไถลจะคำนวณอัตราส่วนคุณสมบัติ จากสมการที่ 2.3 สำหรับการทนแรงกระแทก การถ่ายเทความร้อน และความหนาแน่น คำนวณอัตราส่วนคุณสมบัติ จากสมการที่ 2.4 ค่าอัตราส่วนคุณสมบัติของของวัสดุปูพื้น พร้อมค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะสำหรับวัสดุปูพื้นสามประเภท ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 2.5 แสดงสรุปในตารางที่ 4.4 ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะของกระเบื้องดินเผามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์เคลือบเซรามิกและอิฐมอญ ซึ่งหมายความว่ากระเบื้องดินเผามีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายมากที่สุด สำหรับการประเมินความคุ้มค่าโดยคำนึงปัจจัยด้านราคา แสดงในตารางที่ 4.5 โดยราคากระเบื้องดินเผาและอิฐมอญที่นำมาใช้ประเมินสำรวจจากผู้จำหน่ายวัสดุก่อสร้าง อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งกระเบื้องดินเผา (ขนาด 15x15x1 cm) ประมาณแผ่นละ 6.50 บาท น้ำหนักแผ่นละ 0.20 kg อิฐมอญ (ขนาด 6.5x14x4 cm) ประมาณก้อนละ 3.10 บาท น้ำหนักก้อนละ 0.64 kg สำหรับราคาผลิตภัณฑ์เคลือบเซรามิก (ขนาด 8x16x1.5 cm) คำนวณมาจากต้นทุนวัตถุดิบในการทดลองผลิต แผ่นละ 13.71 บาท น้ำหนักแผ่นละ 0.35 kg จากข้อมูลตามตารางที่ 4.5 แสดงว่าความคุ้มค่าตามระดับการให้ความสำคัญต่อคุณสมบัติวัสดุปูพื้นที่สำรวจจากกลุ่มเป้าหมาย คือ อิฐค้ำค่ามากที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์เคลือบเซรามิก และกระเบื้องดินเผา ตามลำดับ กล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์เคลือบเซรามิกมีศักยภาพเป็นทางเลือกเพื่อใช้เป็นวัสดุปูพื้นภายนอกสำหรับงานภูมิทัศน์โดยการเทียบเคียงกับกระเบื้องดินเผาและอิฐมอญ

ตารางที่ 4.4 ค่าอัตราส่วนคุณสมบัติและค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะ

Properties	β						γ
	Compressive	Flexural	Slip resistance	Drop test	Heat transfer	Density	
T	100	62.08	100	100	81.65	59.38	85.55
B	16.92	18.37	100	25	87.25	84.10	47.46
W0	71.31	100	100	20	100	100	81.21

ตารางที่ 4.5 ความคุ้มค่าของวัสดุและการจัดลำดับ

Material	Density	Cost of material per unit mass	Relative cost	FOM	Ranking
T	2.565	32.50	9.51	9.0	3
B	1.811	4.84	1.00	47.5	1
W0	1.523	39.14	6.80	11.9	2

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบอย่างเป็นระบบเพื่อจัดลำดับวัสดุปูพื้นภูมิทัศน์สามประเภทคือ กระเบื้องดินเผา อิฐมอญ และผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก โดยใช้เกณฑ์คุณสมบัติจากความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมาย เรียงตามค่าตัวประกอบถ่วงน้ำหนัก ได้แก่ ความแข็งแรง ($\alpha=0.233$) การต้านทานการลื่นไถล ($\alpha=0.183$) การทนแรงกระแทก ($\alpha=0.15$) การถ่ายเทความร้อน ($\alpha=0.117$) และความหนาแน่น ($\alpha=0.083$) พบว่า กระเบื้องดินเผา มีสมรรถนะตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายมากที่สุด ($\gamma=85.55$) รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิก ($\gamma=81.21$) และอิฐมอญ ($\gamma=47.46$) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่าที่ใช้จ่ายด้านราคาเข้ามาเกี่ยวข้องกลับพบว่า อิฐมอญมีค่าที่ต่ำที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกและกระเบื้องดินเผา ยืนยันว่าผลิตภัณฑ์คล้ายเซรามิกมีศักยภาพเป็นวัสดุปูพื้นทางเลือกสำหรับงานภูมิทัศน์ได้เช่นกัน

6. เอกสารอ้างอิง

- WAZZADU. (2019) "รวมข้อมูลวัสดุศาสตร์ 12 วัสดุปูพื้นยอดนิยมในงาน Landscape พร้อมรายละเอียดการออกแบบและติดตั้ง." [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.wazzadu.com/article/3888> (9 ตุลาคม 2564)
- นภัสส์ จันทรมี และฐิตินันท์ รัตนพรหม. (2558). สมบัติบ่งชี้ศักยภาพการใช้น้ำยางคอมพาวด์เป็นสารเชื่อมประสานสำหรับผลิตภัณฑ์จากดิน. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการครั้งที่ 53 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาขาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3 – 6 กุมภาพันธ์ 2558. 758 – 765.
- นภัสส์ จันทรมี, ฐิตินันท์ รัตนพรหม และภควีตร คำสุข. (2559). ผลกระทบของระบบการคงรูปยางด้วยกำมะถันที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมระหว่างดินและน้ำยางคอมพาวด์. (รายงานผลการวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Chantaramee, N., Bouloon, P. and Rattanaplome, T. (2017, November 19-23). Effect of zinc diethyldithiocarbamate to sulfur ratio on strength and abrasive resistance of eco-pseudo ceramics materials. Poster presentation. The 13th International Conference on Ecomaterials (ICEM13), KMUTT Knowledge Exchange for Innovation Center (KX) Khlongsan, Bangkok, Thailand.
- Maleque, M.A. and Sapuan, S. M. (2013). Materials Selection and Design. Springer Singapore. p.69 – 98.
- Dieter, G. E. and Schmidt, L. C. (2021). Engineering design 6th Ed. McGraw-Hill Higher Education. p.348 – 388.
- Piselli A., Simonato M., and Curto B.D. (2016). Holistic approach to materials selection in professional appliances industry. Proceeding of the 14th International Design Conference. p.865 – 874.
- Veeraert, L., Du Bois, E., Moons, I. and Karana, E. (2020). Experiential characterization of materials in product design: A literature review. Mater. Des., 190:108543.

- Dehghan M.B., Mahmudi H., Abedian A., and Mahmudi R. (2007). A novel method for materials selection in mechanical design: Combination of non-linear normalization and a modified digital logic method. *Mater. Des.*, 28:8-15.
- ศรินยา กองตองกาย. (2564). การพัฒนาวัสดุเสมือนเซรามิกเป็นวัสดุปูพื้นทางเลือกในงานภูมิทัศน์. การเรียนรู้อิสระสาขาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Bennett R.M., Boyd K.A., and Flanagan R.D. (1997). Compressive properties of structural clay tile prisms. *J. Struct. Eng.*, 123:920-926.
- Gerns, E., Freedland, J. (2007). Understanding terra-cotta distress: Evaluation and repair approaches. *J. Build. Apprais.*, 2:282-293. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jba.2950049>
- Precast/Prestressed Concrete Institute. (n.d.) Guide specifications. Retrieved 8 January 2024 from <https://www.pci.org/PCIMidAtlantic/GuideSpecifications>

ความสามารถในการรับแรงบิดของคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งไฟเบอร์กลาส

ภูชิต จักสมศักดิ์¹ นพกาญจน์ กำใจ² สหพัฒน์ สุบิน³ นิสิต รุ่งสุรีย์แสงทอง⁴ เจษฎาพร ศรีภักดี⁵
วรพรรณ นันทวงศ์⁶ และบุปผเวช พันธุ์ศรี^{7*}

^{1,2,3,4,5,6,7} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

*bupavech@rmutl.ac.th, 0840425923

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังรับแรงบิดของคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งไฟเบอร์กลาส(GFRP) ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบขนาดคานขนาด 15 ซม. x 30 ซม. x 300 ซม. โดยมีการเสริมทั้งเหล็กและแท่งไฟเบอร์กลาสทั้งในส่วนแกนและส่วนปลอกที่ใช้ขนาดและระยะห่างเท่ากันทั้งหมด 4 รูปแบบ ผลการทดสอบพบว่าคานคอนกรีตที่เสริมด้วยเหล็กแกน DB12 มม. ปลอก GFRP 6 มม. สามารถรับแรงบิดได้สูงสุดเท่ากับ 757 กก.-ม. และเกิดการบิดได้สูงสุด 6 องศา ในขณะที่คานคอนกรีตที่เสริมด้วยเหล็กทั้งส่วนแกน DB 12 มม. ปลอก RB 6 มม. เกิดการบิดสูงสุดได้เท่ากัน แต่สามารถรับแรงบิดได้น้อยที่สุดเท่ากับ 688 กก.-ม. อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ามุมบิดที่เท่ากัน 4 องศา พบว่าคานคอนกรีตที่เสริมด้วย GFRP 12 มม. ปลอก GFRP 6 มม. มีความสามารถในการรับแรงบิดได้มากกว่าคานที่เสริมด้วยเหล็กทั้งส่วนแกน DB 12 มม. ปลอก RB 6 มม. ประมาณ 1.6 เท่า สำหรับการวิบัติของคานที่มีการเสริมด้วย GFRP ในส่วนแกนหรือส่วนปลอก จะแสดงรอยร้าวเมื่อคานวิบัติ ในขณะที่คานเสริมด้วยเหล็กเส้นมีการแสดงรอยร้าวแรกก่อนที่คานจะวิบัติ

คำสำคัญ แท่งไฟเบอร์กลาส, แรงบิด, มุมบิด

TORSION LOAD CAPACITY OF CONCRETE BEAM REINFORCED WITH GLASS FIBER REINFORCED POLYMER

Phuchit Jaksomsak¹ Nopphakan Kaja² Sahapat Supin³ Nisit Rungsurisaengthong⁴ Jessadaporn Sripakdee⁵
Worapan Nantawong⁶ and Bupavech Phansri^{7*}

^{1,2,3,4,5,6,7}Department of Civil Engineer Rajamangala University Technology of Lanna

*bupavech@rmutl.ac.th, 0840425923

Abstract

The purpose of this study was to study the torsion load capacity of concrete beam reinforced with glass fiber reinforced polymer. In this study, the test concrete beam sample size of 15 cm x 30 cm x 300 cm had been reinforced with 4 types of rebar and glass fiber rod using the same size and spacing. As a result, the concrete beam reinforced with main bar DB12 and stirrup GFRP 6 mm can receive the maximum torsional load at 757 kg-m and the maximum twist angle at 6°. With the equal twist, the concrete beams reinforced with the same main bar DB12 but different stirrup RB6 can receive the minimum load only at 688 kg-m. However, at a 4-degree twist, the reinforced beam with GFRP 12 in main and stirrup GFRP 6 in stirrup can received the greater torsional load than the beam with DB12 in main and stirrup RB 6 in stirrup around 1.6 times. For the failure of the beams reinforced with fiberglass in main or stirrup, the cracks showed when beams failed. In contrast, the reinforced beams with rebar typically showed the first cracks before failure.

Keywords: glass fiber reinforced polymer, GFRP, torsion load, twist angle

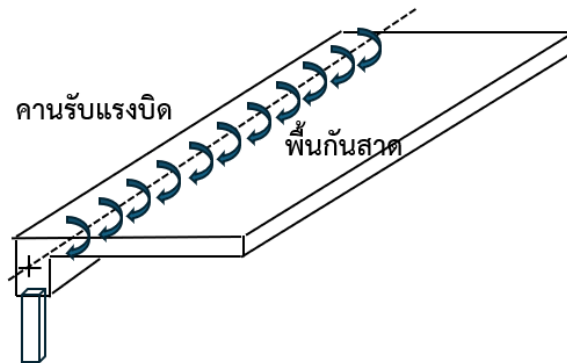
1. บทนำ

ปัจจุบันโครงสร้างอาคารส่วนใหญ่เป็นลักษณะคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีความสามารถในการรับแรงและมีความสามารถในการทนไฟได้ดี อีกทั้งราคาไม่สูงมากเมื่อเทียบกับโครงสร้างอื่น ๆ เช่น โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กยังมีข้อจำกัดในการใช้งานในโครงสร้างอาคารที่ติดพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีซัลเฟตสูง รวมถึงถ้างานก่อสร้างนั้นไม่ได้ตามมาตรฐาน อาจทำให้เหล็กเสริมภายในเกิดสนิม ทำให้โครงสร้างมีประสิทธิภาพการรับแรงได้ลดลงจากเดิม

จากปัญหาดังกล่าวได้มีการเริ่มใช้วัสดุแห่งไฟเบอร์กลาสมาใช้ทดแทนเหล็กเสริม เนื่องจากแห่งไฟเบอร์กลาส (GFRP) มีคุณสมบัติในการรับแรงดึงได้มากกว่าเหล็กเส้น อีกทั้งมีน้ำหนักเบา สะดวกในการใช้งานและไม่เกิดสนิมในโครงสร้าง ซึ่งในช่วงที่ผ่านมา มีงานวิจัย [1,2] ได้ทดสอบโครงสร้างคานและเสาคอนกรีตที่เสริมด้วยแห่งไฟเบอร์กลาส โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างคอนกรีตที่เสริมด้วย GFRP สามารถรับแรงได้ใกล้เคียงกับที่เสริมด้วยเหล็ก อย่างไรก็ตาม ในส่วนงานวิจัยดังกล่าว ยังไม่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมโครงสร้างคานที่รับแรงบิด ซึ่งโดยทั่วไปคานบางกรณีจำเป็นต้องออกแบบหน้าตัดเพื่อรับแรงบิดที่เกิดขึ้นได้ เช่น คานที่รับพื้นระเบียง ดังนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำแห่งไฟเบอร์กลาสมาเสริมในคานคอนกรีต เพื่อทดสอบพฤติกรรมกำลังรับแรงบิดตลอดจนศึกษาลักษณะการวิบัติของคานดังกล่าว

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงสร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่รองรับพื้นกันสาดจะรับแรงบิดกระจายต่อความยาวของคาน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องคำนึงผลของแรงบิดที่เกิดขึ้น นำมาออกแบบร่วมกับพฤติกรรมการรับแรงดัดและแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มุ่งใช้ GFRP มาทดแทนเหล็กเสริม ดังนั้นทางผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีของการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงบิด เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบหน้าตัดคาน และนำแห่ง GFRP มาแทนในเหล็กเส้นโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกัน



รูปที่ 1 พฤติกรรมการรับแรงบิดเนคาน

2.1 การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อรับแรงบิด

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาใช้วิธีกำลังในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อรับแรงบิด โดยพิจารณาการออกแบบเพื่อให้มีกำลังบิดที่เพียงพอตามมาตรฐาน ACI ที่กำหนดให้โมเมนต์บิดประลัยที่ต้องการ (T_u) ต้องมีค่าไม่เกินกำลังบิดที่องค์อาคารต้านทานได้ (T_n) โดยใช้ตัวคูณลดค่า ϕ เท่ากับ 0.85 ดังสมการ

$$T_u \leq \phi T_n \quad (1)$$

ดังนั้นค่าโมเมนต์บิดประลัยที่คำนวณได้ต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 25 ของโมเมนต์บิดแตกเร็ว (T_{cr}) ดังแสดงในสมการ

$$T_u \leq \frac{\phi T_{cr}}{4} \leq 0.275 \phi \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \quad (2)$$

โดยค่า f'_c คือกำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน A_{cp} คือพื้นที่ของหน้าตัดคาน และ p_{cp} คือเส้นรอบรูปหน้าตัด อย่างไรก็ตาม ถ้าค่าโมเมนต์บิดประลัยมีค่าเกินในสมการที่ (2) จะต้องเสริมเหล็กปลอกเพื่อต้านทานการบิด ดังสมการ

$$A_t = \frac{T_u S}{2\phi f_{yv} A_0} \quad (3)$$

โดย A_t คือปริมาณเหล็กปลอกที่ต้องการเพื่อต้านทานการบิดโดยพิจารณาที่หนึ่งขาของเหล็กปลอก f_{yv} คือกำลังครากของเหล็กเสริมทางขวาง $A_0 = 0.85A_{oh}$ โดย A_{oh} คือพื้นที่ที่ถูกโอบล้อมโดยเหล็กปลอก ซึ่งวัดตามแนวศูนย์กลางเหล็กปลอก

ในการนำเหล็กปลอกมารับแรงเฉือนและโมเมนต์บิด (A_{v+t}) สามารถพิจารณาตามสมการที่ (4) โดยเหล็กปลอกที่รับแรงเฉือน (A_v) จะคิดที่สองขาของเหล็กปลอก

$$\frac{A_{v+t}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s} \quad (4)$$

ทั้งนี้ค่า $\frac{A_{v+t}}{s}$ ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า $\frac{3.5b}{f_{yv}}$

สำหรับเหล็กนอนเพื่อต้านทานโมเมนต์บิด (A_l) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$A_l = \frac{A_t}{s} p_h \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \quad (5)$$

ทั้งนี้เหล็กนอนที่คำนวณได้นี้ จะวางกระจายตามเส้นรอบรูปหน้าตัดภายในเหล็กปลอกปิด โดยมีระยะห่างมากที่สุดไม่เกิน 30 ซม. และมีเหล็กอย่างน้อยหนึ่งเส้นในแต่ละมุมของเหล็กปลอก

2.2 คุณสมบัติของ GFRP

วัสดุแห่ง GFRP ผลิตขึ้นมาจากเส้นใยกลาสไฟเบอร์จำนวนมากที่ผ่านขบวนการดึงขึ้นรูปและเคลือบผิวด้วยเม็ดทรายเพื่อทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตได้อย่างดี โดยแห่ง GFRP มีความหนาแน่น เท่ากับ 1.25 – 2.10 กรัม/ลบ.ซม. ในขณะที่เหล็กมีค่าเท่ากับ 7.85 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งแห่ง GFRP มีความหนาแน่นน้อยกว่าเหล็กประมาณ 3 เท่า อย่างไรก็ตามในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตที่เสริมด้วยแห่ง GFRP ได้พิจารณาใช้คุณสมบัติพฤติกรรมรับแรงดึงเป็นส่วนหลัก โดยได้แสดงในตารางที่ 1 (3)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติด้านกำลังดึงของเหล็กและแห่ง GFRP (3)

คุณสมบัติ	เหล็ก	GFRP
กำลังครากระบุ (MPa)	300 - 500	-
กำลังประลัยระบุ (MPa)	480 - 1,600	480 - 690
มอดูลัสยืดหยุ่น (GPa)	200	30 - 50
ความเครียดที่จุดคราก (%)	0.14 - 0.25	-
ความเครียดที่จุดวิบัติ (%)	6.0 - 12.0	1.2 - 3.1

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ ได้ศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงบิดของคานคอนกรีตหน้าตัด 15 ซม. x 30 ซม. x 300 ซม. ที่เสริมด้วยเหล็กเส้น และแท่ง GFRP ทั้งหมด 4 รูปแบบ โดยเริ่มจากการออกแบบหน้าตัด เตรียมแบบหล่อตัวอย่าง และทดสอบกำลังรับแรงบิดของคาน โดยได้แสดงขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ออกแบบหน้าตัดคาน

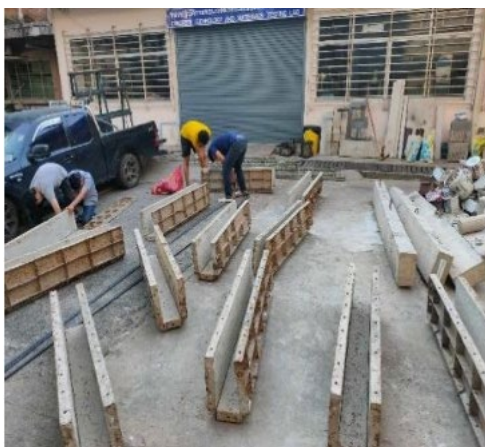
ในการออกแบบหน้าตัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงบิดใช้วิธีกำลัง โดยพิจารณาใช้เงื่อนไขจากคานที่รับพื้นยื่นขนาดความหนา 0.8 m มีระยะยื่น 1 m. รับน้ำหนักบรรทุกจร 100 กก./ตร.ม. ทำให้คานรับโมเมนต์บิดใช้งาน 290 กก.-ม./ม. ซึ่งทางผู้วิจัยได้ออกแบบใช้ขนาดหน้าตัดคานขนาด 15 ซม. x 30 ซม. กำหนดใช้กำลังอัดประลัยคอนกรีตที่อายุ 28 วันเท่ากับ 210 กก./ตร.ซม. (รูปทรงกระบอก) มีการเสริมเหล็กแกน 4 DB12 ชั้นคุณภาพ SD40 และเหล็กปลอก RB6 ชั้นคุณภาพ SR24 @ 0.125 ม. และได้เลือกใช้แท่ง GFRP ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. แทนเหล็กแกน และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. แทนเกลียว แทนเหล็กปลอก โดยได้แบ่งการเสริมคานคอนกรีตทั้งหมดเป็น 4 รูปแบบดังนี้

ตารางที่ 2 รูปแบบตัวอย่างคาน

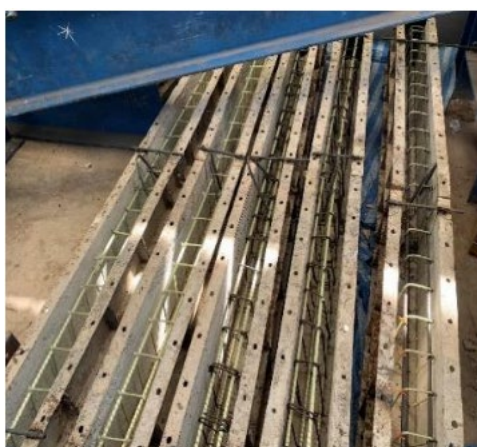
รูปแบบคาน	วัสดุเสริม			
	ส่วนแกน		ส่วนปลอก	
	GFRP	เหล็ก	GFRP	เหล็ก
แบบที่ 1	-	4DB12	-	RB6@0.125m
แบบที่ 2	-	4DB12	φ6@0.125m	-
แบบที่ 3	4φ12	-	φ6@0.125m	-
แบบที่ 4	4φ12	-	-	RB6@0.125m

3.2 การเตรียมตัวอย่างคาน

สำหรับการเตรียมตัวอย่างคาน ได้เริ่มจากเตรียมแบบหล่อตามขนาดคาน 15 ซม. x 30 ซม. x 300 ซม. และวางเหล็กเส้นและแท่ง GFRP ตามรูปแบบคานในตารางที่ 2 โดยแต่ละรูปแบบเตรียมแบบหล่อละ 2 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 8 ตัวอย่าง จากนั้นเทคอนกรีตที่กำลังอัดประลัย 210 ksc ลงในแบบ พร้อมกับเก็บตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกไว้ตรวจสอบกำลังอัดของคอนกรีต หลังทิ้งไว้ 1 วันได้ถอดแบบและทำการบ่มโดยหุ้มพลาสติกใสไว้ 28 วัน ดังแสดงขั้นตอนในรูปที่ 2



(ก) เตรียมแบบหล่อ



(ข) นำเหล็กและแท่ง GFRP ใส่ลงในแบบหล่อ



(ค) ใช้เครื่องสั่นคอนกรีต



(ง) ปมคานคอนกรีตด้วยพลาสติกใส

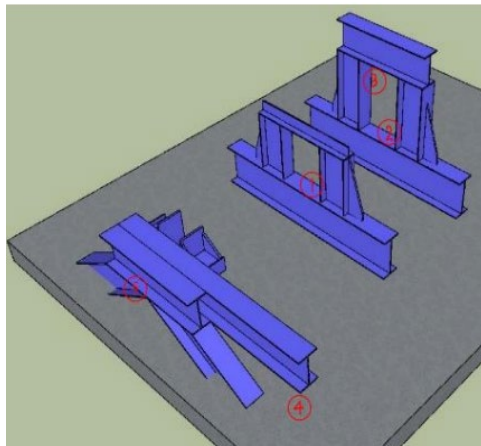
รูปที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

3.3 การทดสอบคานรับแรงบิด

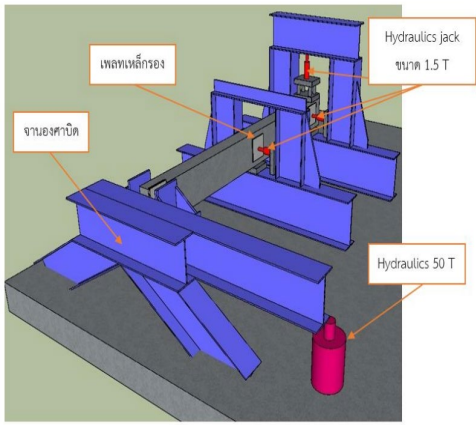
การทดสอบแรงบิดของคานคอนกรีตจะทดสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบรับแรงบิด (torsion testing machine) ในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในรูปที่ 2 ทั้งนี้ได้กำหนดความยาวของคานในช่วงรับแรงบิดเท่ากับ 150 ซม. และใช้ระยะแขนจากแรงกระทำที่ผ่านเครื่องดันไฮดรอลิกถึงคานตัวอย่างเท่ากับ 135 ซม. โดยในการทดสอบจะให้แรงกระทำสม่ำเสมอทุกๆ 0.5 กิโลนิวตัน พร้อมทั้งบันทึกมุมบิด และลักษณะการแตกร้าว จนไปถึงคานวิบัติ



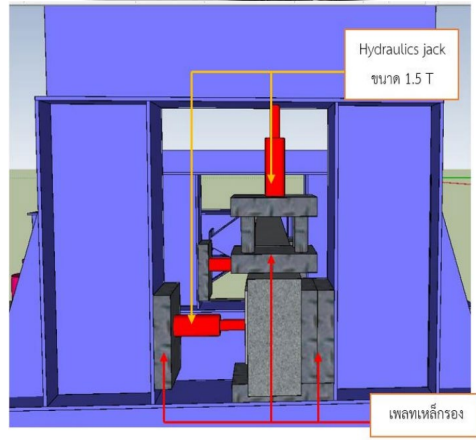
(ก) เครื่องมือทดสอบรับแรงบิด



(ข) จำลองเครื่องมือทดสอบรับแรงบิด



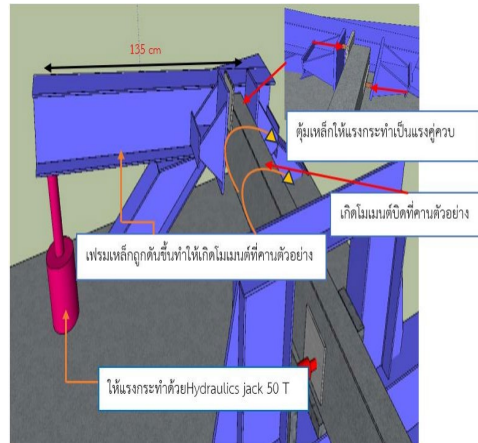
(ค) ตำแหน่งอุปกรณ์



(ง) ตำแหน่งเครื่องอัดไฮดรอลิก



(จ) การให้แรงบิดในคาน



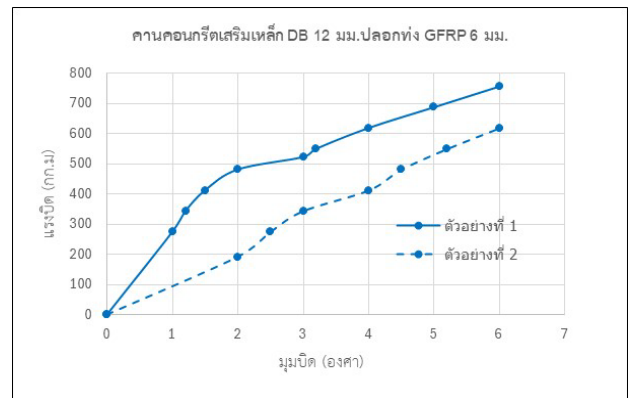
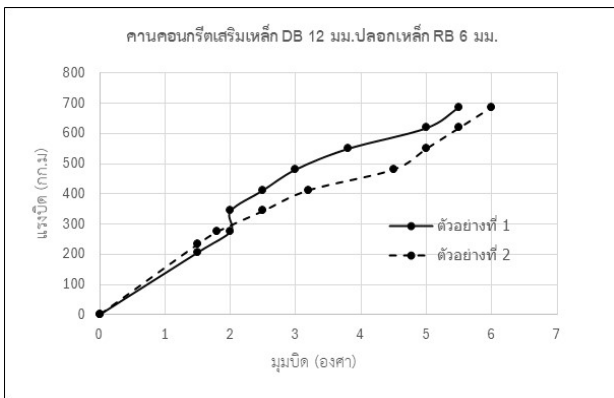
(ฉ) จำลองการให้แรงบิดในคาน

รูปที่ 3 แสดงการทดสอบคานรับแรงบิด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงบิดของคาน

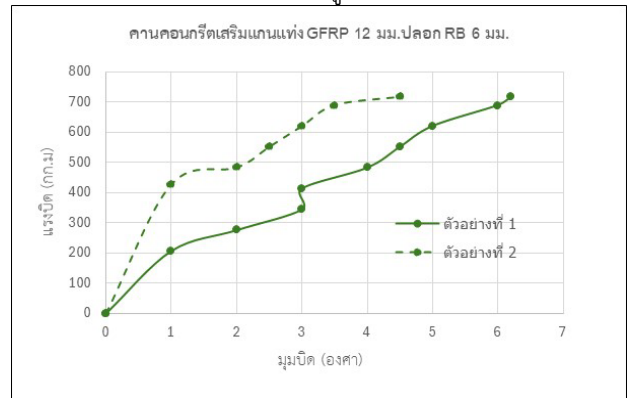
จากผลการทดสอบของการรับแรงบิดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กเส้นและแท่ง GFRP ใน 4 รูปแบบข้างต้น ได้แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับมุมบิด ในรูปที่ 4 ซึ่งคานรูปแบบที่ 3 ในตัวอย่างที่ 2 ได้เกิดข้อผิดพลาดในการติดตั้งชิ้นตัวอย่างกับเครื่องมือทำให้ชิ้นตัวอย่างมีผลที่แสดงแตกต่างกันชัดเจน อย่างไรก็ตามเพื่อจะแสดงผลการเปรียบเทียบทั้ง 4 รูปแบบทางผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกตัวแทนตัวอย่างแต่ละรูปแบบที่แสดงผลค่าแรงบิดที่สูงสุดเมื่อเทียบกับมุมบิดเดียวกันมาแสดงในรูปที่ 5



(ก) คานรูปแบบที่ 1



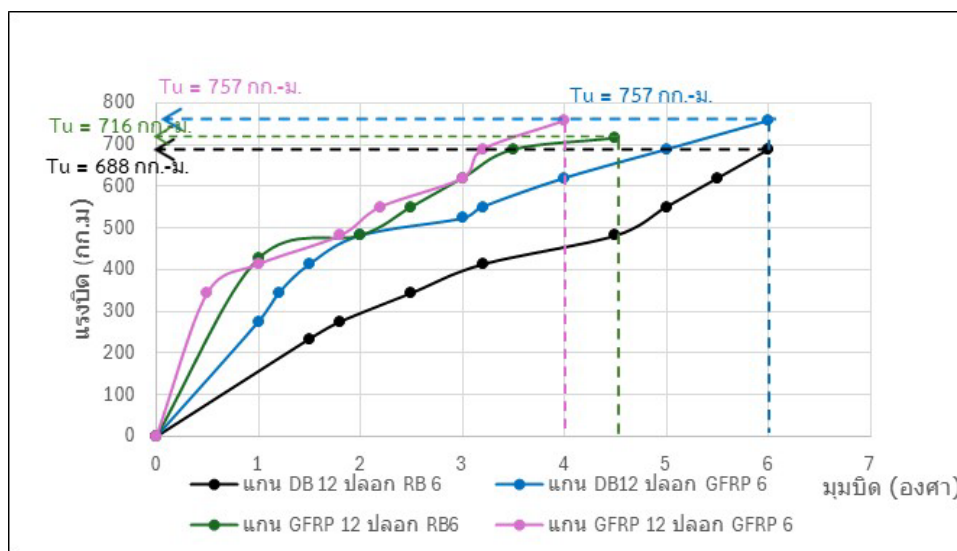
(ข) คานรูปแบบที่ 2



(ค) คานรูปแบบที่ 3

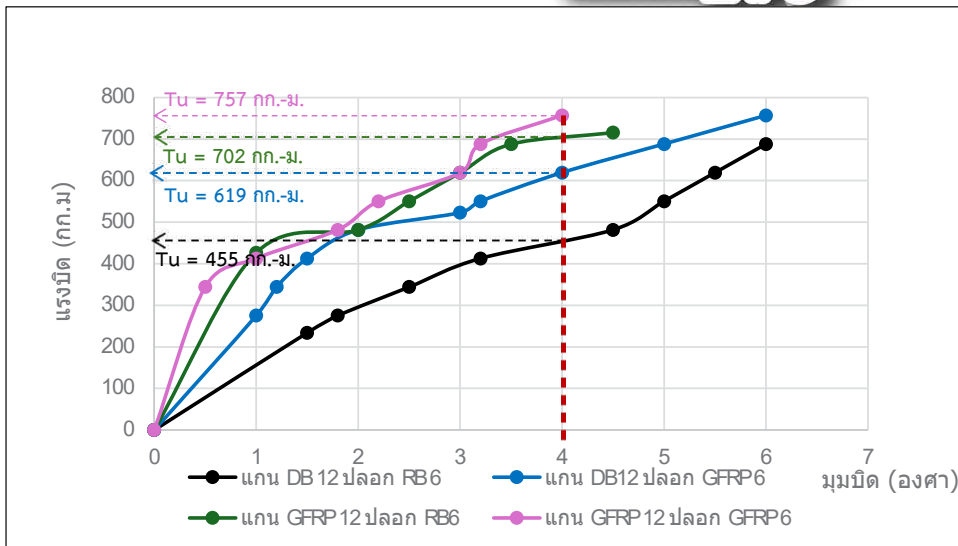
(ง) คานรูปแบบที่ 4

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์แรงบิดกับมุมบิดในคาน 4 รูปแบบ



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบแรงบิดกับมุมบิดในคาน 4 รูปแบบ

จากผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับมุมบิดทั้งคาน 4 รูปแบบ พบว่ากำลังรับแรงบิดสูงสุดของคานตัวอย่างที่เสริมด้วยแท่ง GFRP ทั้งแกนและปลูก และคานตัวอย่างที่เสริมด้วยเหล็กเส้นในส่วนแกนและด้วยแท่ง GFRP ในส่วนปลูก มีความสามารถในการรับแรงบิดได้สูงสุดเท่ากับ 757 กก.-ม. และคานที่เสริมแกนและปลูกด้วยเหล็กเส้นจะมีความสามารถรับแรงบิดได้น้อยสุดเท่ากับ 688 กก.-ม. ซึ่งจะเห็นว่าคานที่เสริมในส่วนแกนและปลูกด้วยแท่ง GFRP จะสามารถรับแรงบิดได้มากกว่าคานที่เสริมในส่วนแกนและเหล็กปลูกด้วยเหล็กเส้นเมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่ง GFRP และเหล็กเส้นเท่ากัน เนื่องจากผลของคุณสมบัติของแท่ง GFRP ที่มีค่ากำลังดึงสูงสุดมากกว่าเหล็กเสริม แต่คานที่เสริมด้วยแท่ง GFRP จะเกิดมุมบิดน้อยกว่าคานที่เสริมด้วยเหล็กเส้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่แท่ง GFRP มีค่าต่ำกว่าเหล็กเส้น อย่างไรก็ตามทางผู้วิจัยได้แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและมุมบิดที่ 4 องศา เปรียบเทียบทั้งคาน 4 รูปแบบ เพื่อให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 6 โดยที่คานที่เสริมด้วยแกนไฟเบอร์กลาสทั้งแกนและปลูกจะมีความสามารถในการรับแรงบิดได้สูงสุดเท่ากับ 757 กก.-ม. รองลงมาจะเป็นคานคอนกรีตเสริมแกนแท่งไฟเบอร์กลาสและปลูกเหล็กเส้นรับแรงบิดเท่ากับ 702 กก.-ม. ส่วน อันดับที่สามารถคานคอนกรีตเสริมแกนเหล็กเส้นและปลูกด้วยแกนไฟเบอร์กลาสรับแรงบิดเท่ากับ 619 กก.-ม. และอันดับสุดท้ายคานคอนกรีตเสริมแกนและปลูกด้วยเหล็กเส้นรับแรงบิดเท่ากับ 455 กก.-ม.



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์แรงบดกับมมบดที่ 4 องศาในคาน 4 รูปแบบ

4.2 ลักษณะการเสียหายของคาน

จากผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงบดของคานคอนกรีตที่เสริมด้วยเหล็กเส้น และแท่ง GFRP ทั้ง 4 รูปแบบ พบว่าหลังจากที่คานทั้ง 4 รูปแบบได้รับแรงบด จะเกิดรอยร้าวคล้ายกันเป็นลักษณะเอียง 45 องศาที่ผิวคอนกรีต โดยคานคอนกรีตที่เสริมและปลอกด้วยเหล็กเสริมจะแสดงรอยร้าวแรกได้เห็นชัดเจนบริเวณใกล้จุดรองรับและจะสังเกตเห็นรอยร้าวกระจายเพิ่มขึ้นจนถึงคานวิบัติ ในขณะที่คานคอนกรีตที่เสริมด้วยแท่ง GFRP ทั้งแกนและปลอก จะเกิดรอยร้าวกระจายพร้อมๆกันเมื่อตัวอย่างวิบัติ โดยไม่ได้แสดงรอยร้าวแรก เนื่องจากทั้งคานคอนกรีตและแท่ง GFRP เป็นวัสดุเปราะ สำหรับคานที่เสริมแกนด้วยเหล็กและปลอกด้วยแท่ง GFRP จะสังเกตเห็นรอยร้าวแรกบริเวณช่วงกลาง และกระจายไปจนถึงการวิบัติ ทั้งนี้คานที่เสริมแกนด้วยแท่ง GFRP และปลอกด้วยเหล็ก จะสังเกตเห็นรอยร้าวแรกบริเวณจุดรองรับ



(ก) คานคอนกรีตเสริมแกน DB ปลอก RB



(ข) คานคอนกรีตเสริมแกน DB ปลอก GFRP



(ค) คานคอนกรีตเสริมแกน GFRP ปลอก GFRP



(ง) คานคอนกรีตเสริมแกน GFRP ปลอก RB

รูปที่ 7 ลักษณะความเสียหายในคาน 4 รูปแบบ

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงบิดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กเส้นและแท่งไฟเบอร์กลาสทั้ง 4 รูปแบบ มีผลสรุปดังนี้

5.1 ในงานวิจัยนี้พบว่าคานคอนกรีตที่เสริมแกนและปลอกด้วยแท่ง GFRP กับคานที่เสริมแกนด้วยเหล็กเส้นและปลอกด้วยแท่ง GFRP มีความสามารถในการรับแรงบิดได้สูงสุดเท่ากัน โดยคานคอนกรีตที่เสริมแกนด้วยเหล็กเส้นจะเกิดมุมบิดมากกว่าที่เสริมด้วยแกน GFRP สำหรับคานที่เสริมด้วยแกน GFRP และปลอกเหล็กจะสามารถรับแรงบิดสูงสุดรองลงมาจาก 2 รูปแบบแรก และเกิดมุมบิดที่ใกล้เคียงกับคานที่เสริมแกนและปลอกด้วย GFRP ในขณะที่คานคอนกรีตเสริมทั้งแกนและปลอกด้วยเหล็กเส้นรับแรงบิดได้น้อยที่สุด แต่เกิดมุมบิดที่มากที่สุดเท่ากับกรณีคานที่เสริมด้วยแกนเหล็กและปลอก GFRP ซึ่งจะเห็นได้ว่ากรณีคานที่เสริมแกนด้วยเหล็กเส้น จะเกิดมุมบิดมากกว่าคานที่เสริมด้วยแกนแท่ง GFRP และถ้าหากพิจารณาองศาบิดจะเห็นได้ว่าคานคอนกรีตที่เสริมด้วยแท่งไฟเบอร์กลาสทั้งแกนและปลอกจะมีมุมบิดที่น้อยกว่าคานที่เสริมด้วยเหล็ก ซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติของเหล็กเส้นไฟเบอร์กลาสที่วัสดุมีการยืดตัวน้อยกว่าเหล็ก

5.2 เมื่อพิจารณาที่มุมบิด 4 องศาคานคอนกรีตที่เสริมด้วยแท่งไฟเบอร์กลาสทั้งแกนและปลอก มีค่ากำลังรับแรงบิดมากกว่าคานคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งแกนและปลอกประมาณ 1.6 เท่า แต่เกิดมุมบิดสูงสุดได้น้อยกว่าคานที่เสริมแกนและปลอกด้วยเหล็กถึง 33 % อย่างไรก็ตามคานคอนกรีตที่เสริมแกนด้วยเหล็กและปลอกด้วยแท่ง GFRP สามารถรับแรงบิดได้สูงสุดสัมพันธ์กับมุมบิดได้สูงสุด

5.3 พฤติกรรมการเสียหายของคานคอนกรีตเสริมเหล็กและแท่ง GFRP ทั้ง 4 รูปแบบ จะสังเกตเห็นรอยร้าวคล้ายกันคือ รอยร้าวแรกจะเกิดขึ้นบริเวณที่จูดรองรับก่อนซึ่งเป็นไปตามพฤติกรรมของคานยื่นที่จะมีโมเมนต์บิดสูงสุดตรงรองรับรอยร้าวที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเอียง 45 องศาจากท้องคานไปถึงขอบคานด้านบน โดยคานคอนกรีตที่เสริมด้วยเหล็กเส้นในส่วนแกนและในส่วนปลอก และคานที่เสริมด้วยเหล็กและแท่ง GFRP ในส่วนแกนหรือในส่วนปลอกจะสังเกตเห็นรอยร้าวแรกชัดเจน ในขณะที่คานคอนกรีตที่เสริมด้วยแท่ง GFRP อย่างเดียวในส่วนแกนและส่วนปลอกจะไม่แสดงรอยร้าวแรกแต่อย่างใด ทั้งนี้จะแสดงรอยร้าวเมื่อคานวิบัติแล้วเท่านั้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท King's Bar ที่ให้การสนับสนุนแท่ง GFRP ขนาด 6 มม. และบริษัท เซลลูล่าปิม (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนแท่ง GFRP ขนาด 12 มม.

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนะพล ขาวสะอาด, ภูวนันท์ เทวภักดี และยุทธวิรัช แก้วธิดา. (2563). พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริม เหล็กเส้นไฟเบอร์กลาส (ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- [2] กัณฑ์เมษฐ์ ธนันใจเจริญวงศ์, ธรรพันธ์ ออมแย้ม, ภาคิน บุญมาคำ. (2565). การรับแรงต้านข้างของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาคอนกรีตเสริมด้วยแท่งไฟเบอร์กลาส (ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยมหาวิทาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- [3] คณะกรรมการจัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2566). คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย พ.ศ. 2566. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] วินิต ช่อวิเชียร และวรนิติ ช่อวิเชียร. (2560). การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. กรุงเทพฯ: 12/1 ซอยทองหล่อ ถ.วิภาวดีรังสิต จตุจักร กรุงเทพฯ.
- [5] มงคล จิรวัชรเดช. (2562). การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง. นครราชสีมา: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องครัว โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง

สิริขวัญ เงามาม¹ และบัญชา อริยะจรรยา^{2*}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

*bancha@eng.buu.ac.th, 038 102 222 ต่อ 3390

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องครัว โดยประยุกต์เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลบางส่วน (2^{4-1}) วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์และกำหนดค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัจจัยเหล่านั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีซึ่งประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ระยะห่างในการพ่น การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี การปรับหมุนสกรูปริมาณสี และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ระยะห่างในการพ่น 250 มิลลิเมตร การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี 2.5 รอบ การปรับหมุนสกรูปริมาณสี 14 รอบ และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น 2 บาร์ เป็นค่าปรับตั้งของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์จาก 23.15% เป็น 49.11%

คำสำคัญ กระบวนการพ่นสี ผลิตภัณฑ์เครื่องครัว การออกแบบการทดลอง

IMPROVING INTERIOR COATING PROCESS EFFICIENCY FOR KITCHENWARE USING DESIGN OF EXPERIMENTS

Sirikhwan Ngaongam¹ and Bancha Ariyajunya^{2*}

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University 169 Longhard Bangsaen Beach Rd., Saensook, Muang, Chonburi, 20131

*bancha@eng.buu.ac.th, 038 102 222 ext. 3390

Abstract

The purpose of this research is to improve interior coating process efficiency for kitchenware. Fractional factorial design (2^{4-1}) technique was applied to determine the influence factors and the optimal factor settings to improve coating process efficiency. There were 4 main factors including spray distance, fan pattern control knob, fluid control knob, and air pressure. The result from the statistical analysis indicated that 250 millimeter of spray distance, 2.5 round of fan pattern control knob, 14 round of fluid control knob, and 2 bar of air pressure were the optimal set point that can increase the interior coating process efficiency from 23.15% to 49.11%.

Keywords: Coating Process, Kitchenware, Design of Experiments

1. บทนำ

กระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญของบริษัทการศึกษาซึ่งเป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องครัวที่ทำจากโลหะ จากการศึกษากระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์พบว่า ประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) ของหลายผลิตภัณฑ์ต่ำถึง 20% ซึ่งส่งผลให้เกิดละอองสีที่ฟุ้งกระจายมากเกินไปจนความจำเป็น เกิดความสูญเสียเปลืองค่าของสีทำให้ต้นทุนกระบวนการพ่นสีภายในเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์ บางปัจจัยมีความสัมพันธ์กัน ประกอบกับต้องควบคุมความหนาของสีให้เป็นไปตามข้อกำหนดด้วย จึงทำให้การปรับตั้งค่าปัจจัยต่าง ๆ มีความซับซ้อน ดังนั้น เทคนิคการออกแบบการทดลองจึงถูกใช้เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์และกำหนดค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัจจัยเหล่านั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีและควบคุมให้ความหนาสีพ่นเป็นไปตามข้อกำหนด

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพ่นสี (ประสานพงษ์ หาเรือนชัย, 2559) จะอาศัยหลักการอัดตัวของอากาศให้ทางเดินผ่านรูลมของปืนพ่นสี ทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นที่หัวจ่ายสีจึงทำให้สีถูกดูดลงหรือดูดขึ้น และถูกกำลังดันลมตีทำให้เกิดเป็นฝอยละอองบาง ๆ เกาะติดผิวของชิ้นงาน ประสิทธิภาพและคุณภาพของกระบวนการพ่นสีจะเกี่ยวข้องกับการปรับตั้งค่าอุปกรณ์ที่หลากหลายให้สอดคล้องเหมาะสมกัน (พชร เสถียรยุทธ์, 2559)

การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment : DOE) (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551) เป็นเทคนิคการทดลองที่มีแบบแผน เพื่อทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ (Output or Response) เมื่อปัจจัยนำเข้า (Factor) เปลี่ยนแปลงไป ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติในการปรับค่าสภาวะหรือผลลัพธ์ของกระบวนการที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่หลากหลายและซับซ้อนให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการออกแบบการทดลองเป็นเทคนิคมีประสิทธิภาพ และแม่นยำมากกว่าการลองผิดลองถูก (Trial & Error) จึงเป็นที่นิยมสำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการ นอกจากนี้การออกแบบการทดลองมีรูปแบบที่หลากหลายให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมสำหรับแต่ละกรณีของปัญหา (ณัชชา พลศิลป์, 2553; บุญชัย แซ่ลิว และณัฐธยาน์ ไสกุล, 2559; ปาพจณี ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, 2561)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

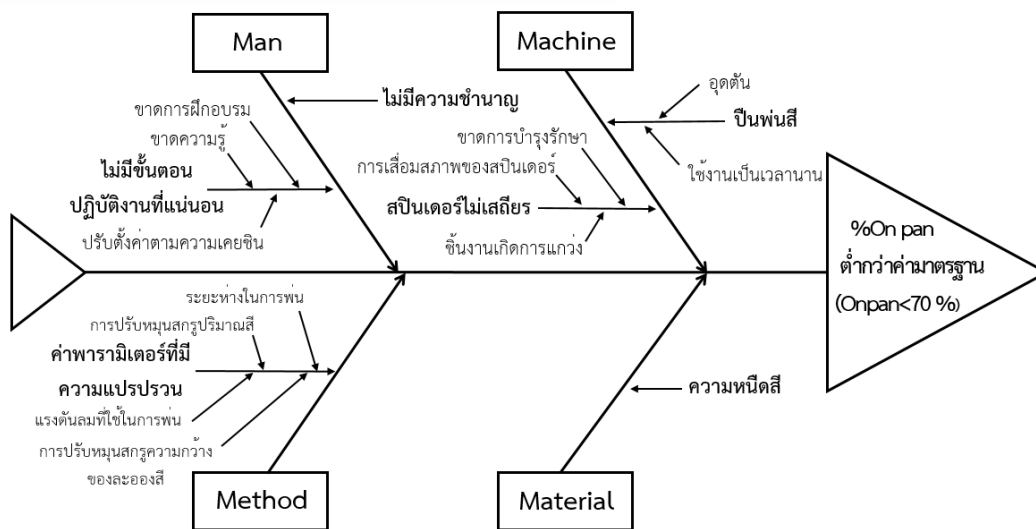
การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสำรวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการ 2) การเลือกปัจจัยระดับปัจจัย และตัวแปรตอบสนอง 3) การเลือกการออกแบบการทดลอง 4) การทำการทดลอง 5) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และ 6) การสรุปผลการทดลอง สำหรับผลการทดลอง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลอง จะถูกนำเสนอรายละเอียดในส่วนผลการวิจัย และสรุปและอภิปรายผล ตามลำดับต่อไป

1) การสำรวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการ

จากการศึกษากระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์พบว่า ประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) ค่อนข้างต่ำ และเลือกผลิตภัณฑ์ A ซึ่งมีแนวโน้มยอดขายเพิ่มขึ้นแต่ประสิทธิภาพของกระบวนการพ่นสีภายในต่ำที่ 23.15% สำหรับบทความนี้จะแสดงการศึกษาของการพ่นสีรองพื้นปีนที่1เท่านั้น

2) การเลือกปัจจัย ระดับปัจจัย และตัวแปรตอบสนอง

ทำการระดมสมองกับผู้ที่มีความรู้ความชำนาญของกระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์โดยใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) ดังรูปที่ 1 และกำหนดตัวแปรตอบสนองสำหรับการทดลอง รวมถึงวิธีการวัดผลตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 1 แผนผังก้างปลาแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะต่ำกว่ามาตรฐาน

จากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ เกิดจากปัจจัยด้านเครื่องจักร (Machine) คือ ปิ่นพ่นสี และสปีดเดอร์ไม่เสถียร และปัจจัยด้านวิธีการ (Method) คือ ค่าพารามิเตอร์ที่มีความแปรปรวนหรือมีการเปลี่ยนแปลงค่าปรับตั้งใหม่อยู่เสมอ

ปัจจัยด้านเครื่องจักรนั้นจะควบคุมหรือปรับปรุงโดยการตรวจสอบและบำรุงรักษาปิ่นพ่นสีให้อยู่ในสภาพที่ดีอยู่เสมอ ก่อนทำการพ่นสี ส่วนสปีดเดอร์จะคัดเลือกสปีดเดอร์ที่มีความเสถียรมากที่สุดทำการทดลอง ดังนั้นปัจจัยสำหรับการศึกษาทดลองจะคัดเลือกจากปัจจัยด้านวิธีการ โดยพิจารณาจากบันทึกการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการพ่นสีในอดีตที่มีการเปลี่ยนแปลงปรับตั้งค่าใหม่อยู่เสมอ เป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ และสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ง่าย โดยไม่มีผลกระทบต่อเวลาในการผลิตมากนัก พบว่า มี 4 ปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างในการพ่น การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี การปรับหมุนสกรูปริมาณสี และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่ค่าปรับตั้งไม่เปลี่ยนแปลงจะใช้ค่าจากบันทึกในอดีตเป็นปัจจัยคงที่สำหรับการทดลอง

การกำหนดระดับปัจจัยสำหรับการทดลองทั้ง 4 ปัจจัย แสดงดังตารางที่ 1 อ้างอิงจากบันทึกการปรับตั้งค่าในอดีต โดยค่าระดับต่ำ และค่าระดับสูง ของปัจจัยกำหนดด้วยค่าต่ำสุด และ ค่าสูงสุดของบันทึกการปรับตั้งค่าในอดีตตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าระดับปัจจัยในการทดลองของปิ่นพ่นสีที่ 1

ปัจจัยในการทดลอง	ค่าระดับปัจจัยในการทดลอง			หน่วย
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
A. ระยะห่างในการพ่น	250	260	270	มิลลิเมตร
B. การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี	1.5	2	2.5	รอบ
C. การปรับหมุนสกรูปริมาณสี	14	16	18	รอบ
D. แรงดันลมที่ใช้ในการพ่น	2	2.5	3	บาร์

ตัวแปรตอบสนองนั้นนอกจากการวัดประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) ซึ่งจะคำนวณจากสมการที่ (1) แล้ว ค่าความหนาสี (Dry Flim Thickness : DFT) และ ข้อบกพร่อง (Defect) จะต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อหาค่าปรับตั้งของปัจจัยที่เหมาะสม ที่ทำให้ประสิทธิภาพของสีที่พ่นภายใน (%Onpan) สูงที่สุด ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาสี และไม่มีข้อบกพร่องตามข้อกำหนด

$$\%Onpan = (\text{น้ำหนักสีบนชิ้นงาน} / \text{น้ำหนักสีที่ใช้ในการพ่น 1 ครั้ง}) \times 100 \quad (1)$$

การวัดค่าความหนาสี (Dry Flim Thickness : DFT) จะใช้เครื่องวัดความหนาสีภายหลังที่ขึ้นงานผ่านกระบวนการอบสี โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยของการวัด 5 จุดของชิ้นงานตามข้อกำหนด

การประเมินระดับข้อบกพร่อง ได้แก่ สีโดนขอบชิ้นงาน (Df1) และ สีเยิ้ม (Df2) ประเมินเป็น 7 ระดับคะแนน ตั้งแต่ระดับ 1 คะแนน (น้อยที่สุด) ถึง 7 คะแนน (มากที่สุด) โดยนำชิ้นงานทั้งหมดจากการทดลองตรวจสอบข้อบกพร่องและเรียงลำดับแบ่งกลุ่มจากกลุ่มชิ้นงานที่มีระดับข้อบกพร่องน้อยที่สุดไปมากที่สุด

3) การเลือกการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองนี้ต้องการศึกษาผลต่อตัวแปรตอบสนอง ได้แก่ ประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) ค่าความหนาสี (Dry Flim Thickness : DFT) และ ข้อบกพร่อง (Defect) จากปัจจัยของค่าปรับตั้งทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างในการพ่น การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี การปรับหมุนสกรูปริมาณสี และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น สำหรับกรณีศึกษาได้ใช้วิธีออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลบางส่วนแบบสองระดับ (2^{4-1}) เพื่อศึกษาอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ในเบื้องต้น และเพิ่มจุดกึ่งกลาง 3 จุด เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (Curvature) ของตัวแปรตอบสนอง เนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรชิ้นงานสำหรับการทดลองจึงกำหนดให้มีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ดังนั้นจำนวนชิ้นงานทั้งหมดสำหรับการทดลองเท่ากับ 27 ชิ้นงาน

4) การทำการทดลอง

ทำการทดลองตามแบบแผนการออกแบบการทดลอง และติดตามกระบวนการอย่างระมัดระวัง

5) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปร วิเคราะห์ผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลบางส่วนแบบสองระดับ วิเคราะห์ผลการตอบสนองที่ดีที่สุด และทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการวิจัย

6) การสรุปผลการทดลอง

เปรียบเทียบกับวิธีการปรับตั้งค่าแบบเดิม และสรุปผล

4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินการทดลองตามแบบแผนการออกแบบการทดลอง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ แสดงดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของผลตอบสนอง %Onpan ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง %Onpan เมื่อตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลโดยพิจารณาค่า p-value ที่มากกว่า 0.05 (วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์, 2558) ดังตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลได้แก่ ระยะห่างในการพ่น (A) ความกว้างของละอองสี (B) และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น (D) ปัจจัยร่วมระหว่างสองปัจจัยที่มีอิทธิพล ได้แก่ ระยะห่างในการพ่นและความกว้างของละอองสี (A*B) ระยะห่างในการพ่นและปริมาณสี (A*C) และ ระยะห่างในการพ่นและแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น (A*D) อย่างไรก็ตามปัจจัยปริมาณสี (C) ไม่ถูกตัดออกเนื่องจากผลของปัจจัยร่วม (A*C) ตัวแปรของผลตอบสนอง %Onpan แสดงดังสมการที่ (2) $\%Onpan = 100.2 + 0.072A + 19.9B + 8.57C - 70.7D - 0.1478A*B - 0.0327A*C + 0.2178A*D$

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง %Onpan หลังตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลออก

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	3409.16	487.02	376.30	0.000
A	1	98.46	98.46	76.07	0.000
B	1	2061.46	2061.46	1592.81	0.000
C	1	0.48	0.48	0.37	0.548
D	1	1196.95	1196.95	924.84	0.000
A*B	1	13.10	13.10	10.12	0.005
A*C	1	10.26	10.26	7.93	0.011
A*D	1	28.45	28.45	21.98	0.000
Error	19	24.59	1.29		
Curvature	1	0.57	0.57	0.43	0.521
Pure Error	18	24.02	1.33		
Total	26	3433.75			

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.13764	99.28%	99.02%	98.46%

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของผลตอบสนอง DFT

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง DFT เมื่อตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลโดยพิจารณาค่า p-value ที่มากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 3 พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 4 มีอิทธิพลทั้งหมด ปัจจัยร่วมระหว่างสองปัจจัยที่มีอิทธิพล ได้แก่ ระยะห่างในการพ่นและ ปริมาณสี (A*C) ตัวแบบของผลตอบสนอง DFT แสดงดังสมการที่ (3)

$$DFT = - 358.9 + 1.495A - 7.448B + 29.88C - 2.490D - 0.1106A*C \quad (3)$$

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง DFT หลังตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลออก

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	791.958	158.392	56.93	0.000
A	1	181.280	181.280	65.16	0.000
B	1	332.866	332.866	119.65	0.000
C	1	123.216	123.216	44.29	0.000
D	1	37.201	37.201	13.37	0.001
A*C	1	117.395	117.395	42.20	0.000
Error	21	58.423	2.782		
Curvature	1	0.003	0.003	0.00	0.976
Lack-of-Fit	2	9.441	4.721	1.73	0.205
Pure Error	18	48.979	2.721		
Total	26	850.381			

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.66794	93.13%	91.49%	87.97%

3) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของผลตอบสนอง Df1

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง Df1 เมื่อตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลโดยพิจารณาค่า p-value ที่มากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 4 พบว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลได้แก่ ระยะห่างในการพ่น (A) และความกว้างของละอองสี (B) ปัจจัยร่วมระหว่างสองปัจจัยที่มีอิทธิพล ได้แก่ ระยะห่างในการพ่นและความกว้างของละอองสี (A*B) ตัวแบบของผลตอบสนอง Df1 แสดงดังสมการที่ (4)

$$Df1 = - 30.6 + 0.1042A + 23.08B - 0.0750A*B \quad (4)$$

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง Df1 หลังตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลออก

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	85.4583	28.4861	52.24	0.000
A	1	5.0417	5.0417	9.25	0.006
B	1	77.0417	77.0417	141.29	0.000
A*B	1	3.3750	3.3750	6.19	0.021
Error	23	12.5417	0.5453		
Curvature	1	0.3750	0.3750	0.68	0.419
Lack-of-Fit	4	4.1667	1.0417	2.34	0.094
Pure Error	18	8.0000	0.4444		
Total	26	98.0000			

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.738437	87.20%	85.53%	82.13%

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของผลตอบสนอง Df2

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง Df2 เมื่อตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลโดยพิจารณาค่า p-value ที่มากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 5 พบว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลได้แก่ ความกว้างของละอองสี (B) ปริมาณสี (C) และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น (D) ไม่มีปัจจัยร่วมระหว่างสองปัจจัยที่มีอิทธิพล ตัวแบบของผลตอบสนอง Df2 แสดงดังสมการที่ (5)

$$Df2 = 17.11 - 3.583B - 0.1875C - 1.250D \quad (5)$$

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตอบสนอง Df2 หลังตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลออก

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	89.792	29.9306	42.28	0.000
B	1	77.042	77.0417	108.83	0.000
C	1	3.375	3.3750	4.77	0.039
D	1	9.375	9.3750	13.24	0.001
Error	23	16.282	0.7079		
Curvature	1	0.782	0.7824	1.11	0.303
Lack-of-Fit	4	2.167	0.5417	0.73	0.582
Pure	18	13.333	0.7407		
Error					
Total	26	106.074			

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.841386	84.65%	82.65%	79.24%

การตรวจสอบกราฟส่วนตกค้าง (Residual Plots) ของตัวแบบผลตอบสนอง %Onpan ค่าความหนาสี (Dry Flim Thickness : DFT) ข้อบกพร่องสีโดนขอบชิ้นงาน (Df1) และ ข้อบกพร่องสีเยิ้ม (Df2) พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายค่อนข้างปกติสอดคล้องกับแผนภูมิฮิสโทแกรม และแผนภูมิ Normal Probability Plot ส่วนความแปรปรวนของค่าส่วนตกค้างเมื่อเทียบกับค่าพยากรณ์พบว่ามีแนวโน้มเล็กน้อย และความเป็นอิสระของค่าส่วนตกค้าง พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวแบบสุ่ม ดังนั้น ตัวแบบพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบสนองและปัจจัยต่าง ๆ ดังสมการที่ (2) ถึง (5) มีคุณสมบัติเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์หาผลตอบสนองที่ดีที่สุดในช่วงขั้นตอนต่อไป

5) ผลการวิเคราะห์ผลการตอบสนองที่ดีที่สุด

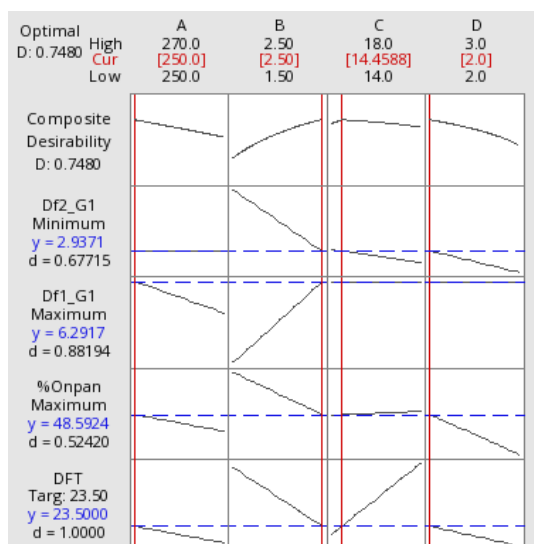
การวิเคราะห์หาค่าปรับตั้งของปัจจัยที่เหมาะสม ที่ทำให้กระบวนการพ่นสีภายในมีประสิทธิภาพ (%Onpan) สูงที่สุด และสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามข้อกำหนด คือ มีความหนาสี (DFT) ระหว่าง 22 – 25 ไมโครเมตร มีระดับข้อบกพร่องสีโดนขอบชิ้นงาน (Df1) ระหว่าง 5 – 7 คะแนน และมีระดับข้อบกพร่องสีเยิ้ม (Df2) ระหว่าง 1 – 4 คะแนน ดังนั้นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าปรับตั้งที่ดีที่สุดจะกำหนดเป้าหมายของแต่ละตัวแปรตอบสนอง ดังนี้

- ประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) กำหนดเป้าหมายให้มีค่าสูงสุด (Maximize)
- ค่าความหนาสี (DFT) กำหนดเป้าหมายเป็นค่ากลางของข้อกำหนด คือ 23.5 ไมโครเมตร (Target)
- ระดับข้อบกพร่องสีโดนขอบชิ้นงาน (Df1) กำหนดเป้าหมายให้มีค่าสูงสุด (Maximize)
- ระดับข้อบกพร่องสีเยิ้ม (Df2) กำหนดเป้าหมายให้มีค่าต่ำที่สุด (Minimize)

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
A	250
B	2.5
C	14.4588
D	2

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Df2	2.937	0.321	(2.274, 3.600)	(1.075, 4.800)
Df1	6.292	0.297	(5.677, 6.907)	(4.645, 7.938)
%Onpan	48.592	0.618	(47.299, 49.885)	(45.883, 51.302)
DFT	23.500	0.767	(21.905, 25.095)	(19.682, 27.318)



รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลตอบสนองที่ดีที่สุด (Response Optimization)

ผลการวิเคราะห์ผลตอบสนองที่ดีที่สุด (Response Optimization) จากรูปที่ 2 พบว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่จะใช้ในการตั้งค่าของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย คือ ปรับตั้งค่าระยะห่างในการพ่น (A) เท่ากับ 250 มิลลิเมตร การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี (B) เท่ากับ 2.50 รอบ การปรับหมุนสกรูปริมาณสี (C) เท่ากับ 14.4588 รอบ และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น (D) เท่ากับ 2.0 บาร์ ซึ่งตัวแบบพยากรณ์จะทำให้ค่าประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) มีค่า 48.592% ค่าความหนาสี (DFT) 23.5 ไมโครเมตร ระดับข้อบกพร่องสีโดนขอบชิ้นงาน (Df1) 6.292 คะแนน หมายถึงสีพ่นโดนขอบชิ้นงานสมบูรณ์มาก และระดับข้อบกพร่องสีเยิ้ม (Df2) 2.937 คะแนน หมายถึงสีเยิ้มค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการปรับหมุนสกรูปริมาณสี (C) 14.4588 รอบ จะไม่สามารถปรับได้ เนื่องจากอุปกรณ์สามารถปรับได้ที่ละ 1 รอบ จึงเลือกปรับหมุนสกรูปริมาณสี (C) เป็น 14 รอบ ซึ่งจะทำให้มีโอกาสได้ความหนาสีเป็นตามข้อกำหนดมากกว่าการปรับเป็น 15 รอบ

6) การทดลองเพื่อยืนยันผลการวิจัย

ดำเนินการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้ค่าปรับตั้งของปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ผลตอบสนองที่ดีที่สุด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) เท่ากับ 49.11% ชิ้นงานที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดกล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยความหนาสี (DFT) 23.17 ไมโครเมตร ระดับข้อบกพร่องสีโดนขอบชิ้นงาน (Df1) 6 คะแนน และระดับข้อบกพร่องสีเยิ้ม (Df2) 3 คะแนน

ตารางที่ 6 ผลการทดลองยืนยันค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด

No.	Factor				%Onpan	DFT	Df1	Df2
	A	B	C	D				
1	250	2.5	14	2.0	48.98%	22.99	6	3
2	250	2.5	14	2.0	49.21%	23.17	6	3
3	250	2.5	14	2.0	49.15%	23.36	6	3
Average					49.11%	23.17	6	3

5. สรุปและอภิปรายผล

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องครัว ดำเนินการโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลบางส่วน (2^{4-1}) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายใน รวมถึงข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ค่าความหนาสี และ ข้อบกพร่อง มี 4 ปัจจัย ถูกคัดเลือกสำหรับการทดลอง ได้แก่ ระยะห่างในการพ่น การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี การปรับหมุนสกรูปริมาณสี และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น จากผลการวิเคราะห์หาผลตอบสนองที่ดีที่สุด และการทดลองเพื่อยืนยันผล พบว่าการปรับตั้งค่าปัจจัย ระยะห่างในการพ่น 250 มิลลิเมตร การปรับหมุนสกรูความกว้างของละอองสี 2.5 รอบ การปรับหมุนสกรูปริมาณสี 14 รอบ และแรงดันลมที่ใช้ในการพ่น 2 บาร์ เป็นค่าปรับตั้งของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการพ่นสีภายในผลิตภัณฑ์จาก 23.15% เป็น 49.11% ในขณะที่ชิ้นงานที่ได้ยังเป็นไปตามข้อกำหนด

การศึกษปัจจัยอื่นที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของสีที่พ่นติดอยู่ภายในกระทะ (%Onpan) ในกระบวนการพ่นสีภายใน เช่น มุมองศา แรงดันลมเข้าถังสี และการควบคุมการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ของปืนพ่นที่อยู่ก่อนหน้าหรือหลัง อาจถูกพิจารณาศึกษาในการทดลองเพื่อปรับปรุงกระบวนการพ่นสีภายในให้ดีขึ้นต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือของคุณครูหลายฝ่ายขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ขอคุณบริษัทกรณีศึกษาที่อนุญาตให้ดำเนินการศึกษานี้ รวมทั้งบุคคลที่ยังไม่ได้กล่าวถึงไว้ ณ ที่นี้ที่คอยให้การสนับสนุนด้านต่าง ๆ คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- ประสานพงษ์ หาเรือนชัย. (2559). *งานเตรียมผิวงานและพ่นสีรถยนต์*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.
- เพชร เสถียรยุทธ์. (2559). *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการพ่นสีของผลิตภัณฑ์ผ้าเบรก*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). *การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.
- ณัชชา พลศิลป์. (2553). *การออกแบบการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการพ่นสีรถยนต์ : กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญชัย แซ่ลิว และณัฐธยาน์ โสกุล. (2559). การลดของเสียในขั้นตอนกระบวนการบรรจุ โดยการประยุกต์ ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตขนมขบเคี้ยว. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 9(2), 30-44.
- ปาพจน์ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา. (2561). *การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์. (2558). *สถิติสำหรับวิศวกรโรงงาน (ภาคปฏิบัติ)* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งเพื่อใช้ใน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

กนต์ธีร์ สุขตากจันทร์^{1*} นเรศ อินตะวงศ์² และดอน วิละคำ³

¹⁻² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

³ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคอยสะเก็ด 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป๋อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

*E-mail, konthee@rmutl.ac.th, 0897005522

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและจัดสร้างเครื่องคัดขนาดผลมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้ง เพื่อใช้ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสำหรับแก้ปัญหาด้านค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและเพิ่มกำลังการผลิตด้านการคัดแยกผลมะเขือเทศเชอร์รี่ให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยออกแบบให้สามารถคัดแยกขนาดของมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ 3 ได้แก่ เกรด A มีขนาด ϕ 24 มิลลิเมตรขึ้นไป เกรด B มีขนาด ϕ 20-23 มิลลิเมตร และเกรด F มีขนาดต่ำกว่า ϕ 20 มิลลิเมตรลงไป ผลการดำเนินการพบว่ากำลังการผลิตของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งที่สร้างขึ้นเท่ากับ 3382.4 กิโลกรัมต่อวันโดยเพิ่มขึ้น 17.6 เท่าจากกำลังการผลิตเดิมที่ใช้แรงงานคน เครื่องจักรมีค่าความผิดพลาดจากการคัดขนาดต่ำกว่า 5% ค่าความซ้ำของมะเขือเทศเชอร์รี่ก่อนและหลังการคัดขนาดด้วยเครื่องมีค่าต่ำกว่า 10% ตามเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานคู่มือจัดชั้นคุณภาพผักผลไม้โครงการหลวง การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์พบว่าต้นทุนการคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ด้วยเครื่องจักรที่สร้างขึ้นลดลงเท่ากับ 1.25 บาทต่อกิโลกรัม รวมทั้งมีระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ประมาณ 3 เดือน

คำสำคัญ : เครื่องคัดขนาดมะเขือเทศ มะเขือเทศเชอร์รี่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

Design and Development of Tomato Cherry Grading Machine of Royal Initiation Projects.

Konthee Sugtakchan^{1*} Naret Intawong² and Don Wilakham³

¹⁻² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna. 128 Huay Kaew Road, Muang District, Chaing Mai, Thailand 50300

³ Rajamangala University of Technology Lanna. 98 Moo8, Papong, Doisaket District, Chiangmai Province 50220

*E-mail, konthee@rmutl.ac.th, 0897005522

Abstract

This work aims to design and development of tomato cherry grading machine of Royal Initiation Projects cases for solved the labor cost problem and increase the production capacity. The machine was designed to be able to separate the size of three cherry tomatoes: Grade A was ϕ 24 mm and above. Grade B is ϕ 20-23 mm and Grade F was less than ϕ 20 mm. The results showed that the production capacity of the machine was 3382.4 kilograms per day, up 17.6 times from the previous by labor. The machine has an error selecting size of less than 5%. The cherry tomato's pre- and post- bruise value was less than 10%, according to the criteria set by the Royal Vegetable Classification Standard. In economic calculations, it was found that the cost of cherry tomato was reduced by 1.25 baht per kilogram. Economic calculations, It was found that the cost of cherry tomato size selecting by machine decreased by 1.25 baht per kilogram. The breakeven point of this machine about 3 months.

Keywords: Tomato Cherry Grading Machine, Cherry Tomato, Royal Initiation Projects

1. บทนำ

ภารกิจด้านที่สำคัญของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเพื่อผลิตและสนับสนุนสินค้าเกษตรของประชาชนพื้นที่สูงให้มีการเกษตรที่ถูกต้องและยั่งยืนสามารถสร้างรายได้ได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันโครงการมีผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิดได้แก่ มะเขือเทศเชอร์รี่ พืชผักผลไม้เมืองหนาว มันฝรั่ง อะโวคาโด และสตอเบอรี่ เป็นต้น ผลผลิตทางการเกษตรที่ทางศูนย์ฯผลิตได้มากที่สุดประเภทหนึ่งคือ “มะเขือเทศเชอร์รี่” ที่ผลิตได้ประมาณ 250-300 ตันต่อปีดังแสดงในรูปที่ 1 (ก)[1]



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 ผลผลิตมะเขือเทศเชอร์รี่และระบบการคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ในระดับอุตสาหกรรมที่มีกำลังการผลิตหรือการคัดแยกประมาณ 20-50 ตันต่อวัน

ปัจจุบันศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่มีผลผลิตทางการเกษตรประเภทมะเขือเทศเชอร์รี่ ได้มากที่สุด 250 ตันต่อปีคือศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง [2] ในปัจจุบันประสบปัญหาการคัดแยกของมะเขือเทศเชอร์รี่ ซึ่งต้องใช้คนงานในการคัดแยกขนาดผลมะเขือเทศเชอร์รี่เท่านั้นโดยวิธีการประมาณการด้วยสายตาตามขนาดที่ต้องการ กำลังการผลิตที่ได้ประมาณ 25 กิโลกรัมต่อ 1 คนต่อ 1 ชั่วโมง ที่ผ่านมาทางโครงการหลวงได้แก้ปัญหาโดยการนำเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่มาใช้แทนแรงงานคน [3] แต่พบว่าไม่ประสบความสำเร็จมากนักเนื่องจากเครื่องคัดขนาดดังกล่าวใช้หลักการซึ่งน้ำหนักซึ่งถ้าหากมะเขือเทศเชอร์รี่บางผลกลวงภายในผลจะถูกคัดไปยังตะกร้าของผลที่เล็กกว่าทั้ง ๆ ที่ขนาดภายนอกเท่ากับเกรดที่ต้องการ ในด้านของภาคเอกชนที่ได้พัฒนาเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ในเชิงพาณิชย์นั้น ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่ประกอบขึ้นเป็นสายการผลิตขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรม โดยมีกำลังการผลิตหรือการคัดแยกประมาณ 20-50 ตันต่อวันซึ่งเกินความจำเป็นด้านกำลังการผลิตปัจจุบันของโครงการหลวงดังแสดงในรูปที่ 1 (ข)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและจัดสร้างเครื่องคัดขนาดผลมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งขนาดเล็กเพื่อแก้ปัญหาด้านค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน และเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด สามารถคัดแยกขนาดของมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ 3 ขนาดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลมะเขือเทศเชอร์รี่สดคือเกรด A มีต้องมีขนาด 24 มิลลิเมตรขึ้นไป เกรด B มีขนาด 20-23 มิลลิเมตร และเกรด F มีขนาดน้อยกว่า 20 มิลลิเมตรลง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงได้หาความเป็นไปได้ในการนำเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่มาใช้แทนแรงงานคน แต่พบว่าเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ในเชิงพาณิชย์นั้นส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่ประกอบขึ้นเป็นสายการผลิตขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรม โดยมีกำลังการผลิตหรือการคัดแยกประมาณ 20-50 ตันต่อวันซึ่งเกินความจำเป็นด้านกำลังการผลิตปัจจุบันของโครงการหลวง ประกอบกับการติดตั้งระบบดังกล่าวนี้ทางโครงการหลวงฯ มองว่าต้องใช้ทรัพยากรด้านอาคารสถานที่ ระบบไฟฟ้า และการดูแลซ่อมบำรุง ตลอดจนกำลังคนจำนวนมาก ซึ่งอาจจะมึระยะเวลาการคืนทุนที่ยาวนานและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน นอกจากนี้ราคาของระบบการคัดแยกดังกล่าวค่อนข้างสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นคณะวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ให้มีขนาดกะทัดรัดและเหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงในพื้นที่ โดยสามารถคัดแยกขนาดของมะเขือเทศเชอร์รี่

ได้ 3 ได้แก่ เกรด A มีขนาด ϕ 24 มิลลิเมตรขึ้นไป เกรด B มีขนาด ϕ 20-23 มิลลิเมตร และเกรด F มีขนาดต่ำกว่า ϕ 20 มิลลิเมตรลงไปนอกจากนี้ต้องไม่ก่อให้เกิดความเสียหายบริเวณผิวของผลมะเขือเทศเชอร์รี่ เช่น การชำ หรือแตกเสียหาย เป็นต้น

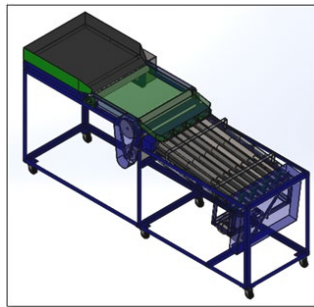
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. การออกแบบเครื่องมือวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดผลมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งมีหลักการคือ เป็นการคัดแยกผลมะเขือเทศเชอร์รี่แบบต่อเนื่องด้วยระบบสายพานลำเลียงก่อนเคลื่อนที่ลงสู่เพลาคัดขนาดแบบหมุน [4] โดยปรับมุมเอียงของเพลาคัดขนาดให้สามารถปรับระยะได้ทุกเพลาลงและมีรูปทรงที่เพิ่มความสามารถในการเคลื่อนที่ของผลมะเขือเทศเชอร์รี่ที่มีรูปทรงไม่เป็นทรงกลม

3.1.1. การออกแบบเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่โดยใช้โปรแกรม SolidWorks

การวิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม SolidWorks [5] เป็นการทดสอบการใช้งานที่เสมือนจริงก่อนการใช้งานจริง เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วจะทราบถึงความสามารถในการรับแรงของชิ้นทดสอบ และยังรู้ถึงจุดบกพร่องของแต่ละชิ้นส่วนอีกด้วย ซึ่งสามารถปรับปรุง และออกแบบใหม่ในส่วนจุดบกพร่อง และทำให้ชิ้นส่วนรับแรงได้เพิ่มมากขึ้น ในส่วนของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพการการรับแรงของชิ้นส่วนที่สำคัญ ซึ่งนำไปสู่ความปลอดภัยในการใช้งาน และการเสียหายระหว่างการใช้งานมีดังนี้



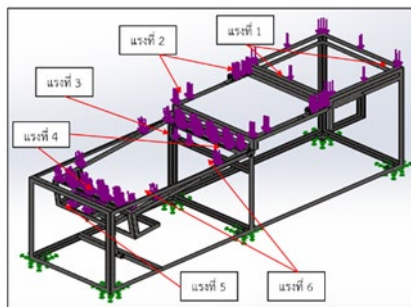
รูปที่ 3 การออกแบบเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้ง

3.1.2 โครงสร้างเครื่อง

มีหน้าที่รับน้ำหนักหรือภาระทั้งหมดของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ซึ่งมีส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ชุดโครงเครื่อง เพลาคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ เพลาสายพานลำเลียง เป็นต้น รายละเอียดการวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อโครงเครื่องทั้ง 6 ตำแหน่งดังรูปที่ 3

ชื่อวัสดุ: AISI 1020

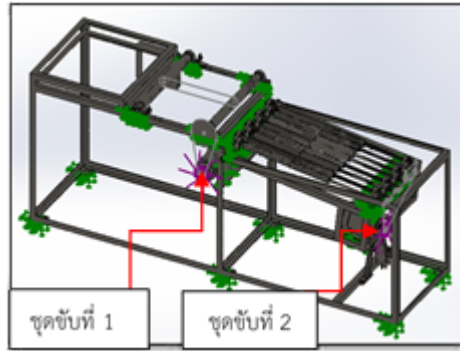
แรงที่ 1	: 275 นิวตัน
แรงที่ 2	: 211 นิวตัน
แรงที่ 3	: 40 นิวตัน
แรงที่ 4	: 328 นิวตัน
แรงที่ 5	: 40 นิวตัน
แรงที่ 6	: 27 นิวตัน



รูปที่ 3 แรงที่กระทำต่อโครงเครื่อง

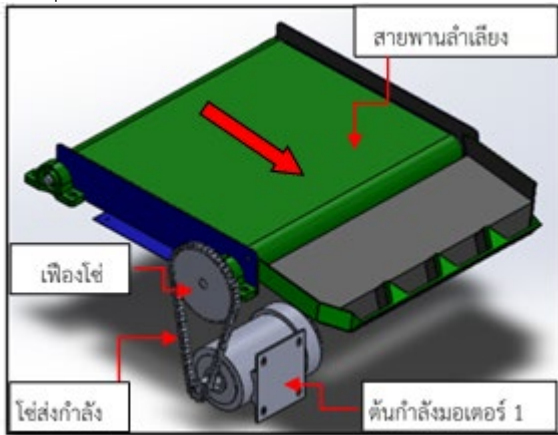
3.1.3. ชุดขับเคลื่อนเพลาคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ และเพลาชั้สายพานลำเลียง

เครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ออกแบบให้มีชุดส่งกำลังทั้งหมด 2 ชุด โดยทั้งสองชุดขับเคลื่อนใช้ต้นกำลังแยกอิสระจากกัน ได้แก่ ชุดขับที่ 1 คือชุดขับเคลื่อนสายพานลำเลียงผลมะเขือเทศเชอร์รี่ลงสู่เพลาคัดขนาดและชุดขับที่ 2 คือชุดขับเคลื่อนเพลาคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ดังแสดงในรูปที่ 4

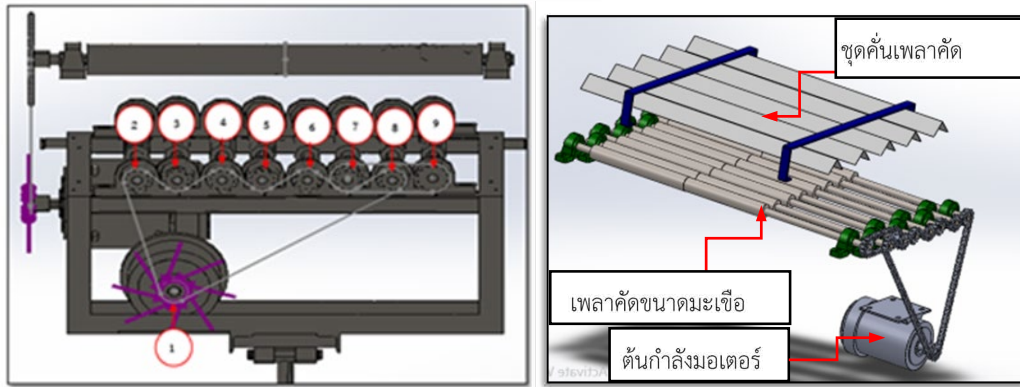


รูปที่ 4 ตำแหน่งของชุดขับเคลื่อนเพลาคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่และเพลาชั้สายพานลำเลียง

รูปที่ 5 แสดงชุดขับที่ 1 คือชุดขับเคลื่อนสายพานลำเลียงผลมะเขือเทศเชอร์รี่ลงสู่เพลาคัดขนาดกลไกการทำงานโดยการส่งผ่านแรงด้วยโซ่จากต้นกำลังมอเตอร์ 1 ไปยังเฟืองโซ่ขนาด 40 ฟัน [4] ที่ประกบกับเพลาชั้สายพาน ทิศทางการหมุนของเพลาชั้สายพานคือหมุนตามเข็มนาฬิกาซึ่งจะทำให้สายพานเคลื่อนที่พาผลมะเขือเทศเชอร์รี่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าและค่อย ๆ ตกลงสู่ชุดเพลาคัดขนาดผลมะเขือเทศเชอร์รี่ต่อไปรูปที่ 6 แสดงชุดขับที่ 2 คือชุดขับเคลื่อนเพลาคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่โดยการหมุนของเพลาก่อขึ้นจากการส่งผ่านแรงจากต้นกำลังเป็นมอเตอร์ 2 (เพลาหมายเลข 1) ผ่านโซ่ส่งกำลังไปตามเฟืองโซ่ขนาด 10 ฟันที่ประกอบอยู่กับเพลาคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่จำนวนเป็น 9 เปลา เพลาคัดขนาดจะมีทิศทางการหมุนสลับกันไป โดยเพลาคัดที่เป็นเลขคู่ (2,4,6,8) จะหมุนตามเข็มนาฬิกาส่วนเพลาคัดหมายเลขคี่(3,5,7,9) จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา [6]

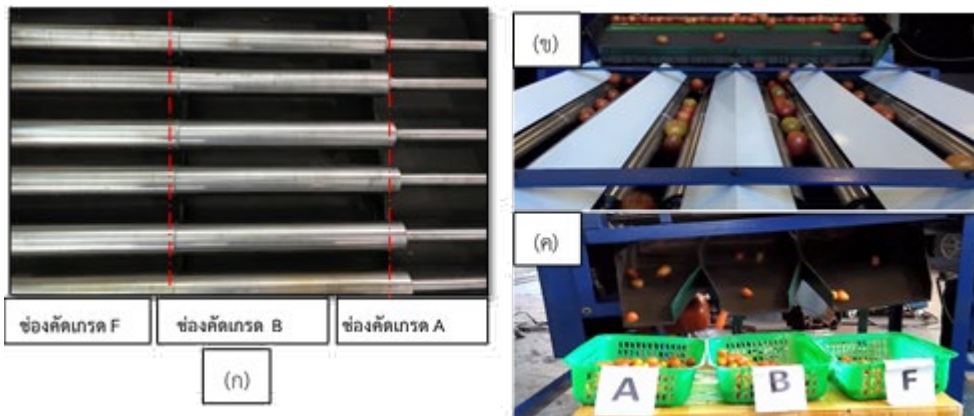


รูปที่ 5 ชุดขับเคลื่อนสายพานลำเลียงมะเขือเทศเชอร์รี่



รูปที่ 6 ชุดขับเคลื่อนเพลาคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่

จากหลักการตั้งที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้เพลาคัดขนาดแต่ละคู่ (หมายเลข 2-3, 4-5, 6-7 และ 8-9) ถูกทำให้หมุนสวนทางกันและพาให้ผลมะเขือเทศเซอร์รี่ให้เคลื่อนที่ไปบนเพลาคัดขนาดแต่ละคู่โดยเพลาคัดขนาดออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงในแต่ละช่วงความยาว เมื่อนำมาประกอบบนเครื่องแล้วทำให้ได้ช่องว่างสำหรับการคัดขนาด 3 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 7(ก). แต่ละช่วงมีขนาดช่องว่างตามเกรดของมะเขือเทศเซอร์รี่ที่กำหนดคือ เกรด F จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 20 มิลลิเมตรลงไป ช่องที่สองคัดเกรด B จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-23 มิลลิเมตร และช่องสุดท้ายคัดเกรด A จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตรขึ้นไป ผลมะเขือเทศจะถูกพาให้เคลื่อนที่ไปตามแนวคูเพลลาและถูกคัดขนาดอย่างต่อเนื่องตามช่องว่างและตกลงสู่ภาชนะบรรจุตามเกรดต่อไปดังแสดงในรูปที่ 7(ข) และ รูปที่ 7(ค) ตามลำดับ



รูปที่ 7. การจัดวางเพลาคัดขนาดผลมะเขือเทศเซอร์รี่(ก) และการเคลื่อนที่ของผลมะเขือเทศเซอร์รี่ไปตามแนวคูเพลลา (ข) และถูกคัดขนาดอย่างต่อเนื่องและตกลงสู่ภาชนะบรรจุตามเกรด (ค)

3.2. การออกแบบการทดลอง

3.2.1. การทดลองหาความเร็วรอบลูกกลิ้งและความชันของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศพันธุ์เซอร์รี่แบบลูกกลิ้งที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

เตรียมมะเขือเทศเซอร์รี่ด้วยการวัดขนาด 3 เกรด เกรด A มีขนาด 24 มิลลิเมตรขึ้นไป เกรด B มีขนาด 20-23 มิลลิเมตร และเกรด F มีขนาดน้อยกว่า 20 มิลลิเมตรลงไปจำนวนเกรดละ 100 ผล รวม 300 ผล ทำการคัดแยกในเครื่องโดยใช้ใช้อินเวอร์เตอร์ในการปรับความเร็วรอบลูกกลิ้งที่ 200 250 และ 300 รอบต่อนาทีของชุดคัดขนาด และทำการปรับความชันของชุดคัดขนาดที่ 4 5 6 และ 7 องศา เพื่อหาความเร็วรอบลูกกลิ้งและความชันของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่แบบลูกกลิ้งที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

3.2.2. การทดลองหาความเร็วรอบสายพานลำเลียงที่เหมาะสมในการคัดแยกขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่

การทดลองเพื่อหาความเร็วในการไหลของมะเขือเทศเชอร์รี่ให้สัมพันธ์กับความเร็วรอบของชุดคัดขนาดและความชื้นของชุดคัดขนาด โดยทำการปรับความเร็วรอบที่ได้จากการทดสอบความเร็วรอบลูกกลิ้งและความชื้นของชุดคัดขนาดที่เหมาะสมที่หาได้จากการทดลองที่ 3.2.1 จากนั้นปรับความเร็วสายพานลำเลียง 1 m/min 2 m/min และ 3 m/min ตามลำดับ โดยสังเกตลักษณะการไหลของมะเขือเทศเชอร์รี่ที่กำลังการผลิตที่ดีที่สุด

3.2.3. การหาประสิทธิภาพการของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้ง

การทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งจะเป็นการทดลองเพื่อหาความสม่ำเสมอของการคัดแยกตามเกรดโดยพิจารณาจากการมีผลมะเขือเทศเชอร์รี่เกรด(ขนาด)อื่น ๆ ปะปนมาไม่เกิน 5 %โดยอ้างอิงจากมาตรฐานคู่มือจัดชั้นคุณภาพผักมูลนิธิโครงการหลวง [7]

3.2.4. เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ค่าความชื้น)

ตรวจสอบค่าความชื้นของมะเขือเทศเชอร์รี่ด้วยวิธี Texture Profile Analysis เพื่อรับรองผลการคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ที่ได้สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้โดยอ้างอิงจากมาตรฐานคู่มือจัดชั้นคุณภาพผักมูลนิธิโครงการหลวง[6] ซึ่งต้องมีค่าความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

3.2.5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

คือการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งได้แก่ค่าไฟฟ้าจากการใช้งานจริง ค่าแรงงาน ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องคัดขนาดฯ เมื่อนำไปใช้งานเชิงพาณิชย์ต่อไป

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1. ความเร็วรอบลูกกลิ้งและความชื้นของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

ผลการทดลองพบว่าความเร็วรอบและความชื้นของชุดเพลาคัดขนาดที่ดีที่สุดคือ ความเร็วรอบอยู่ที่ 250 รอบต่อนาที และความชื้นของชุดเพลาคัดขนาดอยู่ที่ 6 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 3.38 เปอร์เซ็นต์ มีผลขนาดอื่นมาปะปนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองหาความเร็วรอบ และการปรับมุมที่เหมาะสมเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้ง

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)			
	4 องศา	5 องศา	6 องศา	7 องศา
200	17.44	8.24	3.44	9.52
250	16.48	7.36	3.38	9.44
300	16.5	7.42	3.42	9.48

4.2. ความเร็วรอบสายพานลำเลียงที่เหมาะสมในการคัดแยกขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่

ผลการทดลองได้จากการปรับความเร็วรอบที่ได้จากการทดสอบความเร็วรอบลูกกลิ้งที่เหมาะสมคือ 250 รอบต่อนาที และความชื้นของชุดคัดขนาดที่ 6 องศา จากนั้นปรับความเร็วสายพานลำเลียงและสังเกตลักษณะการไหลของมะเขือเทศเชอร์รี่ ผลการทดลอง พบว่าความเร็วรอบของสายพานที่ 2 เมตรต่อนาทีเป็นความเร็วรอบสายพานที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสามารถลำเลียงมะเขือเทศโดยไม่เกิดเป็นกองกระจุกที่แน่นกัน ซึ่งหากใช้ความเร็วต่ำกว่านี้จะส่งผลให้การผลิตลดน้อยลง

4.3. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้ง

ผลการทดลองพบว่าขนาดของผลมะเขือเทศเชอร์รี่มีความสม่ำเสมอของการคัดขนาดตามเกรดโดยพิจารณาจากการมีผลมะเขือเทศเชอร์รี่เกรด(ขนาด)อื่น ๆ ปะปนมา ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าความผิดพลาดจากการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งทุกเกรดมีค่าต่ำกว่า 5% คือเกรด A มีความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 3.44 % เกรด B มีความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 4.00 % และเกรด F มีความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 2.88 % ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเครื่องคัดขนาดที่สร้างขึ้นผ่านเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานไม่เกิน 5 % โดยอ้างอิงจากมาตรฐานคู่มือจัดชั้นคุณภาพผักมูลนิธิโครงการหลวง [7]

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แต่ละเกรด

ชุดที่	มะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่ที่คัดขนาด		
	เกรด A (%)	เกรด B (%)	เกรด F (%)
1	4.40	4.80	2.40
2	2.80	3.20	2.40
3	3.60	4.40	1.60
4	3.60	4.40	4.00
5	2.80	3.20	4.00
ค่าเฉลี่ย	3.44	4.00	2.88

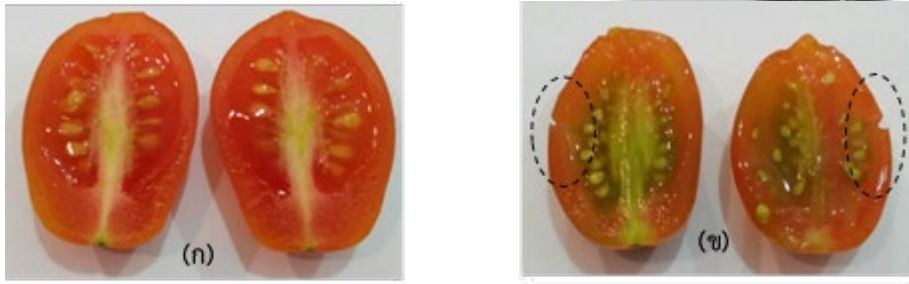
ตารางที่ 3. ผลการคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่เปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนกับเครื่องคัดขนาดฯ

ครั้งที่	คัดขนาดด้วยคน (กิโลกรัม)	คัดขนาดเครื่องคัดขนาดฯ (กิโลกรัม)
1	28	428
2	26.8	425
3	25.4	422
4	23.2	419
5	22.6	420
ค่าเฉลี่ย	25.2	422.8

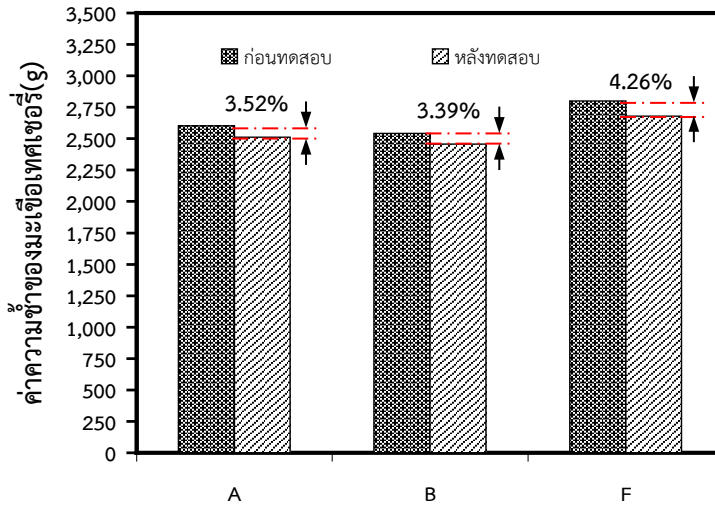
ผลการคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่เปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนกับเครื่องคัดขนาดฯ ดังตารางที่ 3 พบว่าการใช้แรงงานคนคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ค่าเฉลี่ยที่ 25.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่การใช้เครื่องให้กำลังการผลิตเฉลี่ยที่ 422.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้น 17.6 เท่าจากกำลังการผลิตเดิม

4.4. ความซ้ำของมะเขือเทศเชอร์รี่ (Texture Analysis)

ผลการทดลองพบว่ามีมะเขือเทศเชอร์รี่บางส่วนเกิดการซ้ำบริเวณผิวหลังจากผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องจักรที่สร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 8 (ก) และ 8(ข) ตามลำดับโดยการผ่าครึ่งผลเพื่อให้เห็นลักษณะของผลมะเขือเทศที่ไม่มีอาการซ้ำ และเกิดการซ้ำภายหลังจากการคัดแยกด้วยเครื่องจักร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการชนกระแทกกันระหว่างผลมะเขือเทศเชอร์รี่เองหรือระหว่างเคลื่อนที่ไปตามกลไกการคัดแยกภายในเครื่อง แต่อย่างไรก็ตามผลการทดสอบค่าความซ้ำตามที่แสดงในรูปที่ 9 พบว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ทั้ง 3 เกรด มีค่าความแตกต่างของความซ้ำก่อนและหลังการคัดขนาดด้วยเครื่องจักรเฉลี่ยไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ซึ่งผ่านตามเกณฑ์คู่มือจัดชั้นคุณภาพผักมูลนิธิโครงการหลวง [7]



รูปที่ 12 ผลมะเขือเทศเชอร์รี่ที่ไม่เกิดการซ้ำ(ก) และที่มีบางส่วนเกิดการซ้ำบริเวณผิวหลังจากผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องจักรที่สร้างขึ้นดัง (ข)



รูปที่ 9. ผลการทดลองความซ้ำเฉลี่ยการของมะเขือเทศเชอร์รี่และหลังการคัดขนาดด้วยเครื่อง

4.5. การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

4.5.1. ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน

การคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่ด้วยวิธีการเดิมโดยใช้แรงงานคนจำนวน 1 คน ใช้เวลาในการคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่โดยเฉลี่ย 201.6 กิโลกรัมต่อวันดังนั้นคิดเป็นต้นทุนเท่ากับ 1.48 บาทต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับการคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่โดยใช้เครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเชอร์รี่แบบลูกกลิ้งใช้แรงงาน 2 คนรวมค่าใช้จ่ายเท่ากับ 600 บาทต่อวัน สามารถคัดขนาดได้เท่ากับ 3,382.4 กิโลกรัมต่อวันดังนั้นคิดเป็นต้นทุนเท่ากับ 0.23 บาทต่อกิโลกรัม (การคิดเป็นต้นทุนในส่วนของการใช้เครื่องคัดขนาดต้องรวมค่าใช้จ่าย ด้านค่ากระแสไฟฟ้า และค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรด้วยซึ่งจะขออธิบายในส่วนของการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการผลิตต่อไป

4.5.2. ค่ากระแสไฟฟ้า

ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าชุดขับที่ 1 มอเตอร์เกียร์ 220 V AC 25 W 45 รอบต่อนาที และต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าชุดขับที่ 2 มอเตอร์เกียร์ 220 V AC 60 W 600 รอบต่อนาทีทำงาน 8 ชั่วโมงค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าทั้งสองชุดต้นกำลังเท่ากับ 2.931 บาทต่อวัน

4.5.3. ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร [8]

$$\text{สูตรค่าเสื่อมราคา} = \frac{B - SV}{N}$$

เมื่อ B = ราคาต้นทุนสินทรัพย์ (350,000 บาท), SV = มูลค่าซาก (10%ของราคาต้นทุนสินทรัพย์), N = อายุการใช้งาน (5 ปี)

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = (350,000 - 35,000) / 5 = 63,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ดังนั้นค่าเสื่อมราคา} = 63,000 / 365 = 173 \text{ บาทต่อวัน}$$

3.5.3. ระยะเวลาคืนทุนของการผลิต

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการผลิตพิจารณาจากต้นทุนการผลิตที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนจากการคัดขนาดผลมะเขือเทศเซอร์รี่ด้วยแรงงานคนมาเป็นการคัดขนาดด้วยเครื่องจักร

ต้นทุนการคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่ด้วยแรงงานคนเท่ากับ = 1.48 บาทต่อกิโลกรัม และต้นทุนการคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่ด้วยเครื่องจักรเท่ากับ

$$= (\text{ค่าแรงงาน} + \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร} + \text{ค่ากระแสไฟฟ้า}) / \text{กำลังการผลิตต่อวัน}$$

$$= (600 + 173 + 2.931) / 3382.4 = 0.23 \text{ บาทต่อกิโลกรัม}$$

จุดคุ้มทุน = ต้นทุนคงที่ / (ต้นทุนเดิม - ต้นทุนแปรผัน)

$$= 350,000 / (1.48 - 0.23) = 280,000 \text{ กิโลกรัม}$$

กำลังการผลิตของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่แบบลูกกลิ้งเท่ากับ 3,382.4 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนคือ

$$= 280,000 / 3,382.4$$

$$= 82.78 \text{ วัน หรือ 2.76 เดือน หรือประมาณ 3 เดือน}$$

5. สรุปผลการวิจัย

1. กำลังการผลิตของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่แบบลูกกลิ้งเท่ากับ 3382.4 กิโลกรัมต่อวันโดยเพิ่มขึ้น 17.6 เท่าจากกำลังการผลิตเดิมที่ใช้แรงงานคนจะทำได้ค่าเฉลี่ยที่ 201.6 กิโลกรัมต่อวัน
2. ความเร็วรอบของเพลาคัดขนาดที่เหมาะสมในการใช้งานของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่แบบลูกกลิ้งคือ 250 รอบต่อนาที และความชันของชุดเพลาคัดขนาดคือ 6° ส่วนความเร็วรอบสายพานที่เหมาะสมของการลำเลียงผลมะเขือเทศเซอร์รี่แบบลูกกลิ้งเท่ากับ 2 เมตรต่อนาที
3. เครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่แบบลูกกลิ้งมีค่าความผิดพลาดจากการคัดขนาดมีค่าต่ำกว่า 5 % คือเกรด A มีความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 3.44 เปอร์เซ็นต์ เกรด B มีความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 4.00 เปอร์เซ็นต์ และเกรด F มีความผิดพลาดโดยเฉลี่ย 2.88 % ซึ่งผ่านเกณฑ์ตามคู่มือจัดชั้นคุณภาพผักมูลนิธิโครงการหลวง [6]
4. ค่าความชื้นของมะเขือเทศเซอร์รี่ก่อนและหลังการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาด พบว่ามะเขือเทศเซอร์รี่เกรด A มีค่าความแตกต่างของความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.52 % เกรด B มีค่าความแตกต่างเท่ากับ 3.39 % และเกรด F มีค่าความแตกต่างเท่ากับ 4.26 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นไม่เกิน 10 % เป็นไปตามเกณฑ์คู่มือจัดชั้นคุณภาพผักมูลนิธิโครงการหลวง
5. ต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่ด้วยเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่แบบลูกกลิ้งเท่ากับ 0.23 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ต้นทุนการคัดขนาดด้วยแรงงานคนเท่ากับ 1.48 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นต้นทุนการคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่ด้วยเครื่องคัดขนาดฯ ลดลงเท่ากับ 1.25 บาทต่อกิโลกรัม รวมทั้งมีระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่ประมาณ 3 เดือน

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร สวก. (องค์การมหาชน) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ วช. ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้ทุนวิจัยมุ่งเป้างบประมาณปี พ.ศ. 2560

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Cherry tomato. (2, March 18). [Online]. Available:<https://www.thai-thaifood.com/th/%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%81/>
- [2] Pang Ung Royal Initiation Projects. (2, March 18). Available:<http://royalprojectthailand.com/pangung>
- [3] S. Aupakham. Cherry tomato grading machine. (28, September10). Available: <http://www.cttclive.rmutl.ac.th/blog/?p=3690>
- [4] W.Ungphakorn and C. Thanadngarn, Machine design 1, 10th ed. Bangkok: Se-Ed, 1994.
- [5] W. Warnawin, S. Leuangsod and P. Chartpuk . 2011. Analysis of Stress Concentration That Occurs in the Reform with Finite Element Method, RMUTP Research Journal, Vol.5, No.1, pp.13- 23.
- [6] กนต์ธีร์ สุขตากจันทร์, นเรศ อินต๊ะวงศ์, ดอน วิละคำ, 2562, และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), อนุสิทธิบัตรเครื่องคัดขนาดมะเขือเทศเซอร์รี่, เลขที่คำขอ 1903000716.
- [7] Royal Vegetable Classification Standard. (1,October2002) . Available: <http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2015/20150164/files/assets/basic-html/page-1.html>
- [8] N. lomchart and A. Nuchanat, 2014, A comparative study of the costs and returns of Barramundi Culture in ponds, brackish and salt water. A Case Study sea bass Cultue in Prachuap Khiri Khan Province, RMUTP Research journal Special Issue, The 5th Rajamangala University of Technology National Conference, pp. 80-90.

การพัฒนาระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาโดยใช้ RFID และ Google sheet

ชติพงษ์ จิโนสุวตร์^{1*} และวิวัฒน์ สิงใส²

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

*E-mail: khattipong@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยพัฒนาระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาโดยใช้ RFID และ Google sheet ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 160 หลังคาเรือน พบปัญหาจากวิธีการทำงานเดิมคือ เกิดความผิดพลาดของข้อมูล และความล่าช้าในขั้นตอนการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำของสมาชิก เนื่องจากยังใช้วิธีการบันทึกด้วยลายมือลงในตารางกระดาษ เสียเวลาในการค้นหาชื่อของสมาชิกผู้ใช้บริการน้ำประปาเพื่อกรอกตัวเลขให้ถูกต้องตรงช่อง และมีความต้องการเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่สะดวกรวดเร็วมาช่วยในการทำงาน ผู้วิจัยจึงได้พิจารณานำเทคโนโลยี RFID ซึ่งมีความเหมาะสมมาใช้ในขั้นตอนของการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปา ผู้ทำหน้าที่ตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำ ถือเพียงสมาร์ทโฟนและตัวอ่านรหัส RFID เพียง 2 อย่างนี้เท่านั้นก็สามารถทำหน้าที่ได้แล้ว เริ่มต้นจากการติดตั้งตัวอ่านรหัส RFID กับสมาร์ทโฟน และเปิดแอปพลิเคชัน เมื่อเดินทางไปถึงตำแหน่งที่ตั้งของมิเตอร์น้ำ เอาตัวอ่าน RFID ไปแตะที่ RFID Tag ก็จะได้รหัส RFID และแอปพลิเคชันจะติดต่อกับฐานข้อมูล ถ้ารหัส RFID ถูกต้องตรงกับในฐานข้อมูล แอปพลิเคชันจะแสดงชื่อและเลขมิเตอร์ครั้งก่อนนี้ ทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ขั้นต้น ต่อไปกรอกเลขมิเตอร์การใช้น้ำปัจจุบันแล้วกดส่งเข้าไปในระบบ ฐานข้อมูลจะแจ้งรายละเอียด จำนวนหน่วยมิเตอร์ที่ใช้น้ำไป, อัตราค่าบริการน้ำประปา และค่าบริการน้ำประปาที่ต้องชำระเงินผ่านแอปพลิเคชันและไลน์ หลังจากการใช้สมาร์ทโฟนส่งข้อมูลตรงไปเก็บที่ฐานข้อมูล ทำให้ขั้นตอนการทำงานเดิม คือ

- 1) การป้อนข้อมูลในคอมพิวเตอร์
- 2) การตรวจสอบเลขมิเตอร์จากการป้อนข้อมูล
- 3) การประมวลผล และสรุปข้อมูล และ
- 4) ตรวจสอบการประมวลผลข้อมูล ไม่จำเป็นต้องทำแล้ว สามารถนำข้อมูลไปพิมพ์ใบเสร็จรับเงินได้ทันที ทำให้เวลาที่ใช้ในการทำงานการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาหมู่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ มีความถูกต้อง รวดเร็ว ทันสมัย และมีความน่าเชื่อถือ เวลาการทำงานลดลงเหลือ 210 นาที (3 ชั่วโมง 30 นาที) จากเดิมใช้เวลา 248 นาที (4 ชั่วโมง 8 นาที) ซึ่งสามารถลดเวลาลงได้ 38 นาที คิดเป็นร้อยละ 15.32

คำสำคัญ RFID, Google Sheets, น้ำประปาหมู่บ้าน

Develop a system for collecting tap water service fees using RFID and Google Sheets.

Khattipong Jinosuwat^{1*} and Wiwat Singsai²

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

E-mail: khattipong@rmutl.ac.th*

Abstract

The research on the development of a water service fee collection system using RFID and Google Sheets was conducted in Village Moo. 2, Nongfag Subdistrict, Saraphi District, Chiang Mai Province, with 160 households. Problems with the old working method were data errors and delays in the process of checking and recording members' water meter numbers because they were still recording by hand on paper tables. It took time to search for the names of members in order to fill in the correct numbers in the boxes, and there was a need for modern technology that was convenient and fast to help with the work. The researcher therefore considered using RFID technology, which is suitable for use in the water meter recording process. The person responsible for recording meter numbers only needs a smartphone and an RFID reader. These two things are all they need to do their job. Start by installing the RFID reader on your smartphone and opening the application. When you arrive at the location of the water meter, tap the RFID reader on the RFID tag to get an RFID code, and the application will contact the database. If the RFID code matches the one in the database, the application will display the name and previous meter number, allowing for initial verification. Next, enter the current water meter number and press send into the system. The database will inform you of the details: the number of water meter units used, the water service rate, and the water service fee that must be paid via the application and Line. After using a smartphone, data is sent directly to the database. The original 4 steps of work, namely 1) entering data into the computer, 2) checking the meter number from the data entry, 3) processing and summarizing the data, and 4) checking the data processing, are no longer necessary. The data can be used to print a receipt immediately. The time spent working to collect village water service fees in Moo 2 Nongfag Subdistrict, Saraphi District, Chiang Mai Province. It is accurate, fast, modern, and reliable. Working time was reduced to 210 minutes (3 hours 30 minutes) from the original 248 minutes (4 hours 8 minutes), which can reduce the time by 38 minutes, accounting for 15.32 percent.

Keywords : RFID, Google Sheets, village water supply

1. บทนำ

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าภาครัฐมีโครงการที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในชนบท และน้ำประปาที่สะอาดก็เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ จึงมีโครงการจัดหาและจัดการน้ำประปาที่สะอาด และเพียงพอต่อความต้องการ ส่งเสริมให้ทุกหมู่บ้านมีน้ำสะอาดไว้บริโภค มีการสนับสนุนให้งบประมาณสำหรับการก่อสร้างระบบผลิตและส่งจ่ายน้ำประปาในแต่ละหมู่บ้านผ่านหน่วยงานท้องถิ่น เช่น เทศบาลตำบลต่างๆ ต่อจากนั้นได้มอบหมายให้บุคลากรในหมู่บ้านนั้นๆ ดำเนินกิจการ บริหารจัดการกันเองในหมู่บ้าน ผู้รับผิดชอบหลักคือผู้ใหญ่บ้าน และผู้ใหญ่บ้านได้แต่งตั้งบุคลากรในหมู่บ้านเป็นคณะกรรมการขึ้นมาจัดการ บริหาร ควบคุมดูแล ระบบน้ำประปาดังกล่าว มีหน้าที่ รักษาคุณภาพน้ำประปา ช่วยเหลือแก้ปัญหาในระบบน้ำประปาเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง กำหนดอัตราค่าบริการน้ำประปา เก็บค่าบริการน้ำประปา เป็นต้น พบว่าการบริหารจัดการการเก็บค่าบริการน้ำประปายังไม่มีระบบที่ดี ที่ทันสมัย ยังใช้วิธีการตามแบบชาวบ้าน คือ เมื่อถึงเวลาให้คนในหมู่บ้านทำหน้าที่ไปตรวจและบันทึกเลขมิเตอร์การใช้ น้ำของสมาชิกในแต่ละเดือน เหมือนการทำงานของพนักงานบันทึกเลขมิเตอร์ของการไฟฟ้า แต่การบันทึกเลขมิเตอร์ของกิจการน้ำประปาหมู่บ้านยังไม่มีวิธีการที่ทันสมัยมาช่วย พนักงานใช้วิธีการเขียนตัวเลขด้วยปากกานิตารางบันทึก พอได้ครบแล้ว นำส่งให้กรรมการที่ทำหน้าที่ด้านการจัดทำใบเสร็จรับเงินป้อนข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ซึ่งที่ผ่านมาจะมีปัญหาคือ ความผิดพลาดของข้อมูล เช่น การเขียนตัวเลขไม่ชัดเจน อาจด้วยลักษณะของลายมือหรือลายเส้นของตัวเลขขาดหาย ทำให้เกิดการสับสนเกี่ยวกับตัวเลข เกิดความผิดพลาดและล่าช้า และอีกด้านหนึ่งรัฐบาลได้มุ่งเน้นการขับเคลื่อนประเทศเข้าสู่ยุคใหม่ด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม มีเป้าหมายลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม และการพัฒนาคุณภาพชีวิต โดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาช่วย คณะผู้วิจัยจึงคิดว่าควรหาวิธีการและเทคโนโลยีใหม่มาช่วยในการจัดการนี้ได้ จึงได้นำเทคโนโลยี RFID สำหรับการระบุตัวตนของผู้ใช้น้ำประปา และใช้ Appsheets ร่วมกับ Google sheet ในการเก็บและจัดการข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟนที่รองรับระบบ OTG(On The Go) และมีการเชื่อมต่อบริเวณอินเทอร์เน็ต

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาช่วยในขั้นตอนการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาของหมู่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ให้มีความถูกต้องของข้อมูล และทำให้การทำงานมีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น มีการจัดเก็บข้อมูลจำนวน 160 หลังคาเรือน ระยะเวลา 3 เดือน เดือนละ 1 ครั้ง โดยมีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมมาช่วยในขั้นตอนการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การให้บริการน้ำประปาที่สามารถนำไปใช้ได้ทุกระดับชุมชน เช่น ระดับหมู่บ้าน ระดับตำบล หรือระดับเทศบาล จะมีค่าใช้จ่ายเฉพาะในส่วนของตัวเองอ่าน RFID และ RFID Tag ซึ่งราคาไม่ก็บาทต่อตัว ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลน้อยจึงไม่เสียค่าใช้จ่าย และผลจากการดำเนินการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้กับกิจการอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันได้ เช่น การบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาของหอพักที่มีการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าย่อยประจำห้องพัก เป็นต้น

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยี RFID

อาร์เอฟไอดี RFID (Radio Frequency Identification) เป็นเทคโนโลยีการระบุเอกลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุ เป็นระบบเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสามารถในการคำนวณ และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ทำงานติดต่อสื่อสารด้วยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทนการสัมผัส ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยี RFID มาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น นำฝังติดกับตัวผลิตภัณฑ์ในห้างสรรพสินค้า เพื่อการติดตามป้องกันการสูญหาย หรือการขโมยสินค้า ใช้กับระบบขนส่งสินค้าเพื่อการจัดการ และการติดตามสินค้า ใช้เกี่ยวกับการผ่านเครื่องกันสำหรับที่จอดรถยนต์ หรือทางเข้าหมู่บ้านจัดสรร เป็นต้น

RFID แยกตามคลื่นความถี่วิทยุ บริษัทอออลอินวันซิสเต็มแอนด์ซัพพลาย จำกัด[1]

1. LF 125 KHz (Low Frequency) ระยะในการอ่าน 0 – 10 cm เป็นความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไป ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ ราคาไม่สูงมาก ความเร็วในการอ่านต่ำ ใช้งานหน่วยงานของภาครัฐ , ระบบควบคุมการเปิดปิดประตู

2. HF 13.56 MHz (High Frequency) ระยะในการอ่าน 0 – 30 cm เป็นความถี่สูง ปัจจุบันรองรับชิป C210 ,C220 , C240, C270(I-code) และ tag มาตรฐาน ISO 15693 รวมถึง tag มาตรฐาน ISO 18000 type 3 ที่เกิดขึ้นในอนาคต ในย่านความถี่นี้เป็นย่านความถี่ใช้กันทั่วโลก RFID ในย่านความถี่ 13.56 MHz ใช้กับ passive tag และมักพบเห็นการใช้งานในห้องสมุด และการป้องกันการปลอมแปลงสินค้า

3. UHF 869.5 MHz (Ultra-High Frequency) ระยะในการอ่าน 1 – 10 M ในปัจจุบันรองรับชิป EPC Class0, Class1 และ ISO-1800-6-B EPC Class 0+ และ GEN2 ซึ่งจะหาได้ง่ายในอนาคต ระบบ UHF RFID ทั่วไปคลื่นความถี่อยู่ระหว่าง 860 – 960 MHz ที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะใช้ที่คลื่นความถี่ 915 MHz และในยุโรปจะใช้ที่คลื่นความถี่ 868 MHz การใช้งาน UHF RFID ใช้งานในองค์กรขนาดใหญ่, ธุรกิจระหว่างประเทศ และธุรกิจขนาดกลาง

องค์ประกอบหลักของระบบ RFID แบ่งเป็น 3 ส่วน บริษัทออไลน์วันซิสเต็มแอนด์ซัพพลาย จำกัด[1]

1. เครื่องอ่าน (Reader) เป็นตัวรับ-ส่งสัญญาณกับตัว RFID Tag โดยเปลี่ยนคลื่นความถี่วิทยุจาก RFID Tag ให้เป็นรูปแบบของข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

1.1 Reader คือ ตัวหลักสำหรับรับส่งสัญญาณ อาศัยเสาอากาศในการรับส่งสัญญาณ

1.2 Antenna คือ เสาอากาศสำหรับรับส่งสัญญาณ หรือเรียกว่าตัวขยายสัญญาณ ทำให้ระยะในการอ่านไกลมากขึ้น



รูปที่ 2.1 เครื่องอ่านและบันทึกข้อมูลใน RFID Tag ความถี่ 125 KHz

จาก : <https://shorturl.at/nclSx>



รูปที่ 2.2 เครื่องอ่านข้อมูลจาก RFID Tag ความถี่ 125 KHz สำหรับสมาร์ทโฟน

จาก : <https://shorturl.at/qBm2T>

2. RFID Tag คือตัวตอบสนองสัญญาณ RFID เมื่อมีคลื่นสัญญาณจากตัวอ่าน จะทำการสะท้อนสัญญาณไปยังตัวอ่าน RFID Tag ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ขดลวดขนาดเล็ก ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างพลังงานเพื่อส่งให้ส่วน microchip และ microchip ทำหน้าที่เก็บข้อมูลเลขประจำตัวของ tag และข้อมูลอื่นๆ



รูปที่ 2.3 RFID Tag และส่วนประกอบของ

จาก : <https://www.smartiden.com/17695828/rfid-tag>

RFID Tag แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

2.1 RFID Tag ชนิด Passive ป้ายชนิดนี้ทำงานได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก ระยะการอ่าน 1-10 เมตร

2.2 RFID Tag ชนิด Active ป้ายชนิดนี้ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เพื่อจ่ายไฟให้วงจรทำงาน ระยะการอ่านข้อมูลได้มากกว่า 10 เมตร แต่มีข้อเสียคือ ขนาดของป้ายหรือเครื่องอ่านมีขนาดใหญ่ อายุแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี

3. Software โปรแกรมที่ใช้สำหรับนำข้อมูลจากการอ่านจาก RFID Tag และเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปามาประมวลผล เพื่อสรุปข้อมูล และจัดทำใบแจ้งหนี้ หรือใบเสร็จรับเงินค่าบริการน้ำประปาหมู่บ้านต่อไป สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ Software 2 ส่วนด้วยกัน

3.1 AppSheet เป็น Software สำหรับการสร้างแอปพลิเคชัน (Application) ที่สามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟนและนำส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ Google Sheets

3.2 Google Sheets เป็นโปรแกรมสเปรดชีตออนไลน์ที่พัฒนาโดยบริษัท Google เป็นส่วนหนึ่งของชุดโปรแกรมใน Google Drive ที่รวมถึง Google Docs, Google Slides, และ Google Forms การใช้งาน Google Sheet สามารถทำได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์เพิ่มเติม Google Sheet เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บจัดการ และวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบของตาราง โดยมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น การคำนวณทางคณิตศาสตร์และสถิติ การสร้างกราฟ การทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์กับผู้ใช้คนอื่นๆ และการเชื่อมโยงกับบริการและแอปพลิเคชันอื่นๆ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิวัฒน์ ตั้งวรภรณ์[2] ศึกษาความคุ้มค่าของการนำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันการปลอมปนในระบบหมุนเวียนพาเลท จากผลการวิเคราะห์ด้านเทคนิคพบว่า RFID Tag ที่เลือกจะใช้เป็นแบบ Passive Tag ในด้านการดำเนินการ พบว่า สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานได้ประมาณ 58.34% สรุปได้ว่า การลงทุนในการนำเทคโนโลยี RFID มาใช้สำหรับป้องกันการปลอมปนพาเลทในระบบหมุนเวียน ดังนั้นสรุปได้ว่า มีความคุ้มค่าในการนำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้งานเพื่อป้องกันการปลอมปนในระบบพาเลทหมุนเวียน บริษัทกรณีศึกษา โดยให้ผลตอบแทนมากกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต่ำที่สุดที่พึงพอใจในการลงทุน 10%

รุจกา สติรางกูร[5] ศึกษาการประยุกต์ใช้ IoT และ RFID ในการตรวจสอบการเข้าเรียน เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID และ ศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้บริหาร คณบดี อาจารย์และนักศึกษา จำนวน 30 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID และ 2) แบบประเมินผลการใช้งานระบบ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ในการประยุกต์ใช้ IoT และ RFID ในการตรวจสอบการเข้าเรียน สามารถทำได้โดยติดตั้งแท็กลงบนบัตรนักศึกษาและกำหนดหมายเลขแท็ก ซึ่งเป็นตัวเลข 5 ชุดคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาคสำหรับนักศึกษาแต่ละคนในฐานข้อมูลนักศึกษา 2) ระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 2.1) ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ (1) บอร์ด NodeMCU ESP8266 (2) โมดูล RFID และ (3) จอ OLED 2.2) เว็บไซต์ UCT-SAMS จำนวน 5 โมดูล ได้แก่ (1) นักศึกษา (2) อาจารย์ผู้สอน (3) คณะ (4) ผู้บริหาร และ (5) ผู้ดูแลระบบ และ 3) ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (= 4.52, S.D. = 0.50)

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเพื่อนำเทคโนโลยี RFID มาช่วยในขั้นตอนการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาหมู่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสรรกิ จังหวัดเชียงใหม่ มีการดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 เครื่องมือวิจัย

- 3.1.1 สมาร์ทโฟน ที่รองรับ GTO
- 3.1.2 RFID Reader สำหรับสมาร์ทโฟน
- 3.1.3 RFID Tag
- 3.1.4 Google Sheets, Appsheet

3.2 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ ผู้ใช้บริการน้ำประปาหมู่บ้าน ของหมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสรรกิ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 160 หลังคาเรือน

3.3 ศึกษาการทำงานขั้นตอนระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปา

ขั้นตอนการทำงานของระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาแบบเดิมของหมู่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสรรกิ จังหวัดเชียงใหม่ ใช้วิธีการบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาด้วยปากกาในตารางบันทึก โดยมีรายละเอียดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงานตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาของหมู่บ้านแบบเดิม

ลำดับที่	ขั้นตอน	เวลาเฉลี่ย (นาที)	หมายเหตุ
1	เตรียมอุปกรณ์ (ปากกา, ตารางรายชื่อผู้ใช้น้ำ)	5	จนท.1
2	เดินทาง	145	จนท.1
3	อ่านเลขมิเตอร์น้ำประปา	15	จนท.1
4	บันทึกเลขมิเตอร์น้ำประปา(เขียนด้วยมือ)	15	จนท.1
5	ป้อนข้อมูลในคอมพิวเตอร์	20	จนท.2
6	ตรวจสอบเลขมิเตอร์จากการป้อนข้อมูล	10	จนท.2
7	ประมวลผล และสรุปข้อมูล	8	จนท.2
8	ตรวจสอบการประมวลผลข้อมูล	5	จนท.2
9	พิมพ์ใบเสร็จ	25	จนท.2
10	เก็บค่าบริการน้ำประปา	-	จนท.1
	รวม	248	

หมายเหตุ : 1) จนท.1 หมายถึง เจ้าหน้าที่คนที่ 1 ไม่มีความรู้ทางคอมพิวเตอร์
จนท.2 หมายถึง เจ้าหน้าที่คนที่ 2 สามารถใช้คอมพิวเตอร์ได้

2) ลำดับที่ 10 ไม่สามารถกำหนดเวลาได้

จากตารางที่ 3.1 ขั้นตอนระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปา มีทั้งหมด 10 ขั้นตอน โดยใช้เวลาในการทำงานทั้งสิ้น 248 นาที หรือคิดเป็น 4 ชั่วโมง 8 นาที

3.4 วิเคราะห์ปัญหา

จากการสอบถามข้อมูลพบว่าระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาแบบเดิม ยังมีปัญหาเรื่องของการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำ เนื่องจากการบันทึกโดยวิธีการใช้ตารางกระดาษมีปัญหาเกี่ยวกับต้องเสียเวลาในการค้นหารายชื่อของผู้ใช้บริการน้ำประปาเพื่อเขียนเลขมิเตอร์ให้ตรงช่อง การเข้าใจผิดพลาดเกี่ยวกับตัวเลขที่เขียนมาเนื่องจากปัญหาเรื่องของลายมือหรือ เส้นหมึกของปากกาขาดหายบ้างทำให้ตัวเลขที่เขียนมาไม่ชัดเจน และตำแหน่งที่ตั้งของมิเตอร์น้ำประปามักจะมีน้ำฝุ่น และในป่าหญ้ารก และประกอบกับผู้เกี่ยวข้องต้องการเทคโนโลยีที่ทันสมัยใช้งานง่าย ถูกต้อง รวดเร็วมาใช้งาน

3.5 การหาแนวทางแก้ไขปัญหา

แนวทางการแก้ปัญหาที่ ผู้วิจัยได้พิจารณาเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมใช้สำหรับการระบุตัวตนของผู้ใช้น้ำประปา ซึ่งมีให้เลือกหลายชนิด เช่น บาร์โค้ด(Bar Code) คิวอาร์โค้ด(QR Code) และ RFID เป็นต้น เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสม RFID จะมีความเหมาะสมที่สุด เพราะตัว RFID Tag มีความทนต่อสภาพอากาศในรูปแบบต่างๆ มากกว่า บาร์โค้ด และคิวอาร์โค้ด จึงได้นำเอา RFID ร่วมกับ Google Sheets มาช่วยในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนที่สำคัญคือการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปา ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แนวทางการแก้ไขปัญหโดยใช้เทคโนโลยี RFID

ลำดับที่	ขั้นตอนวิธีการเดิม	ขั้นตอนวิธีการใหม่	หมายเหตุ
1	เตรียมอุปกรณ์ (ปากกา, ตารางรายชื่อผู้ใช้น้ำ)	เตรียมข้อมูลใน Google Sheet	จนท.2
2	เดินทาง	ตามเดิม	จนท.1
3	อ่านเลขมิเตอร์น้ำประปา	ตามเดิม	จนท.1
4	บันทึกเลขมิเตอร์น้ำประปา(เขียนด้วยมือ)	ใช้สมาร์ทโฟน + RFID Tag + Google sheets	จนท.1
5	ป้อนข้อมูลในคอมพิวเตอร์	ตัดขั้นตอนนี้	
6	ตรวจสอบเลขมิเตอร์จากการป้อนข้อมูล	ตัดขั้นตอนนี้	
7	ประมวลผล และสรุปข้อมูล	ตัดขั้นตอนนี้	
8	ตรวจสอบการประมวลผลข้อมูล	ตัดขั้นตอนนี้	
9	พิมพ์ใบเสร็จ	ตามเดิม	จนท.2
10	เก็บค่าบริการน้ำประปา	ตามเดิม	จนท.1

การหาแนวทางแก้ไขปัญหาจากตารางที่ 3.2 ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยี RFID ร่วมกับ Google sheets มาใช้ในกระบวนการเก็บค่าบริการน้ำประปาหมู่บ้าน โดยสรุปได้ 3 ประเด็นดังนี้

1. สร้างตารางฐานข้อมูล เพื่อการรับข้อมูล จัดเก็บข้อมูล และประมวลผลใน Google Sheets ในตารางข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลของสมาชิกผู้ใช้น้ำประปา เช่น ลำดับ, หมายเลข RFID, ชื่อ, นามสกุล, เลขมิเตอร์ใช้น้ำครั้งก่อน เป็นต้น

#	A	B	C	D	E
1	ช่วงเวลา	หมายเลข RFID ผู้ใช้น้ำ	เลขมิเตอร์ครั้งก่อน	ชื่อผู้ใช้น้ำ	เลขมิเตอร์ครั้งก่อน
2	30/4/2567 6:40:24	0007849899	1155	แรม	1133
3	30/4/2567 6:41:06	0013822522	1503	เรือน	1499
4	30/4/2567 6:42:06	0008788981	2794	ดวงคำ2	2771
5	30/4/2567 6:43:12	0013287034	2778	ยพิน	2778
6	30/4/2567 6:43:55	0008954993	928	โพล	899
7	30/4/2567 6:47:36	0013132778	662	บุญศรี	653
8	30/4/2567 6:48:03	0005429110	1484	พรพรรณ	1470
9	30/4/2567 6:49:01	0009485056	1181	วิธธิ	1171
10	30/4/2567 6:53:10	0012434427	1739	พิณพ	1727
11	30/4/2567 6:53:36	0009925756	336	จำนงค์	320
12					
13					

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างตารางข้อมูลใน Google Sheets ส่วนของการรับข้อมูล

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	RFIDCode	ชื่อ	นามสกุล	เลขมิเตอร์ ครั้งนี้	เลขมิเตอร์ ครั้งก่อน	ส่วนลด	อัตรา	Meter Service	date_id	month_id	year_id	unit use	unit for cal	Money	Finalmoney
1															
2	0016544346	แก้วสุน		8533	8453	0	5		30 เมษายน	2567		80	80	400	400
3	0003747419	หวล		1215	1210	0	5		30 เมษายน	2567		5	5	25	25
4	0007633045	เพียร		3531	3527	0	5		30 เมษายน	2567		4	4	20	20
5	0008796661	พัชรพงษ์		724	724	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
6	0013208983	ณัฐพงศ์			6432	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
7	0013866670	อนันต์			4608	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
8	0015577372	วรรณ			1320	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
9	0008729550	อำนาจ			2242	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
10	0007891214	คำจันทร์			2791	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
11	0009925756	จันทิ			320	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
12	0008954993	ไพล			899	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
13	0013879786	คำ			1670	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
14	0012107782	ลีย			2081	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0
15	0013831738	นรินทร์			1929	0	5		30 เมษายน	2567		0	0	0	0

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างตารางข้อมูลใน Google Sheets ส่วนของการเก็บข้อมูล

2. ติดตั้ง RFID Tag ที่มีหมายเลข RFID ตรงกันกับหมายเลข RFID ของสมาชิกผู้ให้บริการน้ำประปาในตารางข้อมูล กับมิเตอร์วัดการไหลของน้ำประปาของสมาชิกทุกหลังคาเรือน

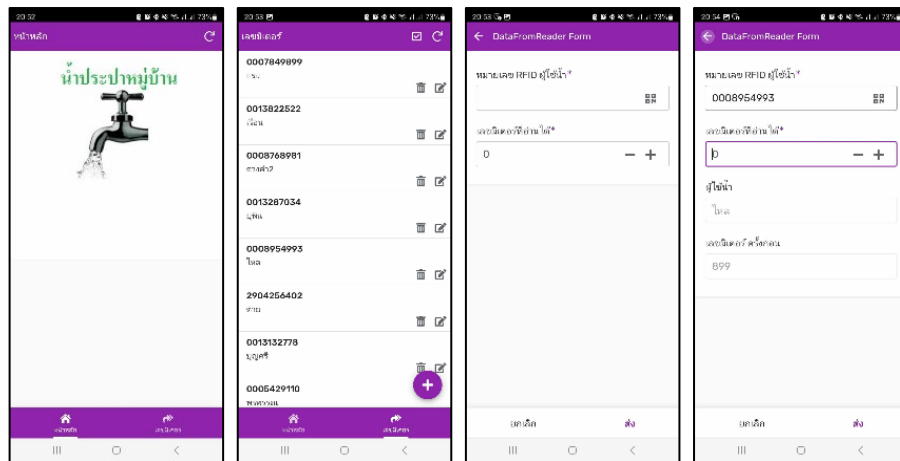


รูปที่ 3.3. การติดตั้ง RFID Tag ไว้กับมิเตอร์น้ำประปา

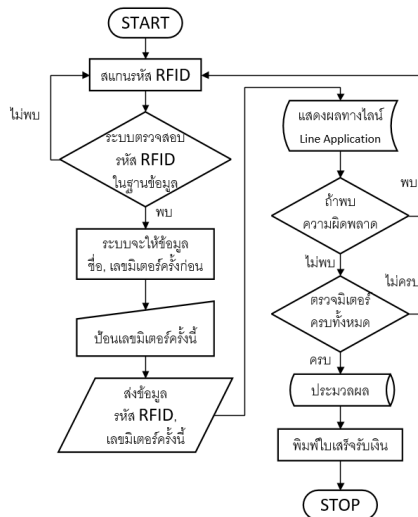
3. เปลี่ยนการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาจากวิธีการเขียนด้วยปากกาในกระดาษตารางมาใช้สมาร์ทโฟนร่วมกับ ตัวอ่าน RFID



รูปที่ 3.4 การใช้สมาร์ทโฟนอ่านข้อมูล RFID จาก RFID Tag



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างแอปพลิเคชันการบันทึกเลขมิเตอร์น้ำประปา



รูปที่ 3.6 ผังการทำงานของแอปพลิเคชันการบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปา



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการแจ้งข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

เมื่อได้ข้อสรุปจากการพิจารณาปัญหาของการทำงานระบบการจดทะเบียนค่าน้ำประปาหมู่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ คือ ขั้นตอนของการออกตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาของสมาชิก ยังมีความผิดพลาดของข้อมูล เนื่องจากการบันทึกข้อมูลด้วยปากกาในกระดาษตารางข้อมูลที่มีรายชื่อสมาชิกผู้ใช้น้ำประปาหมู่บ้านทั้งหมด เมื่อผู้ทำหน้าที่ออกตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาเดินทางไปถึงตำแหน่งที่ตั้งของมิเตอร์น้ำประปาของสมาชิกแต่ละหลังคาเรือน จะทำการเปิดฝามิเตอร์วัดปริมาณการไหลของน้ำเพื่ออ่านตัวเลข จากนั้นก็จะเปิดค้นหาชื่อของสมาชิกในกระดาษตารางรายชื่อสมาชิกผู้ใช้น้ำประปาเพื่อเขียนเลขมิเตอร์การใช้น้ำ พอได้ข้อมูลครบทุกหลังคาเรือนแล้ว ก็จะส่งต่อข้อมูลที่เป็นตารางกระดาษให้กับเจ้าหน้าที่อีกคนเพื่อป้อนข้อมูลสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทำการประมวลผลข้อมูล และจัดทำใบเสร็จรับเงินค่าน้ำประปาต่อไป ปัญหาที่พบก็คือ การใช้เวลามากกับการค้นหารายชื่อผู้ใช้น้ำในตารางกระดาษ และจากการเขียนด้วยลายมือหรือจากความบกพร่องของลายเส้นปากกาที่ขาดหาย และจากสภาพของตำแหน่งที่ตั้งของมิเตอร์น้ำประปามีทั้งน้ำ ฝุ่น ป่า หญ้ารก อาจทำให้ตารางกระดาษสกปรกมีโอกาสที่เจ้าหน้าที่ที่ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์อ่านตัวเลขผิดพลาด ทำให้ค่าใช้จ่ายค่าบริการน้ำประปาเกิดความคลาดเคลื่อนไปด้วย และทางที่ผู้รับผิดชอบดูแลบริหารระบบบริการน้ำประปาหมู่บ้านมีความต้องการเทคโนโลยีสมัยที่ทันสมัยเข้ามาช่วยดำเนินการ

จากนั้นผู้วิจัยได้พิจารณาหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดมาใช้งาน คือ RFID ร่วมกับ Google Sheets หลังจากนำ RFID กับ Google Sheets มาใช้ในขั้นตอนของการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปา โดยผู้ทำหน้าที่ออกตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำจะใช้เพียง สมาร์ทโฟน 1 เครื่อง และตัวอ่านรหัส RFID จำนวน 1 ตัว เท่านั้น ข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปอยู่ในระบบฐานข้อมูลแล้ว และระหว่างการตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำจะมีการแจ้งผลของการป้อนข้อมูล เช่น จำนวนหน่วยของการใช้น้ำ ค่าบริการที่ต้องชำระเป็นจำนวนเงินอย่างทันที จึงสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ และจากการที่ข้อมูลถูกส่งเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว ขั้นตอนการทำงานเดิม คือ การป้อนข้อมูลในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบเลขมิเตอร์จากการป้อนข้อมูล การประมวลผลและสรุปข้อมูล และตรวจสอบการประมวลผลข้อมูล ก็ไม่มีความจำเป็นต้องดำเนินการอีกต่อไป เป็นการลดขั้นตอนในการทำงาน ผลจากการแก้ไขปัญหาอ้างอิงการจับเวลา ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนและเวลาการทำงานหลังการนำ RFID ร่วมกับ Google Sheets มาใช้

ลำดับที่	ขั้นตอน	เวลาเฉลี่ย (นาที)
1	เตรียมข้อมูลใน Google Sheet	5
2	เดินทาง	145
3	อ่านเลขมิเตอร์น้ำประปา	15
4	บันทึกเลขมิเตอร์โดยใช้ RFID และสมาร์ทโฟน	18
5	ตรวจสอบการประมวลผลข้อมูล	2
6	พิมพ์ใบเสร็จ	25
7	เก็บค่าบริการน้ำประปา	-
รวม		210

จากตารางที่ 4.1 จากการนำเทคโนโลยี RFID ร่วมกับ Google Sheets ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีความรวดเร็ว และมีความถูกต้องสูง มาประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงกระบวนการ จัดเก็บค่าบริการน้ำประปาหมู่บ้านนั้น จึงทำให้กระบวนการของระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาจาก 10 ขั้นตอน ลดลงเหลือ 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1)เตรียมข้อมูลใน Google Sheet 2) เดินทาง 3) อ่านเลขมิเตอร์น้ำประปา 4) บันทึกเลขมิเตอร์โดยใช้ RFID และสมาร์ทโฟน 5) ตรวจสอบการประมวลผลข้อมูล 6) พิมพ์ใบเสร็จ และ 7) เก็บค่าบริการน้ำประปา ทำให้ในภาพรวมการดำเนินการระบบจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาใช้เวลาดำเนินการน้อยลงและไม่พบข้อผิดพลาดของข้อมูล ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือ จากเดิมใช้เวลาทั้งหมด 248 นาที (4 ชั่วโมง 8 นาที) ลดลงเหลือ 210 นาที (3 ชั่วโมง 30 นาที) คิดเป็นร้อยละ 15.32

5. สรุป

งานวิจัยการพัฒนากระบวนการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาโดยใช้ RFID และ Google sheet เพื่อการปรับปรุงขั้นตอนระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาหมู่บ้าน กรณีศึกษา หมู่บ้านหมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ หลังจากการเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยี RFID โดยการติดตั้ง RFID Tag กับตัวมิเตอร์วัดปริมาณการไหลของการใช้น้ำประปาเพื่อเป็นการระบุตัวตนของผู้ใช้บริการน้ำประปาแล้ว ผู้ทำหน้าที่ออกตรวจบันทึกเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาของสมาชิกจะใช้เพียงสมาร์ทโฟน 1 เครื่อง และตัวอ่านรหัส RFID สำหรับสมาร์ทโฟน เพียงสองอย่างนี้ก็ทำงานได้แล้ว พอเดินไปถึงที่ตั้งของมิเตอร์น้ำประปาแต่ละที่ ก็ใช้ตัวอ่านรหัส RFID ที่ติดตั้งกับสมาร์ทโฟนและที่ตัว RFID Tag รหัส RFID ของสมาชิกผู้ใช้น้ำประปารายนั้นก็จะปรากฏในแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน และแอปพลิเคชันจะติดต่อฐานข้อมูล ถ้าวัดรหัส RFID มีความถูกต้องระบบจะแจ้งชื่อพร้อมกับเลขมิเตอร์การใช้น้ำประปาครั้งที่แล้วของผู้ใช้น้ำรายดังกล่าวมาแสดงที่แอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน เจ้าหน้าที่จึงสามารถตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นได้ จากนั้นก็เปิดฝามิเตอร์น้ำประปาเพื่อดูตัวเลขและกดปุ่มตัวเลขมิเตอร์การใช้น้ำในแอปพลิเคชันแล้วกดปุ่มส่งข้อมูล เมื่อฐานข้อมูลได้รับข้อมูลรหัส RFID และเลขมิเตอร์การใช้น้ำในครั้งนี้ ระบบฐานข้อมูลจะนำไปประมวลผล และแจ้งข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับบริการการใช้น้ำของสมาชิก เช่น จำนวนหน่วยที่ใช้น้ำไปครั้งล่าสุดเป็นลูกบาศก์เมตร อัตราค่าบริการน้ำ และค่าบริการน้ำประปาที่ต้องชำระ มาแสดงที่แอปพลิเคชัน หรือสามารถแสดงรายละเอียดทั้งหมดที่แอปพลิเคชันไลน์ได้อีกทางหนึ่ง จะเห็นว่าเมื่อส่งข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟนแล้ว ข้อมูลจะถูกเก็บและประมวลผลในฐานข้อมูลที่สร้างและกำหนดไว้ทันที จึงเป็นการลดขั้นตอนของการทำงานเดิมลง 4 ขั้นตอน คือขั้นตอน 1) การป้อนข้อมูลในคอมพิวเตอร์ 2) การตรวจสอบเลขมิเตอร์จากการป้อนข้อมูล 3) การประมวลผล และสรุปข้อมูล และ 4) ตรวจสอบการประมวลผลข้อมูล สามารถจัดทำใบเสร็จรับเงินได้ทันที

จึงทำให้การทำงานการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาหมู่บ้าน ของหมู่บ้านหมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ มีความทันสมัย ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ มีความถูกต้องรวดเร็ว ลดการขัดแย้งในการทำงาน มีความน่าเชื่อถือ และใช้เวลาในการทำงานน้อยลงจากเดิม จากจำนวนสมาชิกผู้ใช้น้ำในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 160 หลังคาเรือนใช้เวลา 248 นาที (4 ชั่วโมง 8 นาที) ลดลงเหลือ 210 นาที (3 ชั่วโมง 30 นาที) คิดเป็นร้อยละ 15.32

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณอุเทน เกาทอง ผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ และคณะผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจการน้ำประปาหมู่บ้าน หมู่ที่ 2 ตำบลหนองแฝก อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- บริษัทออไลน์วันซิสเต็มแอนด์ซัพพลาย จำกัด. (2560). RFID คลื่นสัญญาณวิทยุ. สืบค้น 15 พฤษภาคม 2567, จาก <http://www.aio-ss.com/16897968/rfid>.
- อภิวัฒน์ ตั้งวารภรณ์. (2563). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ RFID เพื่อป้องกันการปลอมปนในระบบหมუნเวียนพาเลท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ศิริชัย โชติสินีเมธานนท์, จักรพันธ์ ศรีสวัสดิ์. (2565). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี(RFID) ที่มีผลต่อการดำเนินงานของบริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด. วารสารวิทยาการจัดการและการบัญชี(มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์), 1(2), 29-39.
- อนุพงศ์ ภัทรบุญย์พงศ์ และ ศุภวัฒน์กร วงศ์ธนวุธ, สาธิตา เรืองสิริกกุล. (2567) การพัฒนาแอปพลิเคชันนำทางรถฉุกเฉินด้วยแอปซีท. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 2(1), 1-5.
- รุจกา สติรางกูร. (2564). การพัฒนาระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 8(2), 33-47.
- อรรถพล จันทร์สมุด. (2565). กูเกิลซีทเพื่อการจัดการฐานข้อมูลการเงิน. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร สาขามุขยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 6(2). 12-20.
- ชติพงษ์ จิโนสุวัตร, วิวัฒน์ สิงใส. (2566). การปรับปรุงขั้นตอนระบบการจัดเก็บค่าบริการน้ำประปาหมู่บ้านด้วยหลักการ ECRS. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์. (9). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา. 30-44.

การพัฒนาเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบแห้งเส้นใยจากกัญชง

วรเชษฐ์ หวานเสียง^{1*} และ สราวุธ เขาวการกุล²

^{1*,2} สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา เชียงใหม่

* E-mail Address: Worached19 @gmail.com 0947478926, s_jiau@rmult.ac.th 0857232661

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งเส้นใยกัญชงเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าเส้นใยกัญชงให้กับบุคลากรของมูลนิธิพัฒนาโครงการหลวง และกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว ตำบลบ้านปาง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ให้ได้ผลผลิตกัญชงที่มีปริมาณมากขึ้น ลดของเสียจากเชื้อรา และ ค่าความชื้นของเส้นใยกัญชงให้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ตามข้อกำหนดของบริษัทในการรับซื้อกับโครงการหลวงห้วยเสี้ยว การผลิตเส้นใยกัญชงเริ่มจากการนำวัตถุดิบต้นกัญชงดิบมาแกะทะาะแกนออก แล้วนำใยกัญชงมาผึ่งกลางแจ้งไว้ 3 วัน(แบบผึ่ง) โดยเครื่องอบใช้หลักการให้ความร้อนอบแห้งจากขดลวดความร้อน การอบแห้งเส้นใยกัญชง มี 2 แบบ คือแบบผึ่งแห้งและแบบดิบ ใช้อุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้ง 30-60 นาที ปริมาณน้ำหนัก 10-40 กิโลกรัม จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งเส้นใยกัญชงแบบผึ่งมาแล้ว ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ในเวลา 60 นาที ได้ความชื้นหลังอบเฉลี่ย 9.2 เปอร์เซ็นต์ ตามข้อกำหนด และการอบแห้งเส้นใยกัญชงแบบดิบที่ไม่ได้ผ่านการผึ่งมา ผลของค่าความชื้นเกินกว่าตามที่กำหนดไว้ จึงดำเนินการอบแห้งเส้นใยกัญชงอีกครั้ง โดยใช้อุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการอบแห้งครั้งละ 15 นาที จำนวน 4 ครั้ง น้ำหนักกัญชงที่ใช้ 40 กิโลกรัม ผลได้ค่าความชื้นหลังอบ 9.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้เส้นใยกัญชงที่มีคุณภาพดี ค่าความชื้นได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องอบเส้นใยกัญชง, การอบแห้ง, เส้นใยกัญชง

Development of a suitable dryer for the hemp fiber drying process.

Worached Hwanseang^{1*} and Sarawut chaowakarnkool²

^{1*,2} Production Engineer, Department of Industrial Engineer, Faculty of Engineer,
Rajamangala University of Technology Lanna

* E-mail Address: Worached19@gmail.com 0947478926, s_jiau@rmult.ac.th 0857232661

Abstract

The objective of this research is to design and develop a hemp fiber dryer to help increase the value of hemp fiber for personnel of the Royal Project Development Foundation. and farmer groups in the area of responsibility. Huai Siao Royal Project Development Center, Ban Pong Subdistrict, Hang Dong District, Chiang Mai Province To achieve a greater amount of product Reduce fungal waste and the moisture content of hemp fibers to no more than 10 percent, according to the company's requirements for purchasing with the Huai Siao Royal Project. The production of hemp fiber begins by cracking the core of raw hemp plant material. Then take the hemp fiber and dry it outdoors for 3 days (drying style) with the dryer using the principle of heating and drying from a heating coil. There are two types of drying of hemp fibers: desiccated and raw. The temperature is 40–80 degrees Celsius. The drying time is 30 to 60 minutes. The weight is 10–40 kilograms. From the study, it was found that the drying of hemp fibers The type that has already been dried at a temperature of 80 degrees Celsius in 60 minutes has an average moisture content after drying of 9.2 percent, according to the requirements and the drying of raw hemp fibers that have not been dried. The result of the humidity value exceeding the specified limit So proceed to dry the hemp fiber again. Using a temperature of 80 degrees Celsius, increase the drying time by 15 minutes at a time, 4 times. The weight of hemp used was 40 kilograms, with a moisture content after drying of 9.5 percent, which resulted in good-quality hemp fibers. The humidity value is according to the specified criteria. It is the most suitable state of being.

Keywords: Hemp fiber dryer, drying, hemp fiber

1. บทนำ

กัญชงเป็นพืชตระกูลเดียวกับกัญชา แต่เป็นสายพันธุ์ย่อย โดยกัญชงมีชื่อภาษาอังกฤษว่า Hemp ส่วนชื่อทางวิทยาศาสตร์ของกัญชงว่า กัญชงยังมีปริมาณสารเตตราไฮโดรแคนนาบินอล หรือที่เรียกว่าสาร THC หรือสารที่มีฤทธิ์ต่อจิตและประสาทที่ทำให้มึนเมา ไม่เกินร้อยละ 1.0 ต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งน้อยกว่ากัญชามาก ส่งผลให้กัญชงมีอาการมึนเมา หรือหลอนประสาทน้อยกว่า กัญชงจะมีลักษณะทางกายภาพเป็นต้นสูงเรียวยาว มีใบเรียวยาวเป็นแฉกมีประมาณ 7-11 แฉก ต่อ 1 ใบ ขอบใบเหมือนใบเลื่อย ปลายใบเรียวยาวแหลม ก้านใบยาวประมาณ 7 เซนติเมตร ลำต้นสูงเรียวยาวมากกว่า 200 เซนติเมตรและมีสีเขียวอ่อน ขณะเดียวกันกัญชงจะออกดอกตามซอกใบ ปลายยอดของเป็นข้อมีสีขาวขนาดเล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร ส่วนผลกัญชงมีลักษณะเป็นรูปไข่กลมรี ผิวเรียบมีลายสีน้ำตาล ผลเป็นเมล็ดแห้งสีเทา สรรพคุณทางยาของกัญชง กัญชงสามารถใช้ในการรักษาโรคได้ โดยส่วนของใบมีสรรพคุณเป็นยาบำรุงโลหิต ช่วยทำให้รู้สึกผ่อนคลาย สดชื่น ช่วยให้นอนหลับสบาย ช่วยรักษาอาการวิงเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ หรือไมเกรน ช่วยแก้อาการกระหาย ใช้รักษาโรคท้องร่วงโรคริด และช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด คลายกล้ามเนื้อ รักษาโรคเกาต์ ส่วนของเมล็ด ภูมิปัญญาของชาวม้งจะใช้เมล็ดสดเป็นยาสลายนิ่ว โดยนำมาเคี้ยวสดๆ ส่วนของเปลือกจากลำต้นปอกให้เป็นเส้นใยเพื่อนำไปใช้ทำเป็นด้ายและเชือก ใช้สำหรับทอผ้า เครื่องนุ่งห่ม ส่วนเนื้อของลำต้นที่ลอกเปลือกออกแล้ว สามารถนำมาผลิตเป็นกระดาษได้ ส่วนแกนของต้นกัญชงจะมีคุณสมบัติในการดูดซับกลิ่น น้ำ หรือน้ำมันได้ดี

เนื่องด้วยมูลนิธิโครงการหลวงห้วยเสี้ยว ตำบลบ้านปาง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ มีการส่งเสริมให้เกษตรกร และชุมชนในพื้นที่ปลูกต้นกัญชงและมีการแปรรูปต้นกัญชง เป็นเส้นใยกัญชงโดยการนำต้นกัญชงดิบไปกะเทาะแกนออกให้เหลือเพียงเส้นใยแล้วนำไปตากให้แห้งถึงจะส่งขายให้กับบริษัทที่ต้องการเส้นใยกัญชงเพื่อไปแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อ ส่วนในกระบวนการตากแห้งต้นกัญชงนั้นจำเป็นต้องตากทิ้งไว้ประมาณ 10-14 วัน ถึงจะได้เส้นใยตามความแห้งที่บริษัทต้องการ แต่สภาพอากาศบางครั้งไม่เอื้ออำนวยทำให้มีความชื้นมากเกินไป จึงทำให้เส้นใยที่ตากทิ้งไว้เกิดเชื้อรา และใช้เวลาในการตากนานกว่าจะได้แต่ละครั้ง ส่งผลให้สินค้าส่งไม่ทันตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้และคุณภาพเส้นใยกัญชงต่ำกว่าเกณฑ์ทำให้ราคาตกต่ำไปด้วย จากปัญหาข้างต้นที่เกิดขึ้นดังกล่าวทางเกษตรกรและมูลนิธิพัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว จึงได้หาแนวทางเพิ่มผลผลิตให้ได้ปริมาณมากขึ้นตามความต้องการของบริษัทโดยลดของเสียที่เกิดจากเชื้อรา

ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้ยกปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นมาทำการแก้ไขโดยการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งเส้นใยกัญชงเพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าในกระบวนการตากแห้งและลดของเสียเส้นใยจากการเกิดเชื้อราวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกรชุมชนพื้นที่รอบสถานีศูนย์พัฒนามูลนิธิโครงการหลวงห้วยเสี้ยว ตำบลบ้านปาง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ มีความเข้มแข็ง และพึ่งพาตัวเองได้อย่างยั่งยืน และเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยกัญชงรวมถึงสร้างรายได้ให้กับชุมชน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กัญชง

ในการปลูกกัญชงเพื่อใช้ประโยชน์จากเส้นใยนั้น เมื่อกัญชงอายุ 90 วัน จะทำการเก็บเกี่ยวโดยการตัดต้น รีดใบออก และนำต้นมาแยกเปลือก และแยกแกนเพื่อนำเปลือกไปเข้ากระบวนการแปรรูปเป็นเส้นด้าย ซึ่งในกระบวนการนั้นต้องผ่านขั้นตอนการต้ม การลอก การฟอก และกระบวนการตัดสายเส้นใย ซึ่งพบว่าจะมีเส้นใยสั้นๆที่เกิดขึ้นในขั้นตอนเหล่านี้สูงถึงร้อยละ 60-70 ซึ่งเส้นใยสั้นๆ เหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ และสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าได้หลายแบบตามแนวทางของ BCG model เส้นใยกัญชงเป็นส่วนพื้นผิวที่มีปริมาณเส้นใยสูงมีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ตามตำแหน่งของลำต้น มีการเรียงตัวในทิศทางยาวคงที่มีการรวมตัวของเส้นใยซึ่งมีลักษณะเป็นปล้อง มีความยาวคงที่ มีขนาดหน้าตัดโดยเฉลี่ยที่ 20-40 ไมโครเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ 10-50 ไมโครเมตรเศษเส้นใยกัญชงที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตเส้นด้ายนั้น มีขนาดความยาวอยู่ที่ 2-8 เซนติเมตร ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยสั้น เมื่อนำมาตัดขวางขนาดของเส้นใยกัญชงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดที่ประมาณ 10 ไมโครเมตร และมีขนาดใหญ่สุดที่ 120 ไมโครเมตร ลักษณะพื้นผิวขรุขระ และหยาบ แต่มีการเรียงตัวในแนวยาวต่อเนื่องสม่ำเสมอ ส่งผลให้การยึดเกาะกันของเส้นใยโดยรวมอยู่ในรูปแบบที่มีความหนาแน่น ความยืดหยุ่น น้ำหนักเบาแต่มีความเหนียวในเส้นใยสูงเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานในการทำกระดาษพิเศษ ซึ่งจะทำให้ความโปร่งและเบาของกระดาษที่จะผลิตได้ นอกจากนั้นเศษ

เส้นใยแก้วที่มีโครงสร้างผลึกที่เป็นธาตุซิลิคอนซึ่งมีปริมาณของธาตุซิลิคอน ในปริมาณร้อยละ 71.19 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณของธาตุออกซิเจน ในปริมาณที่ร้อยละ 28.55 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่นำส่วนเหลือใช้เศษแก้วมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า กระดาษแบบพิเศษในแถบประเทศยุโรปนั้นมีการนำเยื่อกระดาษจากแก้วซึ่งไปผสมกับเยื่อกระดาษอื่นๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษ เหมาะสมกับการนำไปทำผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเส้นใยแก้วที่มีความแข็งแรงและต้านแรงดึงสูง 310-750 Mpa และความหนาแน่นต่ำ 549 length/diameter ทำให้เส้นใยแก้วเป็นวัสดุที่ดีที่จะใช้เป็นวัสดุเสริมแรงให้กับผลิตภัณฑ์

2.2 การอบแห้ง

การอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้งความร้อนส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำออกจากผิววัสดุถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ และถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วมวลของอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลง อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิที่ผิวจะสูงขึ้นและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะลดลง ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งลดลง

2.3 ตู้อบแบบภาค

ตู้อบแบบนี้จะนำวัตถุดิบวางไว้ในถาด ตะแกรง หรือแผ่นที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบ หรือเป่าตั้งฉากกับกันถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบ เนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงนัก วัตถุดิบจึงยังอยู่นิ่ง ไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกใดๆ ไม่เกิดความเสียหายจากการแตกหัก ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะ จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการอบด้วยการควบคุมภายใต้เงื่อนไขการอบเข้มงวด หรืออบวัตถุดิบหลายๆ ชนิดแต่จำนวนน้อยๆ หรือใช้กับการควบคุมแบบโปรแกรมซึ่งค่อยๆ ปรับอุณหภูมิไปตามความเหมาะสม

2.4 ความชื้น

วิธีการหาความชื้นโดยตรงมีหลายวิธี เช่น การใช้ตู้อบ การกลั่น การใช้สารดูดความชื้นในห้องสูญญากาศ เป็นต้น วิธีตรงเป็นวิธีที่ใช้เวลา แต่มีความถูกต้องสูง สามารถใช้อ้างอิงได้ การหาความชื้นของเมล็ดพืชอาจทำได้โดยใช้ตู้อบ ในกรณีแรกเมล็ดพืชจะถูกอบให้ละเอียดและใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ในกรณีที่สองนำเมล็ดพืชที่ไม่ได้บดใส่ไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง ตัวเลขที่กล่าวนี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะเท่านั้นความแตกต่างอาจเกิดขึ้นได้สำหรับมาตรฐานของแต่ละประเทศ วิธีการหาความชื้นโดยอ้อม อาจทำได้โดยการวัดคุณสมบัติบางอย่างซึ่งขึ้นกับความชื้น เช่น ความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเล็กตริก วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็ว ข้อเสียคือ ความชื้นที่ทำได้อาจไม่ถูกต้องนัก แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันในวงการค้าทั่วไป เนื่องจากทำได้รวดเร็ว ไม่ต้องรอเป็นเวลานานหลายชั่วโมงเหมือนดังเช่นกรณีการใช้ตู้อบ ค่าความชื้นคือค่าความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นหรือวัสดุแห้งการบอกความชื้นในวัสดุมี 2 แบบคือความชื้นมาตรฐานเปียก และความชื้นมาตรฐานแห้ง

ความชื้นมาตรฐานเปียก เป็นค่าความชื้นที่มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ เป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักรวมของวัสดุ ดังสมการที่ (1)

$$M_w = \frac{(w-d)}{w} \quad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งและใช้ในบทความนี้ เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่ โดยบอกเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักแห้งของวัสดุ ดังสมการที่ (2)

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \quad (2)$$

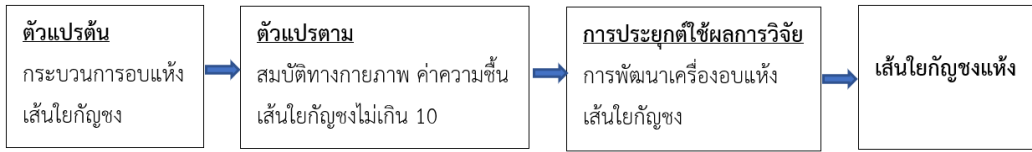
โดยที่ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

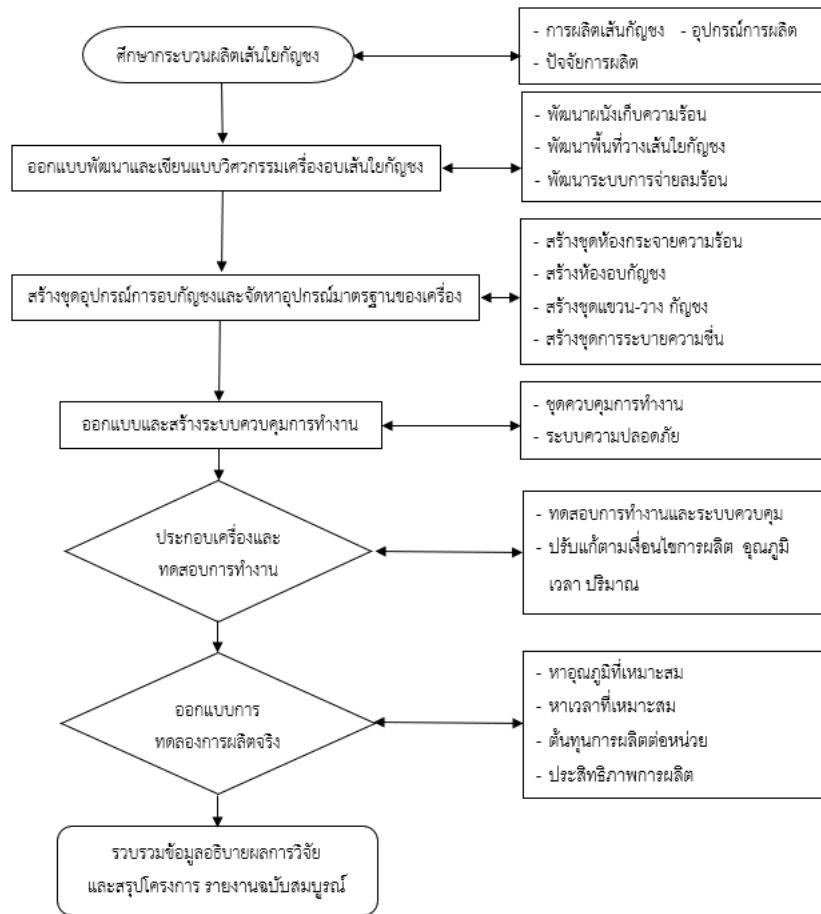
w คือ น้ำหนักของวัสดุ (kg)

d คือ น้ำหนักแห้งของวัสดุ (kg)

กรอบแนวคิดการวิจัย



3. วิธีดำเนินการวิจัย

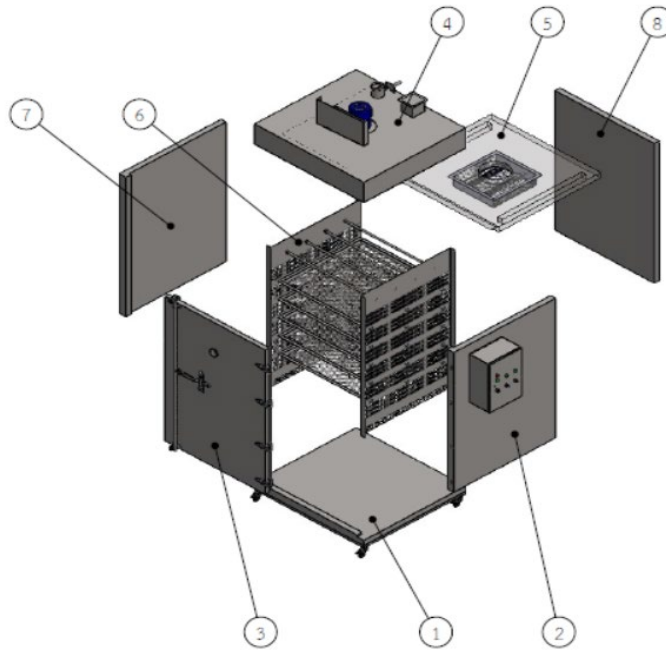


รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงวิธีการดำเนินโครงการ

จากรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงการ เริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต การออกแบบเครื่องผลิต เพื่อช่วยการผลิตเส้นใยแก้ว ทดลองจนกระทั่งทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและกำลังการผลิตของเครื่องจักร จากการศึกษาเบื้องต้น

พบว่าการผลิตเส้นใยกัญชงดิบนั้น ซึ่งมี 4 ขั้นตอนหลักๆ คือ การเก็บต้นกัญชงดิบ การกะเทาะแกน การตากแห้งและการเก็บเส้นใยกัญชง

หลังจากนั้นได้ออกแบบเครื่องสำหรับการผลิตในแต่ละขั้นตอนให้เป็นไปตามหลักการออกแบบทางวิศวกรรม โดยการคำนึงถึงความแข็งแรง (ธีรศิลป์ ชมแก้ว.2551) การเลือกใช้วัสดุจากการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเส้นใยกัญชงนั้น ทำให้ได้ข้อมูลทั้งหมดมาทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งเส้นใยกัญชงที่สามารถอบแห้งเส้นใยกัญชงได้ โดยมี 8 ส่วนประกอบหลักๆ คือ ฐานรับน้ำหนักของเครื่อง ผนังของเครื่อง แผ่นกระจายลม กล่องใส่ฮีตเตอร์ ถาดวางและรวาดตากเส้นใยกัญชง บานประตูและตัวล็อก ชุดกระจายลม และออกแบบกล่องควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบเครื่องอบเส้นใยกัญชง

ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างฐานรับน้ำหนักของเครื่อง ผนังของเครื่อง แผ่นกระจายลม กล่องใส่ฮีตเตอร์ ถาดวางและรวาดตากเส้นใยกัญชง บานประตูและตัวล็อก ชุดกระจายลม และกล่องควบคุม จากนั้นทำการประกอบเครื่องอบแห้งเส้นใยกัญชงและชุดควบคุมการทำงานซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการสร้างเครื่องจักรกล่าวคือ นอกจากประกอบชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นกับอุปกรณ์มาตรฐานที่มีจำหน่ายทั่วไปตามแบบวิศวกรรมแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความเหมาะสม หลักการทำงานที่เป็นไปตามหลักวิศวกรรม รวมถึงการซ่อมบำรุงหรือการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามระยะเวลาการทำงานอีกด้วย

หลังจากประกอบอุปกรณ์ทั้งหมด รวมถึงระบบควบคุมแล้วจำเป็นอย่างยี่งที่จะมีการทดสอบ/ทดสอบการทำงานของเครื่อง โดยไม่มีโหลด เพื่อตรวจสอบหลักการและขั้นตอนการทำงานของเครื่องให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้ยังต้องตรวจความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ต่างๆ ด้วย



รูปที่ 3 เครื่องอบแห้งเส้นใยกล้วย

สุดท้ายคือการทดสอบการทำงานจริง ประกอบด้วยการออกแบบการทดสอบ การเก็บผลการทดสอบและการปรับพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เพื่อหากำลังการผลิตต่อหน่วยเวลา ประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพของเส้นใยกล้วยที่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด รวมถึงต้นทุนการผลิตต่อหน่วยด้วย

ในการอบแห้งเส้นใยกล้วยด้วยความร้อนจะใช้วัตถุดิบเป็นเส้นใยกล้วย 2 แบบ คือแบบผึ่งแห้งและแบบดียบ ดังแสดงในรูปที่ 4



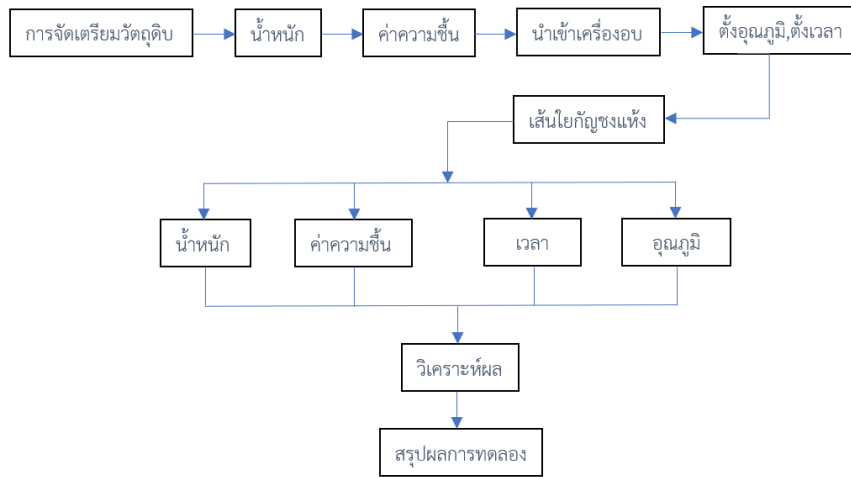
(ก)



(ข)

รูปที่ 4 (ก) เส้นใยกล้วยแบบผึ่ง (ข) เส้นใยกล้วยแบบดียบ

ขั้นตอนการผลิตเส้นใยกล้วยเริ่มจากการนำวัตถุดิบต้นกล้วยขูดมาแกะทะาะแกนออก แล้วนำใยกล้วยมาผึ่งกลางแจ้งไว้ 3 วัน(แบบผึ่ง) นำเส้นใยกล้วยซึ่งน้ำหนักหามาเริ่มต้น แล้วหาค่าความชื้น แล้วนำเข้าไปวางบนชั้นวางผลิตภัณฑ์ในหีบอบ ถ้าเส้นใยกล้วยแบบดียบให้แขวนไว้ราวแขวนผลิตภัณฑ์ ทำการอบแห้งที่ อุณหภูมิ 40 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยในแต่ละอุณหภูมิจะใช้เวลาอบแห้ง 30 45 และ 60 นาที ปริมาณน้ำหนักเส้นใยกล้วยใช้ที่ 10 25 และ 40 กิโลกรัม ความเร็วอากาศอบแห้งคงที่ 0.5 m/s หลังจากอบแห้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักวัดค่าความชื้น บันทึกข้อมูลต่างๆ

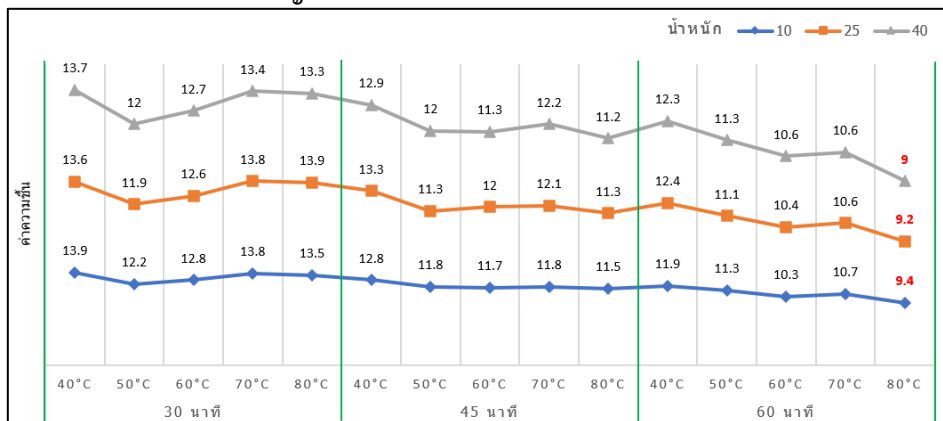


รูปที่ 5 กระบวนการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบอบแห้งเส้นใยกล้วยแบบผึ่งแห้งและแบบดิบ จำนวน 10 25 และ 40 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 40 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที และทำการเปรียบเทียบความชื้นในเส้นใยกล้วยพบว่าความชื้นของเส้นใยกล้วยของอบแห้งโดยค่าความชื้นของเส้นใยกล้วยที่ต้องการไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

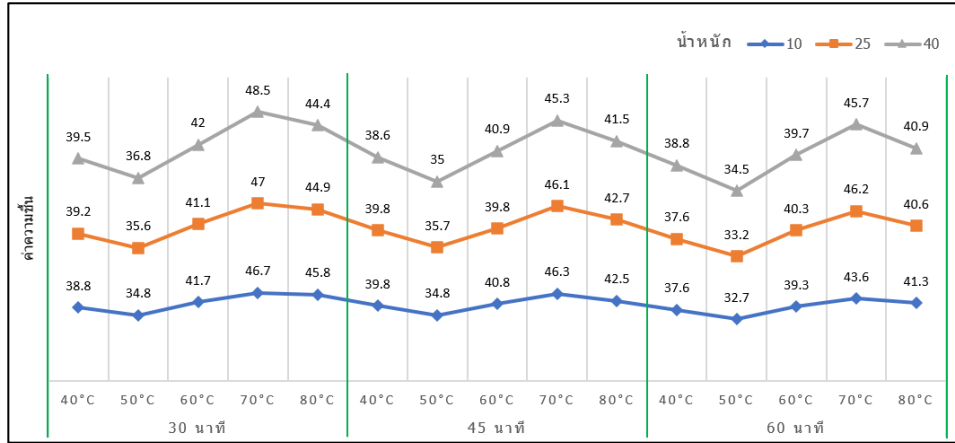
4.1 การทดสอบอบแห้งเส้นใยกล้วยแบบผึ่งแห้ง



รูปที่ 6 ค่าความชื้นของเส้นใยกล้วยแบบผึ่งแห้งที่อบแห้งอุณหภูมิ 40-80°C

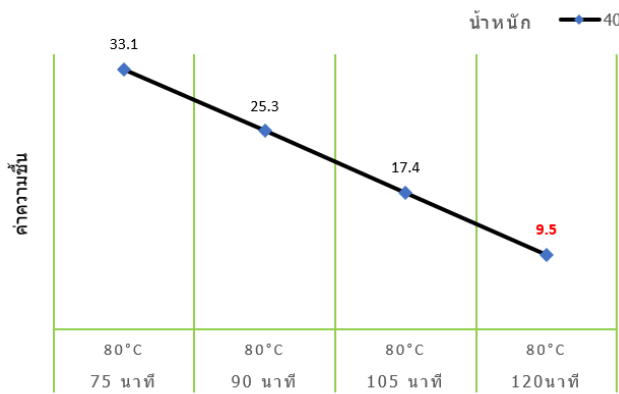
จากรูปที่ 6 การอบแห้งเส้นใยกล้วยแบบผึ่งแห้งที่อุณหภูมิ 40 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที และจำนวนน้ำหนัก 10 25 และ 40 กิโลกรัม ผลที่ได้ในการอบแห้งกล้วยน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ได้ค่าความชื้น 9.4 เปอร์เซ็นต์ การอบแห้งที่น้ำหนัก 25 กิโลกรัม ได้ค่าความชื้น 9.2 เปอร์เซ็นต์และที่น้ำหนัก 40 กิโลกรัม ได้ค่าความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งใช้เวลาอบแห้งอยู่ที่ 60 นาที อุณหภูมิอยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส

4.2 การทดสอบอบแห้งเส้นใยกล้วยแบบดิบ



รูปที่ 7 ค่าความชื้นของเส้นใยกล้วยแบบดิบที่อบแห้งอุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส

จากการทดสอบแสดงดังรูปที่ 7 อบแห้งเส้นใยกล้วยแบบดิบที่อุณหภูมิ 40 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที และจำนวนน้ำหนัก 10 25 และ 40 กิโลกรัม ผลที่ได้ในการอบแห้งมีค่าความชื้นเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินกว่าตามที่บริษัทกำหนดไว้ โดยค่าความชื้นต้องมีค่าไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จึงดำเนินการทดลองอบแห้งเส้นใยกล้วยเพิ่มเติม ที่อุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการอบครั้งละ 15 นาที จำนวนน้ำหนักรวมที่ใช้ 40 กิโลกรัม ผลที่ได้ได้ค่าความชื้น 9.5 เปอร์เซ็นต์ผลค่าความชื้นได้ตรงกับที่กำหนดไว้ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ค่าความชื้นของเส้นใยกล้วยแบบดิบที่อบแห้งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

สำหรับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งเส้นใยกล้วยแต่ละอุณหภูมินั้นจะพบว่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบสูงขึ้นจึงทำให้ต้นทุนในการอบแห้งสูงขึ้นตามไปด้วย โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง (Kw h)

เวลา(นาที)	อุณหภูมิ (°C)				
	40	50	60	70	80
30	0.34	0.49	0.60	0.92	1.70
45	0.52	0.74	0.90	1.37	2.54
60	0.70	0.99	1.20	1.83	3.38

ตารางที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

เวลา(นาทื)	พลังงานไฟฟ้า(Kw h)
75	4.23
90	5.08
105	5.92
120	6.76

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการทดสอบจากการออกแบบและสร้างเครื่องอบเส้นใยกล้วยง มีความเหมาะสมกับการอบแห้งเส้นใยกล้วยง สามารถอบเส้นใยกล้วยงให้มีความความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์และสามารถควบคุมเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้ง จากการทดสอบพบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นจะแปรผกผันกับน้ำหนักและความชื้นให้ มีค่าลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉัตร ผลานาค, เตือนแรม แผงเกี้ยว, รุ่งตะวัน วิวัฒนาศิริกุล ทำให้ได้ผลิตผลตามชนิดผลิตผลนั้นๆ ความชื้นสุดท้ายที่ดีที่สุดของการอบเส้นใยกล้วยง ที่ผ่านการผึ่งมาแล้ว ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสในเวลา 60 นาที และปริมาณเส้นใยกล้วยง 40 กิโลกรัม ได้ความชื้นหลังอบแห้ง 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหน่วยไฟที่ใช้ไปทั้งหมด 3.38 Kw h คิดเป็นเงิน 11.98 บาทต่อการอบแห้ง 1 ครั้ง และในการอบเส้นใยกล้วยงแบบดิบที่ไม่ได้ผ่านการผึ่งมา ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสปริมาณเส้นใยกล้วยง 40 กิโลกรัม ได้ค่าความชื้นหลังอบ 9.5เปอร์เซ็นต์ ในการอบใช้เวลา 120 นาที ซึ่งหน่วยไฟที่ใช้ไปทั้งหมด 6.76 Kw h คิดเป็นเงิน 21.96 บาท ต่อการอบแห้ง 1 ครั้ง

ในการใช้เครื่องอบแห้งที่ได้ออกแบบและสร้างนั้น ขนาด 1.50x1.50x2.30เมตร สามารถอบได้สูงสุด 40 กิโลกรัม อุณหภูมิสูงสุดได้ 80 องศาเซลเซียส สามารถตั้งเวลาได้ 24 ชั่วโมง วางวัตถุดิบได้ทั้งแบบบนถาดวางและราวตาก สามารถอบแห้งเส้นใยแบบผึ่งได้ 320 กิโลกรัมต่อวันและอบแห้งเส้นใยกล้วยงแบบดิบ ได้ 160 กิโลกรัมต่อวัน และได้ค่าความชื้นต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และสามารถผลิตเส้นใยกล้วยงแห้งได้มากกว่าแบบเดิม จากการตากแห้ง 10วัน การใช้เครื่องอบแห้งเส้นใยกล้วยงมีประสิทธิภาพในด้านลดระยะเวลา และลดของเสียจากการเกิดเชื้อรา เพิ่มปริมาณการผลิตได้ สามารถคาดการณ์จำนวนผลผลิตที่แน่นอนมากขึ้น เมื่อเทียบกับการตากด้วยแสงอาทิตย์ เส้นใยกล้วยงอบแห้งมีคุณภาพดี แห้งสม่ำเสมอและไม่ขึ้นเชื้อรา อีกทั้งต้นทุนในการอบแห้งไม่สูงมาก ดังนั้นการอบแห้งเส้นใยกล้วยงด้วยความร้อนพลังงานไฟฟ้าจะเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรชุมชนที่ปลูกกล้วยง สำหรับแปรรูปเป็นเส้นใยกล้วยง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา สถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ.2566 เป็นอย่างสูง

7. เอกสารอ้างอิง

ปราชญา ตรีสุทธาชีพและกิตติ สถาพรประสาน (2561). การประยุกต์ใช้การอบแห้งแบบกระแสน สำหรับวัสดุทางการเกษตรในประเทศไทย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศุขมา โชคเพิ่มพูนและสุรียา โชคเพิ่มพูน (2562). การศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งและการประเมินค่าสีของพริกที่อบแห้งภายในตู้อบแห้งแบบหลายชั้นด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ.

เตือนแรม แผงเกี้ยว และคณะ (2562). การหาจุดเหมาะสมการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

อาริษา โสภสจรรย์ และคณะ (2563). ศึกษาการอบขาสมนุไพรใบพลูด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาเซลล์ วารสารวิจัย สาขาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

รุ่งตะวัน วิวัฒนาศิริกุล และคณะ (2564). การอบแห้งเม็ดวัสดุทางการเกษตรขณะขนถ่ายด้วยลมร้อนในท่อเกลียวแนวตั้ง วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุทธิดา กัณณะนา และคณะ (2564). การพัฒนากระบวนการผลิตไบโหม่อนแห้งซึ่งตีขึ้นด้วยการแบบอินฟราเรดร่วมลมร้อน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ธิดารัตน์ จุทอง และสรพงค์ เบญจศิริ (2565). อุณหภูมิที่เหมาะสมของกระบวนการทำแห้งกระเจี๊ยบเขียว วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง.

ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา และคณะ (2565). อิทธิพลของอากาศอบแห้งแบบเป็นช่วงต่อการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่าสำหรับใช้เป็นวัสดุงานทาง

ชัยชนะ ธรรมแพทย์^{1*}, ณัฐวุฒิ รักสุข¹, พชร เพ็ชรแสงศรี¹, และณัฐวุฒิ อินทุบุตร²

¹บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

²อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

*E-mail address: north_new@hotmail.com, 094-4454488

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำวัสดุหินฝุ่นผสมกับเศษคอนกรีตเก่า เพื่อนำมาทดแทนวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุก โดยเป็นการนำเศษคอนกรีตเก่าที่ได้จากการรื้อถอนในงานก่อสร้างมาผสมกับหินฝุ่น ในอัตราส่วนผสมหินฝุ่น : เศษคอนกรีตเก่า จำนวน 4 อัตราส่วนผสมประกอบด้วย 50:50, 40:60, 20:80, 0:100 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุเปรียบเทียบกับมาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท ผลการศึกษาพบว่า วัสดุหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่าอัตราส่วน 40:60 มีค่า ซี.บี.อาร์ ที่ 84.50% ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานของกรมทางหลวงชนบท ที่กำหนดค่า ซี.บี.อาร์ ไม่ต่ำกว่า 80% ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด = 2.173 gm./cm³. และค่าปริมาณความชื้น = 7.33% ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท สามารถนำไปใช้งานก่อสร้างได้ และสามารถต่อยอดในการออกแบบในการก่อสร้างถนนให้มีคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้นได้เพื่อเป็นการลดการใช้วัสดุมวลรวมหินธรรมชาติ และเพิ่มทางเลือกในการนำเศษคอนกรีตเก่ากลับมาใช้ใหม่ ช่วยลดวัสดุที่เหลือทิ้งจากงานก่อสร้าง และลดต้นทุนการก่อสร้าง ได้อีกด้วย

คำสำคัญ : หินฝุ่น / เศษคอนกรีตเก่า / พื้นทางหินคลุก

A study of the properties of dust stone mixed with recycled concrete aggregate for using as road construction materials

Chaichana Thammaphaet ^{1*}, Natthawut Raksook ¹, Pachata Petsangsri ¹, and Nuttawut Intaboot ²

¹Lecturer Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi²Graduate Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

*E-mail address: north_new@hotmail.com, 094-4454488

Abstract

This research is a study of possibility of mixing dust stone (DS) with previous concrete scraps (Recycled Concrete Aggregate (RCA) to replace crushed stone pavement material (Base Course). The recycled concrete aggregate from construction demolition were mixed with dust stone at a mixing ratios (DS: RCA) of 50: 50, 40:60, 20:80, 0:100 by weight. The basic properties of the material were tested and compare with the crushed stone pavement according to the work standards of the Department of Rural Road. The results revealed that the dust stone mixed with recycled aggregate concrete (DS : RCA) 40:60 has a CBR value of 84.50%, a value higher than the standards of the Department of Rural Roads that set a CBR value of not less than 80% max dry density = 2.173 gm. /cm³. and moistures content = 7.33%, closest to the standard value. The testing were qualified to meet the standards for mixed crushed stone pavement materials of the Department of Rural Roads. It could be used for construction and can be further developed in the design of road construction to have better properties in order to reduce the use of natural stone aggregates. Moreover, it is also an option for reusing previous concrete scraps, helping to reduce waste and reduce construction costs as well.

Keyword: Dust Stone / recycled aggregate concrete / Base Course

1. บทนำ

ในประเทศไทยวัสดุมวลรวมหินธรรมชาติถูกนิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลาย อีกทั้งเป็นส่วนประกอบหลักในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น อาคาร เขื่อน ถนน และการนำไปใช้อย่างแพร่หลายจึงมีความต้องการใช้วัสดุมวลรวมธรรมชาติ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมก่อสร้างและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ภายใต้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด การลดปริมาณการใช้วัสดุมวลรวมธรรมชาติ โดยการใช้วัสดุทดแทนหรือการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ หรือการนำของเสียจากการก่อสร้างและรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาจากสิ่งแวดล้อมและเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า ปัจจุบันของเสียจากการก่อสร้างและรีไซเคิลได้ถูกแทนที่วัสดุมวลรวมจากธรรมชาติอย่างแพร่หลายทั้งในงานถนนและงานโครงสร้างคอนกรีต ฝุ่นหินเป็นวัสดุเหลือทิ้งชนิดหนึ่งที่เกิดจากอุตสาหกรรมบดแต่ละโรงโม่ซึ่งจะผลิตหินฝุ่นที่เป็นของเสีย 15-20% ต่อวัน การกำจัดของเสียดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางภูมิศาสตร์มากมาย เช่น ปัญหาการกำจัดกรฝังกลบ อันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม วิธีที่ดีที่สุดในการกำจัดปัญหาเหล่านี้คือการใช้ประโยชน์จากของเสียดังกล่าวจึงมีการศึกษาทดลองกับดินที่มีอยู่ในท้องถิ่นโดยผสมกับฝุ่นหินนำฝุ่นหินโดยน้ำหนักแห้งของดินมาผสมกับดิน 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% เพื่อตรวจสอบผลของการผสมต่อคุณสมบัติ OMC, MDD และ CBR ของดิน พบว่า การเติมหินฝุ่น 50% มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความชื้นในดิน และพบว่าหินฝุ่น 30% ค่า ซี.บี.อาร์ ของดินสูงขึ้นได้เกือบร้อยละ 50 (Naman Agarwal, 2015).

วัสดุหินฝุ่น (Dust Stone, DS) เป็นวัสดุที่ได้จากกระบวนการบดหินให้เป็นเม็ดละเอียดเพื่อใช้กับงานก่อสร้างทั่วไป และไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่ามากนัก โดยส่วนใหญ่เป็นวัสดุหลงเหลือจากกระบวนการผลิต และเป็นภาระในการนำไปทิ้งและกำจัด มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำหินฝุ่นเป็นส่วนผสมของคอนกรีตแทนที่ทราย บางส่วนหรือทั้งหมดโดยกำลังอัดของกริตยังคงใกล้เคียงกับคอนกรีตปกติ (สุทธิเทพ และสุรพิน, 2556)

วัสดุเศษคอนกรีตเก่า (Recycled Concrete Aggregate, RCA) เศษคอนกรีตเก่าคือวัสดุที่ได้จากการรีไซเคิลหรือปรับปรุงโครงสร้างคอนกรีตเดิม เช่น อาคาร ถนน หรือสะพาน วัสดุเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลังจากผ่านกระบวนการบดและคัดแยกเพื่อนำมาเป็นมวลรวมหยาบในงานก่อสร้างถนน (จิราพร ภาพสิงห์ และอินชนก ดีวัน, 2561) การนำเศษคอนกรีตมาผสมกับวัสดุดินลูกรังคุณภาพต่ำ และปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งที่มีร้อยละ 5 ในทุกอัตราส่วนเพื่อทดสอบหาค่า C.B.R. พบว่าดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมเศษคอนกรีต ผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง ตามมาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงชนบทจึงมีความเป็นไปได้ในการนำเศษคอนกรีตเมื่อใช้ร่วมกับการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง (โชคชัย ไตรยสุทธิ, 2565)

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะหาวัสดุทดแทนวัสดุชั้นรองพื้นทาง และลดการใช้วัสดุมวลรวมจากธรรมชาติ โดยการปรับปรุงคุณสมบัติของหินฝุ่นด้วยการผสมกับเศษคอนกรีต ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆเปรียบเทียบกับมาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกและข้อกำหนดการทดสอบของกรมทางหลวงชนบท (มทข. 203-2557)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาคูณสมบัติพื้นฐานของหินฝุ่น (Dust Stone, DS) ผสมกับเศษคอนกรีตเก่า (Recycled Concrete Aggregate, RCA) ในอัตราส่วนผสม (DS : RAC) 50:50, 40:60, 20:80, 0:100 โดยน้ำหนัก

2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่ามาทดแทนวัสดุงานทาง เปรียบเทียบกับมาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท

3. วัสดุ อัตราส่วนผสม และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 หินฝุ่น คุณสมบัติของหินฝุ่นตามมาตรฐาน ASTM ค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.682 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.71 ค่าดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.47% ค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,695 กก./ลบ.ม. การพองตัวเท่ากับ 4.34%

ความทนทานการสึกกร่อนโดยซัลเฟตมีค่าสูญเสียเท่ากับ 5.134% และจากข้อมูลดังกล่าวเปรียบเทียบกับมาตรฐานของมวลรวมละเอียดแล้วมีความใกล้เคียงกัน (ประชุม คำพุ่ม,2548) หินฝุ่นที่นำมาศึกษาได้เก็บมาจากโรงโม่บริษัท ปราจีนบุรี เหมืองหิน จำกัด สถานที่ตั้ง ถนนทางหลวงชนบท ปจ.2006 ซ้ายทาง กม.ที่ 21+000 บ้านเลขที่ 123 หมู่ 2 ตำบลวังท่าช้าง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี 25110 ดังรูปที่ 1 โรงโม่หินบริษัท ปราจีนบุรี เหมืองหิน จำกัด และ วัสดุหินฝุ่น dust stone



รูปที่ 1 โรงโม่หินบริษัท ปราจีนบุรี เหมืองหิน จำกัด และ วัสดุหินฝุ่น

3.1.2 เศษคอนกรีต

การเตรียมวัสดุเศษคอนกรีตเก่า ผู้วิจัยได้ใช้ก้อนตัวอย่างคอนกรีต เหลือทิ้ง ที่ทำการทดสอบกำลังอัดจากเครื่องทดสอบแล้ว โดยเลือกใช้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่กำลังอัดประลัย 350 ksc จากนั้นนำมาบดย่อยโดยทำการทุบย่อยเศษคอนกรีตโดยใช้แรงงานคน ใช้ค้อนขนาดใหญ่ในการทุบ จากนั้นใช้ค้อนขนาดเล็กทุบเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ โดยการร่อนผ่านตะแกรงทดสอบ (Test Sieves) ให้ได้ขนาด 2", 1", 3/8", No.4, No.10, No.40, N.200



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 การบดย่อยเศษคอนกรีตเก่า (Recycled Concrete Aggregate, RCA)

3.2 ออกแบบอัตราส่วนผสมมวลรวมวัสดุ

ออกแบบอัตราส่วนผสมวัสดุหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่า DS : RCA จำนวน 4 ตัวอย่าง ตามอัตราส่วน 50:50, 40:60, 20:80, 0:100 โดยน้ำหนัก (ตามตารางที่ 1) จากนั้นทำการผสมคลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากันโดยใช้เครื่องแบ่งแยกวัสดุตัวอย่าง Sample Splitter

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมวัสดุหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่า DS : RCA จำนวน 4 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	อัตราส่วนผสมวัสดุตัวอย่าง โดยน้ำหนัก 6 kg			
	หินฝุ่น (DS)		เศษคอนกรีตเก่า (RCA)	
DS:RCA	50%	3 kg	50%	3 kg
DS:RCA	40%	2.4 kg	60%	3.6 kg
DS:RCA	20%	1.2 kg	80%	4.8 kg
DS:RCA	0%	-	100%	6 kg

3.3

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของชั้นพื้นทางวัสดุหินคลุกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ใช้มาตรฐานและข้อกำหนดการทดสอบของกรมทางหลวงชนบทซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวได้อ้างอิงการทดสอบจากมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) และ American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO) ดังต่อไปนี้

การทดสอบ	มาตรฐาน กรมทางหลวงชนบท
วิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ	มทข. (ท) 501.8 – 2545
วิธีการทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบโดยเครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (LOS ANGELES ABRASION)	มทข. (ท) 501.9 – 2545
วิธีการทดสอบความแน่น แบบสูงกว่ามาตรฐาน (MODIFIED PROCTOR)	มทข. (ท) 501.2 – 2545
วิธีการทดสอบเพื่อหาค่า C.B.R.	มทข. (ท) 501.3 – 2545



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุตัวอย่าง (ก) Sieve Analysis (ข) Los Angeles abrasion



(ก)



(ข)

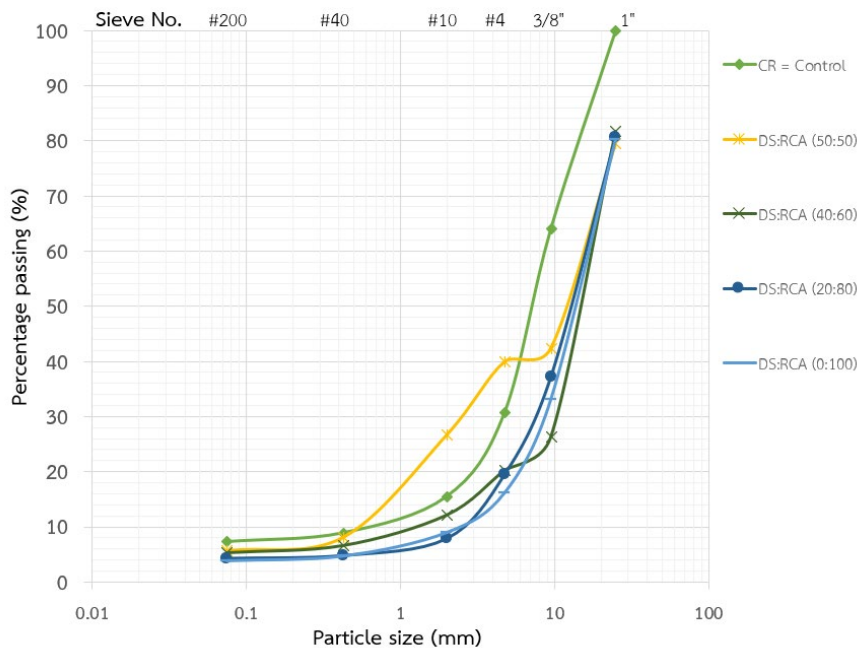
รูปที่ 4 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุตัวอย่าง (ก) Modified compaction Test (ข) C.B.R. Test

4. ผลการทดสอบและวิจารณ์

การหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของชั้นพื้นทางวัสดุหินคลุกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ใช้มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุก ของกรมทางหลวงชนบท ประกอบด้วย 4 การทดสอบหลักๆ ซึ่งผลการศึกษาค้นสมบัติทางวิศวกรรมของหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่าที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุงานทางเทียบกับมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบทสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

4.1 การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ ตามวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ (Sieve Analysis) มทข.(ท) 501.8-2545 ของตัวอย่าง โดยการเตรียมวัสดุตัวอย่างให้ได้ขนาดตามที่มาตรฐานงานพื้นทางหินคลุกกำหนด โดยการร่อนผ่านตะแกรงทดสอบ (Test sieves) โดยจัดให้ตะแกรงขนาดใหญ่ที่สุดอยู่ข้างบนและขนาดเล็กสุดอยู่ข้างล่าง ขนาดเล็กสุดเป็นตะแกรงเบอร์ 200 ซึ่งมีขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 0.075 มม. แล้วเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆ กับน้ำหนักของ

ตัวอย่างทั้งหมด จากการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ (Sieve Analysis) ประกอบไปด้วย 4 ตัวอย่าง DS:RCA (50:50), DS:RCA (40:60), DS:RCA (20:80), DS:RCA (0:100) นั้นมีค่าผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุก (Sieve Analysis) ตาม มทข.(ท) 501.8-2545 ของกรมทางหลวงชนบท



รูปที่ 5 ผลการทดสอบหาขนาดของเม็ดวัสดุ (Sieve analysis)

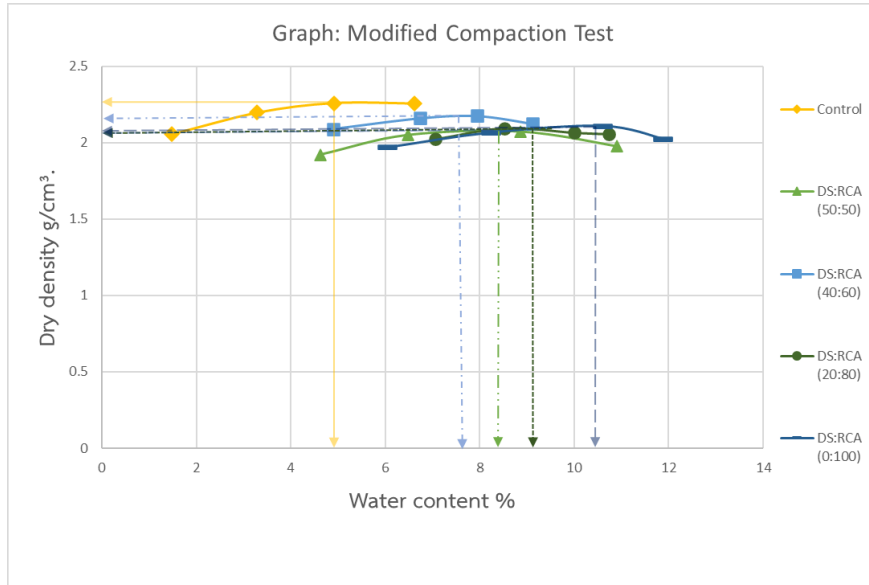
4.2 การทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบโดยเครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (los angeles abrasion) การทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุตัวอย่างนั้น เพื่อให้ทราบว่ากรนำวัสดุมาใช้ในงานก่อสร้างทาง มีคุณสมบัติด้านความแข็งตามข้อกำหนดหรือไม่ ซึ่งในมาตรฐานของวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท ได้กำหนดค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percentage of Wear) ไม่มากกว่า 40 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า วัสดุตัวอย่างในอัตราส่วนผสมอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ DS:RCA(0:100) จะได้ค่าอยู่ที่ 38.15% การเพิ่มเศษคอนกรีตในแต่ละอัตราส่วนนั้นไม่ส่งผลให้ตัวอย่างมีความแข็งขึ้น หลังจากผ่านการทดสอบ ซึ่งแต่ละตัวอย่างประกอบด้วย DS:RCA(50:50)=38.80%, DS:RCA(40:60)=38.56%, DS:RCA(20:80)=38.73%, DS:RCA(0:100)=38.15% (ดังแสดงตามตารางที่ 2) จากผลทดสอบดังกล่าว อัตราส่วนผสมของเศษคอนกรีตเก่าที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าร้อยละความสึกหรอลดลงเนื่องจาก เศษคอนกรีตเก่ามีขนาดละเอียดกว่าหินฝุ่น มีน้ำหนักที่ค้ำเบอร์ 12 เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ร้อยละค่าสึกหรอของวัสดุลดลง

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าการสึกหรอของวัสดุตัวอย่าง

ตัวอย่าง	PERCENTAGE OF WEAR (%)	เกณฑ์ตัดสิน (%)
Control	27.90	< 40
DS:RCA(50:50)	38.80	< 40
DS:RCA(40:60)	38.56	< 40
DS:RCA(20:80)	38.73	< 40
DS:RCA(0:100)	38.15	< 40

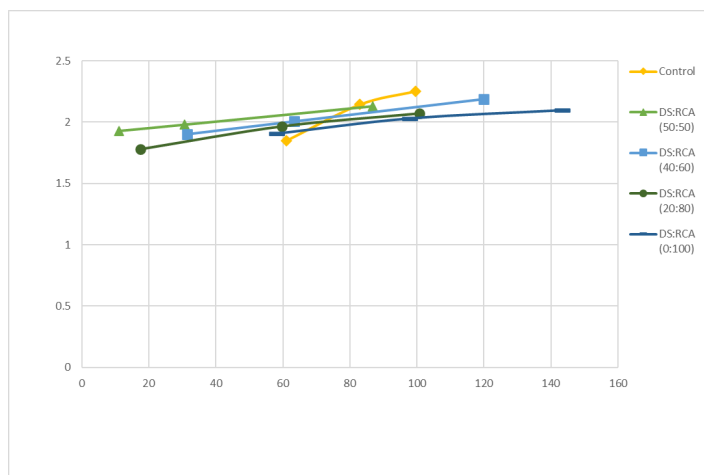
4.3 การทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดสอบความแน่นและสูงกว่ามาตรฐาน (Modified compaction Test) มทข.(ท) 501.2-2545 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และปริมาณความชื้นที่ใช้ในการบดอัด โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นวิธีการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor) ซึ่งหินฝุ่น ผสมกับเศษคอนกรีตเก่าที่อัตราส่วนผสมมวลรวม DS:RCA (50:50) มีความหนาแน่นแห้ง 2.128 gm./cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับ

การบดอัด 8.60% และอัตราส่วนผสมมวลรวม DS:RAC (40:60) มีความหนาแน่นแห้งมากที่สุด 2.173 gm./cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 7.33% ในส่วนของอัตราส่วนผสมมวลรวมที่ใช้หินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่า อัตราส่วนผสมมวลรวม DS:RCA (20:80) มีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุด 2.084 gm./cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 9.26% เมื่อความหนาแน่นแห้งลดลง จะส่งผลให้กำลังการรับน้ำหนักของโครงสร้างชั้นพื้นทางลดลงด้วย DS:RCA (0:100) มีค่าความหนาแน่นแห้ง 2.104 gm./cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 10.12% เช่นกัน (ดังแสดงตามรูปที่ 6)



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และปริมาณความชื้นที่ใช้บดอัด

4.4 การทดสอบหาค่า ซี.บี.อาร์.ตามวิธีการทดสอบเพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. (C.B.R.) มทข.(ท) 501.3-2545 การทดสอบหาค่า (C.B.R) เป็นการหาค่าเปรียบเทียบ ค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก (Bearing Value) กับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการบดอัดวัสดุตัวอย่างนั้นโดยใช้ตุ้มบดอัดในแบบ (Mold) เมื่อมีความชื้นที่ความแน่นแห้งสูงสุด (Optimum Moisture Content) เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนน ซึ่งจากผลการทดสอบนั้นหลังจากแช่น้ำจนครบ 4 วัน จากกราฟ (ดังแสดงตามรูปที่ 6) จะเห็นได้ว่า ตัวอย่าง DS:RCA (40:60) ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 84.50 ที่ความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Modified compaction Test ตัวอย่าง DS:RCA (50:50) ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 50.20 ตัวอย่าง DS:RCA (20:80) ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 66.00 และ DS:RCA (0:100) ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 59.20 จากผลทดสอบพบว่า DS:RCA (40:60) มีค่าตามมาตรฐานของวัสดุที่นำไปก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นพื้นทางหินคลุก โดยตัวอย่าง DS:RCA (50:50) DS:RCA (20:80) และ DS:RCA (0:100) นั้นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของวัสดุที่นำไปก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นพื้นทางหินคลุก แต่วัสดุตัวอย่างดังกล่าวมีความสามารถใช้ทดแทนวัสดุชั้นรองพื้นทางลูกรัง เนื่องจากมีค่าตามมาตรฐานของวัสดุที่จะนำไปใช้ก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นรองพื้นทางลูกรังได้ (ดังแสดงตามรูปที่ 6)



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักแบททาน C.B.R.

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาคุณสมบัติผสมเศษคอนกรีตเก่า โดยทดสอบตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบท ที่กำหนดค่ามาตรฐาน รับกำลังแบกทาน C.B.R. ไม่ต่ำกว่า 80% พบว่า ตัวอย่าง DS:RCA(40:60) มากที่สุดที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท โดยมีค่ารับกำลังแบกทาน C.B.R. 84.50% ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดลองความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน

โดยวัสดุที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท คือ DS:RCA(50:50) , DS:RCA(20:80),DS:RCA(0:100) โดยมีค่ารับกำลังแบกทาน C.B.R. 50.20% , 66.00% ,59.20% ตามลำดับ แต่มีคุณสมบัติเข้าเกณฑ์วัสดุรองพื้นทางของกรมทางหลวงชนบทที่กำหนดค่ามาตรฐาน รับกำลังแบกทาน C.B.R. ไม่ต่ำกว่า 25% ที่ความแน่น 95% ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน

การนำหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่ามาใช้เป็นวัสดุงานก่อสร้างทาง จะต้องมีการควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่างมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด และปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการบดอัด Water content% เนื่องจากเศษคอนกรีตเก่ามีการดูดซึมน้ำมากกว่าวัสดุหินคลุก ทำให้การนำวัสดุหินฝุ่นผสมเศษคอนกรีตเก่าไปก่อสร้างจะต้องมีการออกแบบและ General Test ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงชนบท ก่อนนำไปใช้ทดแทนวัสดุพื้นทางหินคลุก

ปัจจุบันปัญหาสภาวะสิ่งแวดล้อมผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการใช้วัสดุทดแทน เพื่อเป็นทางเลือกในการลดใช้วัสดุมวลรวมหินธรรมชาติที่มีอย่างจำกัด และเป็นการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมหินไม่ อุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์สุพรรณบุรี) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอบคุณส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ สำนักงานทางหลวงชนบทที่ 13 (ฉะเชิงเทรา) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดสอบทำการทดสอบงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณโรงไม้บริษัท ปราจีนบุรี เหมืองหิน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์มอบหินฝุ่นมาทำการทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

- สุทธิเทพ รมยเวศม์และ สุรพิน พรหมแดน. (2556).รายงานการวิจัยการศึกษาการนำหินฝุ่นจากโรงไม้หินมาใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแรง.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
- จิราพร ภาพสิงห์ และธันชนก ดีวัน (2561) ความเป็นไปได้ในการนำเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากการก่อสร้างมาผลิตคอนกรีต. ประชุมวิชาการ มอบ.วิจัยปีที่ 12 2561,116-122
- โชคชัย ไตรยสุทธี (2565). การศึกษาการนำเศษคอนกรีตมาใช้เป็นวัสดุร่วมในการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง.วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,ปีที่ 14,ฉบับที่27 ,หน้าที่ 39-47
- ประชุม คำพุด . (2548). การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นเพื่อใช้เป็นมวลรวมละเอียด. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา,16(2),33-37
- สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2557). มาตรฐานวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก. มทข. 203-2557 กรมทางหลวง-ชนบท
- สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2558). มาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทางหลวงชนบท 2558 กรมทางหลวง-ชนบท
- สำนักสำรวจและออกแบบ.(2561).แบบมาตรฐานงานทาง 2561.กรมทางหลวงชนบท
- Naman Agarwal.,(2015). Effect of Stone on Some Geotechnical properties of soil. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). M Tech Student, Department of Civil Engg., G.B. Pant University of Agriculture & Technology, Pantnagar,India

การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษเซรามิกสำหรับใช้เป็นวัสดุงานทาง

ณัฐวุฒิ รักสุข^{1*}, พชร เพ็ชรแสงศรี¹, ชัยชนะ ธรรมแพทย์¹, และณัฐวุฒิ อินทบุตร²

¹บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

²อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

*E-mail address: jaao16civil@gmail.com, 087-3250666

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษสุขภัณฑ์เซรามิกสำหรับใช้เป็นวัสดุงานก่อสร้างทาง เป็นการนำของวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น โดยเลือกใช้เศษสุขภัณฑ์เซรามิกจากโรงงานมาผสมกับหินฝุ่นซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตของโรงโม่หิน กำหนดอัตราส่วนระหว่างวัสดุหินฝุ่นกับเศษสุขภัณฑ์เซรามิกเหลือทิ้ง คือ อัตราส่วนของ หินฝุ่น : เศษสุขภัณฑ์เซรามิกเหลือทิ้งจำนวน 4 อัตราส่วน 50:50, 40:60, 20:80, 0:100 โดยน้ำหนัก จากผลของการศึกษาครั้งนี้พบว่าเศษสุขภัณฑ์เซรามิกผสมหินฝุ่น ในอัตราส่วนต่างๆ ที่ทดสอบนั้นมีคุณสมบัติสามารถผ่านเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท โดยที่อัตราส่วน 50:50 40:60 และ 20:80 ได้ค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทานมากกว่าร้อยละ 80 ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นอีกทางเลือกอย่างหนึ่งในการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกและโรงโม่หินมาใช้งานใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เศษสุขภัณฑ์เซรามิก หินฝุ่น ชั้นพื้นทาง วัสดุเหลือทิ้ง กำลังรับน้ำหนักแบกทาน

A study of the properties of dust stone mixed with ceramic waste for use as a road construction material.

Natthawut Raksook^{1*}, Pachata Petsangri¹, Chaichana Thammaphaet¹, and Nuttawut Intaboot²

¹Lecturer Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

²Graduate Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

*E-mail address: jaao16civil@gmail.com, 087-3250666

Abstract

This research is a study of the properties of dust stone mixing with ceramic sanitary scraps for use as road construction materials. It is the use of waste materials to benefit through the process of improving quality. The ceramic sanitary scraps were used to mix with dust stone. The dust stone (DS) were mixed with sanitary ceramic waste (SCW) in the mixing ratios (DS: SCW) 4 ratios included 50:50, 40:60, 20:80, 0:100 by weight. The results of this study found that the ceramic sanitary scraps to mix with dust stone in various ratios were tested to pass qualify the criteria according to the standards for crush rock materials from the Department of Rural Roads. The ratios of 50:50, 40:60 and 20:80 have a load bearing strength more than 80% at a denseness of not less than 95% modified compaction test. Therefore, this study provides another option for efficiently reusing waste materials from the ceramic and stone mill industries.

Keywords: Ceramic Waste, Dust stone, Base course, Waste materials, California Bearing Ratio (CBR)

1. บทนำ

ในการก่อสร้างถนนปัจจุบันของประเทศ ส่วนใหญ่จะมีการเลือกใช้หินคลุก(Crush rock) เป็นวัสดุหลักที่ใช้ก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นพื้นทาง (Base Course) โดยอ้างอิงมาตรฐานกรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท หรือกรมโยธาธิการและผังเมือง มาเป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพทั้งวัสดุและกระบวนการก่อสร้าง ทำให้เกิดกระบวนการผลิตหินคลุกที่เพิ่มมากขึ้นของโรงโม่หิน จากรายงานสถานการณ์ธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2564 ในปีพ.ศ.2562 มีการผลิตหินเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย 104,992,869 ตัน มีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดสระบุรีและจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งในการผลิตหินนั้นจะมีวัสดุเหลือใช้คือ หินฝุ่น ซึ่งทางโรงโม่หินได้ใช้ประโยชน์น้อยและมีจำนวนมาก หินฝุ่นเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากกระบวนการผลิตหิน ที่ไม่ผ่านตะแกรงร่อนแต่จะปลิวมาทับถมกันอยู่ใต้เครื่องโม่จำนวนมาก (วิศวินทร์ อัครปัญญาธร, 2561) จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นเปรียบเทียบกับทรายแล้วมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันและมีราคาถูกกว่าทรายประมาณแปดเท่า (ประชุม คำพูน , 2548) ในการนำหินฝุ่นมาเป็นส่วนผสมของงานคอนกรีตโดยใช้เป็นมวลละเอียดแทนทรายในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นนั้นมีค่ากำลังอัดใกล้เคียงกับคอนกรีตปกติ (ประชุม คำพูน และ สัจจะชาญ พรัดมะลิ ,2549 และ รัฐสุวรรณ กิ่งแก้ว ปณชริดา ไชยจิตร วีรพงศ์ โชติช่วย และ จรรยา ใจหาญ ,2558)

อุตสาหกรรมเซรามิกก็เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดปัญหามลภาวะไม่ว่าจะเป็นเรื่องความร้อน, ฝุ่น, เสียง, ของเสียที่ทิ้งออกนอกโรงงานทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้ว ซึ่งแน่นอนว่ายากแก่การย่อยสลาย จากข้อมูลของศูนย์วิจัยและพัฒนาวัสดุอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ ปี พ.ศ.2560 มีโรงงานผลิตเซรามิกมากกว่า 350 แห่งทั่วประเทศ ส่วนมากจะมีโรงงานอยู่แถบทางภาคเหนือ แสดงให้เห็นว่ากำลังการผลิตนั้นสูงและมีปริมาณเศษเซรามิกที่ชำรุดเสียหายคิดเป็นร้อยละ 30 ของการผลิตรายวัน การกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเป็นเรื่องที่สิ้นเปลืองและต้องลงทุนสูง มีค่าใช้จ่ายมาก (สุรัชย์ อำนวยพรเลิศ พงศ์พันธุ์ กาญจนการุณ และ อนุวัฒน์ เสมอเชื้อ,2562) ทุกโรงงานเซรามิกจะมีเศษเซรามิกเหลือทิ้งที่เรียกว่า “แควร์แตก” อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งการแตกหักเสียหายเกิดขึ้นได้ง่ายในทุกกระบวนการตั้งแต่การผลิต การขนส่ง และการนำไปใช้งาน ปัญหาสำคัญในการกำจัดเศษเซรามิกก็คือ เซรามิกเป็นวัสดุเนื้อแข็ง เมื่อแตกจะมีเหลี่ยมคมเป็นอันตราย อย่างไรก็ตามจากลักษณะที่แข็งแรงและความเป็นเหลี่ยมคมของเศษเซรามิกนั้นนับว่าเป็นยังข้อดี กล่าวคือ เมื่อนำไปบดย่อยให้มีความละเอียดที่พอเหมาะ (เท่ากับมวลรวมหยาบ) เซรามิกนั้นสามารถนำมาใช้แทนมวลรวมในคอนกรีตได้ คุณสมบัติเชิงกลของมวลรวมเซรามิกมีความคล้ายคลึงกับมวลรวมตามธรรมชาติและพฤติกรรมคล้ายกันแต่ไม่เหมือนกัน การดูดซับน้ำ ค่าการบด และค่าแรงกระแทกมีค่าสูงกว่ามวลรวมหยาบตามธรรมชาติ (Parminder, S., & Rakesh, K.S., 2015) และสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมสำหรับใช้ทดแทนหินคลุกได้

ซึ่งในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำเศษสุขภัณฑ์เซรามิกที่เหลือทิ้งจากโรงงานมาผสมกับหินฝุ่นซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตของโรงโม่หินด้วยเช่นกัน เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพและใช้เป็นวัสดุทางเลือกที่ใช้ในงานก่อสร้างทาง โดยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของเศษสุขภัณฑ์เซรามิกผสมกับหินฝุ่นในอัตราส่วนต่างๆเปรียบเทียบกับมาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกและข้อกำหนดการทดสอบของกรมทางหลวงชนบท (มทข. 203-2557)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษวัสดุสุขภัณฑ์เซรามิกเหลือทิ้ง (Sanitary ware ceramic waste, SCW) มาผสมกับหินฝุ่นใช้ในชั้นพื้นทางเปรียบเทียบกับมาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท

2.2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของหินฝุ่นผสมด้วยเศษวัสดุเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกเหลือทิ้ง เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท

3. วัสดุ อัตราส่วนผสม และวิธีดำเนินการวิจัย

การหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของวัสดุพื้นทางที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เริ่มจากการเตรียมวัสดุ กำหนดอัตราส่วนผสม ผู้ศึกษาได้ใช้มาตรฐานและข้อกำหนดการทดสอบของกรมทางหลวงชนบท ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวได้อ้างอิงการทดสอบจากมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) และ American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO) ในการทดสอบครั้งนี้

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1. เศษวัสดุเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกเหลือทิ้งมาจากบริษัท สยามซานิทารีแวร์อินดัสทรี จำกัด ตำบลโคกแย้ อำเภอนหนองแค จังหวัดสระบุรี (ดังแสดงในรูปที่ 1 ก) โดยการเตรียมตัวอย่างนั้นต้องใช้วัสดุที่เป็นเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกทั้งหมดทำการบดให้เล็กลงและนำมาผ่านตะแกรงตั้งแต่เบอร์ 2” ถึง เบอร์ 200 ให้มีปริมาณเพียงพอที่จะทำการทดสอบ นำวัสดุมาผึ่งให้แห้งหรืออบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2. หินฝุ่นจากโรงโม่หินศิลามาตราชรี ตำบลพลับพลาไชย อำเภ่อู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี (ดังแสดงในรูปที่ 1 ข) โดยการเตรียมวัสดุนั้นต้องมีการเก็บวัสดุจากโรงโม่หินและนำมาผ่านตะแกรงตั้งแต่เบอร์ 2” ถึง เบอร์ 200 ให้มีปริมาณเพียงพอที่จะทำการทดสอบ ตรวจสอบว่ามีสิ่งปนเปื้อนเช่น ก้อนดิน เศษซากวัชพืชหรือสิ่งปนเปื้อนอย่างอื่น ให้เก็บออกจากวัสดุตัวอย่าง นำวัสดุมาผึ่งให้แห้งหรืออบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา (ก) เศษวัสดุเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกเหลือทิ้ง (ข) หินฝุ่น

3.2 อัตราส่วนผสมของวัสดุตัวอย่าง

กำหนดอัตราส่วนระหว่าง วัสดุหินฝุ่น (Dust stone, DS) กับเศษวัสดุเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกเหลือทิ้ง (Sanitary ware ceramic waste, SCW) คือ อัตราส่วนของ DS : SCW จำนวน 4 อัตราส่วน 50:50, 40:60, 20:80, 0:100 โดยน้ำหนัก (ดังแสดงตามตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุตัวอย่าง

ตัวอย่าง	อัตราส่วนผสมวัสดุตัวอย่าง โดยน้ำหนัก 6 กิโลกรัม.			
	หินฝุ่น (DS)		เศษวัสดุเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก (SCW)	
DSC1	50%	3.00 กิโลกรัม.	50%	3.00 กิโลกรัม.
DSC2	40%	2.40 กิโลกรัม.	60%	3.60 กิโลกรัม.
DSC3	20%	1.20 กิโลกรัม.	80%	4.80 กิโลกรัม.
DSC4	0%	-	100%	6.00 กิโลกรัม.

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุตัวอย่างที่จะมาใช้แทนชั้นพื้นทางวัสดุหินคลุก ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ใช้มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกและข้อกำหนดการทดสอบของกรมทางหลวงชนบทมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ ตามวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ (Sieve analysis) มทข.(ท) 501.8 – 2545 (ดังแสดงในรูปที่ 2 ก)
2. การทดสอบหาค่าความสึกหรอ ตามวิธีการทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ (Coarse aggregates) โดยใช้เครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (Los angeles abrasion) มทข.(ท) 501.9–2545 (ดังแสดงในรูปที่ 2 ข)

3. การทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดสอบความแน่นและสูงกว่ามาตรฐาน (Modified compaction test) มทข.(ท) 501.2-2545 (ดังแสดงในรูปที่ 3 ก)
4. การทดสอบหาค่า ซี.บี.อาร์.ตามวิธีการทดสอบเพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. (C.B.R.) มทข. (ท) 501.3-2545 (ดังแสดงในรูปที่ 3 ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 รูปการทดสอบคุณสมบัติวัสดุตัวอย่าง (ก) Sieve analysis (ข) Los angeles abrasion



(ก)



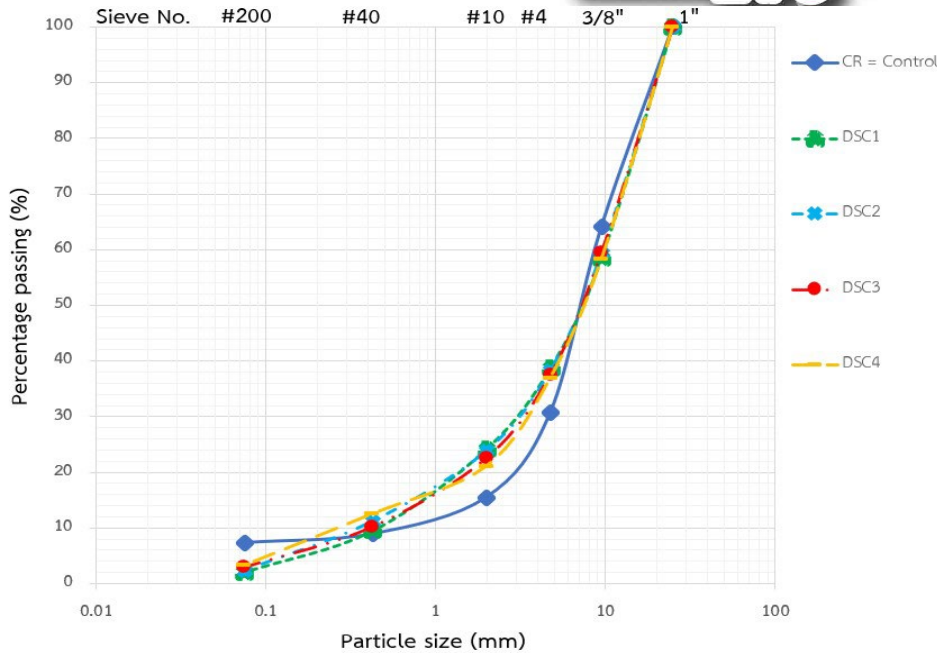
(ข)

รูปที่ 3 รูปการทดสอบคุณสมบัติวัสดุตัวอย่าง (ก) Modified compaction test (ข) C.B.R.test

4. ผลการทดสอบและวิจารณ์

มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุก ของกรมทางหลวงชนบทประกอบด้วย 4 การทดสอบหลักๆ ซึ่งผลการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินฝุ่นผสมเศษสุกัณฑ์เซรามิกที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุงานทาง เทียบกับมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบทสรุปได้ผลการทดสอบได้ดังนี้

4.1 การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ ตามวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ (Sieve analysis) มทข.(ท) 501.8 - 2545 ในการทดสอบนี้ได้ทำการเตรียมวัสดุตัวอย่าง หินฝุ่นและเศษสุกัณฑ์เซรามิกให้ได้ขนาดตามที่มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกกำหนด เป็นการกระจายขนาดของเม็ดวัสดุทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่ จนถึงขนาดเล็กที่มีขนาดช่องผ่าน 0.075 มม. (เบอร์ 200) แล้วเปรียบเทียบน้ำหนักที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆ กับน้ำหนักของตัวอย่างทั้งหมด จะเห็นได้จากการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ (Sieve analysis) ของตัวอย่าง DSC1 DSC2 DSC3และ DSC4 นั้นมีค่าผ่านเกณฑ์การทดสอบ (Sieve analysis) (ดังแสดงในรูปที่ 4) ตามมาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุก ของกรมทางหลวงชนบท



รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบหาขนาดของเม็ดวัสดุ (Sieve analysis)

4.2 วิธีการทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบโดยเครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (Los angeles abrasion) มทข.(ท) 501.9 - 2545

การทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุตัวอย่างนั้น เพื่อให้ทราบว่าการนำวัสดุมาใช้ในงานก่อสร้างทาง มีคุณสมบัติด้านความแข็งตามข้อกำหนดหรือไม่ ซึ่งในมาตรฐานของวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท ได้กำหนดค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percentage of wear) ไม่มากกว่า 40 % ซึ่งจากผลการทดลองของตัวอย่างจะเห็นได้ว่าการเพิ่มเศษเซรามิกในแต่ละอัตราส่วนนั้น ส่งผลให้ตัวอย่างมีความแข็งแรงขึ้นเกิดการสูญเสียน้อยหลังจากผ่านการทดสอบ ซึ่งแต่ละตัวอย่างในอัตราส่วนผสม DSC1 DSC2 DSC3 และ DSC4 ได้ผ่านเกณฑ์การทดสอบ (Los angeles abrasion) โดยที่ตัวอย่าง DSC1 มีค่า Percentage of wear มากที่สุด (ดังแสดงตามตารางที่ 2)

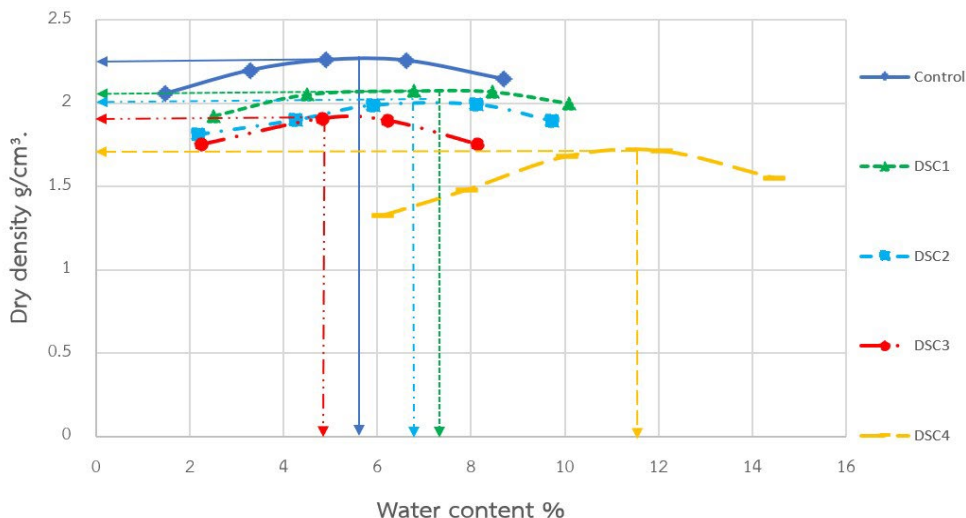
ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าการสึกหรอของวัสดุตัวอย่าง

ตัวอย่าง	Percentage of wear (%)	เกณฑ์ตัดสิน (%)
Control	27.90	< 40
DSC1	23.66	< 40
DSC2	22.48	< 40
DSC3	20.73	< 40
DSC4	15.26	< 40

4.3 การทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดสอบความแน่นและสูงกว่ามาตรฐาน (Modified compaction test) มทข.(ท) 501.2-2545

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และปริมาณความชื้นที่ใช้ในการบดอัด โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นวิธีการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified proctor) ซึ่งหินฝุ่นผสมเศษซุ้กัณฑ์เซรามิกที่อัตราส่วนผสมมวลรวม DSC1 50:50 มีความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.07 g/cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 7.68% อัตราส่วนผสมมวลรวม DSC2 40:60 มีความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.05 g/cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 6.48% และอัตราส่วนผสมมวลรวม DSC3 20:80 มีความหนาแน่นแห้งสูงสุด 1.90 g/cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 4.75% โดยอัตราส่วนผสมของหินฝุ่นที่ลดลงและเศษเซรามิกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นที่ใช้ในบดอัดน้อยลง

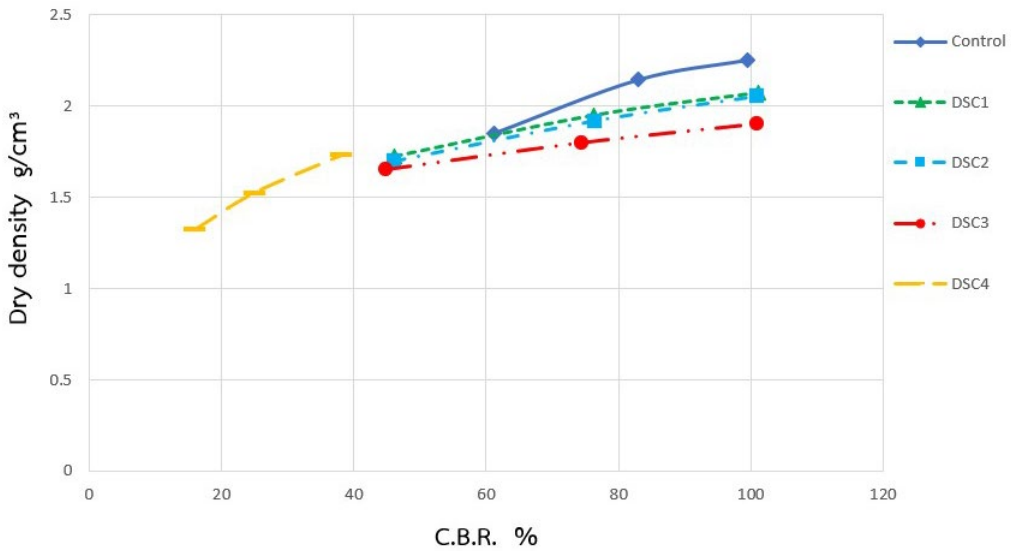
และความหนาแน่นแห้งลดลง ในส่วนของอัตราส่วนผสมมวลรวมที่ใช้เศษเซรามิก 100 % นั้น DSC4 มีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดน้อยที่สุด 1.73 g/cm³. (ดังแสดงในรูปที่ 5) เมื่อความหนาแน่นแห้งลดลงจะส่งผลให้กำลังการรับน้ำหนักของโครงสร้างชั้นพื้นทางลดลงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และปริมาณความชื้นที่ใช้บดอัด

4.4 การทดสอบหาค่า ซี.บี.อาร์.ตามวิธีการทดสอบเพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. (C.B.R.) มทช. (ท) 501.3–2545

การทดสอบหาค่า (C.B.R) เป็นการหาค่าเปรียบเทียบ ค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก (Bearing value) กับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการบดอัดวัสดุตัวอย่างนั้นโดยใช้ตุ้มบดอัดในแบบ (Mold) เมื่อมีความชื้นที่ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Optimum moisture content) เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนน ซึ่งจากผลการทดสอบนั้นหลังจากแช่น้ำจนครบ 4 วัน จากกราฟ (ดังแสดงตามรูปที่ 6) จะเห็นได้ว่า ตัวอย่าง DSC1 ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 83.94 ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตัวอย่าง DSC2 ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 82.79 ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน DSC3 ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 80.24 ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R.จะลดลงตามอัตราส่วนของหินฝุ่นที่ลดลงและเศษเซรามิกที่เพิ่มขึ้น เพราะการที่หินฝุ่นลดลงนั้นทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำลดน้อยลง ค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. ของตัวอย่าง DSC1 DSC2 DSC3 นั้นมีค่าตามมาตรฐานของวัสดุที่นำไปก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นพื้นทางหินคลุก สำหรับค่า C.B.R. ของตัวอย่าง DSC4 นั้นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของวัสดุที่นำไปก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นพื้นทางหินคลุก ในการก่อสร้างจริงด้วยปัจจัยหลายอย่างอาทิเช่น คน เครื่องจักร วัสดุ สภาพอากาศ จึงทำให้ไม่สามารถบดอัดให้แน่นได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นตามมาตรฐานของทางหลวงชนบท จึงแนะนำให้คิดค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R.ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน



รูปที่ 6 แสดงค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R.

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษเซรามิก โดยการทดสอบทั้ง 4 วิธี ทดสอบตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบทนั้น ทำให้เราทราบว่าการผสมกันของหินฝุ่นและเศษสุกัณฑ์เซรามิกนั้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับหินคลุกมาตรฐาน ค่ารับกำลังแบกทาน C.B.R. และค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum dry density) มีค่าลดลงตามอัตราส่วนผสมของหินฝุ่นที่ลดลงและเศษสุกัณฑ์เซรามิกที่เพิ่มขึ้น เพราะการที่หินฝุ่นลดลงนั้นทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำลงน้อยลง อัตราส่วนผสมของหินฝุ่นและเศษสุกัณฑ์เซรามิกที่ได้ผลดีที่สุดคือ ตัวอย่าง DSC1 50:50 ซึ่งมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบทและมีค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. ร้อยละ 83.94 ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดของทุกตัวอย่าง ค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. ของตัวอย่าง DSC1 DSC2 DSC3 นั้นมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท อัตราส่วนผสมของหินฝุ่นและเศษสุกัณฑ์เซรามิก DSC4 เป็นเพียงตัวอย่างเดียวที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบทโดยมีค่ากำลังรับแรงแบกทาน C.B.R. เพียง 31.68 % ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. นี้จะเข้าเกณฑ์ของมาตรฐานวัสดุรองพื้นทางของกรมทางหลวงชนบท ที่กำหนดค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน

การนำหินฝุ่นผสมเศษสุกัณฑ์เซรามิกมาใช้เป็นวัสดุงานก่อสร้างทาง ต้องคำนึงถึงส่วนคละมวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด ปริมาณที่จะใช้ผสมนั้นต้องมีการออกแบบและการทำ General Test ตามที่กรมทางหลวงชนบทได้กำหนดไว้ก่อนใช้งานจริง เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้มาจากคนละแหล่งผลิตกัน คุณสมบัติอาจแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่

ในโลกปัจจุบันนี้ที่การกำจัดขยะเหลือใช้และของที่คิดว่าไม่มีประโยชน์มีด้วยกันหลากหลายวิธี หินฝุ่นกับเศษสุกัณฑ์เซรามิกนั้นก็มิใช่น้อย นอกจากการกำจัดไกลบ่อ ปล่อยให้ตามธรรมชาติแล้ว การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นอีกทางเลือกอย่างหนึ่งในการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกและโรงโม่หินมาใช้งานใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ(ศูนย์สุพรรณบุรี) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ สำนักงานทางหลวงชนบทที่ 18 (สุพรรณบุรี) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดสอบทำการทดสอบงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณโรงโม่หินศิลามาตรศรีที่ให้ความอนุเคราะห์มอบหินฝุ่นมาทำการทดสอบ ขอขอบคุณบริษัท สยามซานิทารีแวร์อินดัสทรี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์มอบเศษสุขภัณฑ์เซรามิกมาทำการทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. (2564). รายงานสถานการณ์ธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2564. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- วิศิรินทร์ อัครปัญญาธร, 2561 ค่าการยุบตัวและกำลังอัดของคอนกรีตผสมมวลรวมใช้แล้วแทนมวลรวมหยาบ และหินฝุ่นแทนมวลรวมละเอียด วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี,149-161
- ประชุม คำพุด . (2548). การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นเพื่อใช้เป็นมวลรวมละเอียด. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ,16(2),33-37
- ประชุม คำพุด และ สัจจะชาญ พรีตมะลิ. (2549). การศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายและใส่สารผสมเพิ่มประเภทลดปริมาณน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 14(1), 26-33.
- รัฐสุวรรณ กิ่งแก้ว ปณิตริดา ไชยจิตร วีรพงศ์ โชติช่วย และ จรรยา ใจหาญ ,2558 การใช้หินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ.วารสารเทคโนโลยีภาคใต้,8(2),55-61.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาวัสดุอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2560). รายชื่อโรงงานเซรามิค.สืบค้น 15 พฤษภาคม 2567. จาก <https://cim.dip.go.th/th/category/2017-03-03-02-37-41/2017-03-03-02-47-12>
- สุรัชย์ อำนาจพรเลิศ พงศ์พันธุ์ กาญจนการุณ และ อนุวัฒน์ เสมอเชื้อ,2562 การศึกษาพฤติกรรมทางกลของคอนกรีตผสมเศษเซรามิค 2 ขนาดแทนที่มวลรวม.วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต,9(2),157-182
- Parminder, S., & Rakesh, K.S., (2015). Utilization Of Waste Ceramic Tiles As Coarse Aggregate In Concrete. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST) ISSN: 3159-0040 Vol. 2 Issue 11, November – 2015,3294-3300
- สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2557). มาตรฐานวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก. มทข. 203-2557 กรมทางหลวงชนบท
- สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2558). มาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทางหลวงชนบท 2558 กรมทางหลวงชนบท
- สำนักสำรวจและออกแบบ.(2561).แบบมาตรฐานงานทาง 2561.กรมทางหลวงชนบท

ระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนาน

มนวิภา อววิพันธุ์¹ และ ภาคภูมิ จารุภูมิ^{1,2*}

¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

²ศูนย์วิจัยวัสดุและกระบวนการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

* noteparkpoom@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนาน โดยทำการทดสอบชุดทดลองบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนานแบบอากาศปิด และแบบอากาศไหล โดยทดลองใช้ควันธูปแทนฝุ่นควันจากการเผาไหม้ โดยปล่อยควันเข้าภายในกล่องทดลองที่ 600 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำการออกแบบการทดลองแบบอากาศปิด โดยใช้งานวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ และเข็มโคโรนาดีสชาร์จ 8-24 เข็ม ร่วมกับการใช้แผ่นโลหะคู่ขนานจำนวน 3 แผ่น จากนั้นทำการออกแบบการทดลองแบบอากาศไหล โดยใช้งานวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ และเข็มโคโรนาดีสชาร์จ 8-24 เข็ม ร่วมกับการใช้แผ่นโลหะคู่ขนานจำนวน 3 ชุดเรียงต่อกันในแนวยาวในทิศทางขวางการไหลของลม พร้อมทั้งทำการทดสอบหาเงื่อนไขการออกแบบที่ดีที่สุดในการใช้งานต้นแบบระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนานในรูปแบบอากาศปิด และแบบอากาศไหล

คำสำคัญ เครื่องบำบัดอากาศ, เชิงไฟฟ้าสถิต, โคโรนาดีสชาร์จ

Parallel metal plate electrostatic air treatment machine

Monwipa Ahviphan¹ and Parkpoom Jarupoom^{1,2*}

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Rd., Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

²Materials and Manufacturing Research Center, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Rd., Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* noteparkpoom@rmutl.ac.th

Abstract

This research is the design and construction of a parallel metal plate electrostatic air treatment system by testing experimental sets of parallel metal plate electrostatic air treatment, closed air type and flowing air type, using incense smoke instead of dust from Combustion by releasing smoke into the experimental box at 600 micrograms per cubic meter using a closed air experimental design. It uses a corona discharge circuit of 8 and 16 kilovolts and 8-24 corona discharge needles with three double metal plates. Then, an air-flow experiment was designed. It uses a corona discharge circuit of 8 and 16 kilovolts and 8-24 corona discharge needles with three sets of bimetal plates arranged in length in the direction across the flow. And testing to find the best design conditions for using a prototype parallel metal plate electrostatic air treatment system in closed and flowing air formats.

Keywords: Air pollution control equipment, Electrostatic, Corona discharge needles

1. บทนำ

ปัจจุบันมลพิษทางอากาศในประเทศไทยเกิดฝุ่นควันเกินระดับมาตรฐานเป็นลำดับ 2 ของโลก ซึ่งแหล่งกำเนิดฝุ่นควันเกิดจากหลายแหล่ง ไม่ว่าจะเป็นฝุ่นควันที่เกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติ ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ และเขม่าควันจากไฟฟ้า หรือที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร ฝุ่นจากการก่อสร้าง ฝุ่นจากการประกอบ การอุตสาหกรรม เป็นต้น ฝุ่นเหล่านี้อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศเพียง 2 - 3 นาที และสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ที่พักอาศัย สำนักงาน โรงพยาบาล สถานศึกษา และสถานที่ต่าง ๆ จากสถานการณ์มลพิษทางอากาศปัญหาหมอกควันทางภาคเหนือที่เป็น ปัญหาเรื้อรังมานาน จะพบว่าในพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในชั้นบรรยากาศ เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากข้อมูลจังหวัดเชียงใหม่เคยถูกจัดอันดับเป็นเมืองที่มีมลพิษทางอากาศสูงที่สุดในโลก มีค่าดัชนีคุณภาพอากาศวัดได้ สูงถึง 300 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าดัชนีคุณภาพอากาศมาตรฐานจะอยู่ที่ประมาณ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สาเหตุ เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยหรือวัสดุต่าง ๆ ในพื้นที่ราบ เผาวัชพืชทางการเกษตร เผาป่าเพื่อทำการเกษตรในพื้นที่สูง ไฟป่า ปัญหา มลพิษฝุ่นควันเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก ตั้งแต่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่ออวัยวะต่าง ๆ เช่น ผิวหนัง ตา จมูก จนถึงอาการเจ็บป่วยเรื้อรัง เช่น โรคหอบหืด ผลกระทบจากการได้รับฝุ่นควันในอากาศเหล่านี้จะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สัมผัสฝุ่นควันในอากาศ ซึ่งทำให้เสียต่อสุขภาพอนามัยและทำลายระบบทางเดินหายใจได้ งานวิจัยนี้จึง ได้ออกแบบระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นคู่ขนาน และรวบรวมข้อมูล และทดสอบระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิต ช่วยในการบำบัดฝุ่นควัน ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ สามารถลดสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคในทางเดินหายใจ หรือก่อให้เกิดผลประโยชน์ ทางสุขภาพ หัวสูด และอุปกรณ์ ที่สามารถหาได้ทั่วไป นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อทำให้ระบบบำบัดอากาศให้มีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฝุ่นละอองในอากาศหรือละอองลอย คือ อนุภาคที่เป็นของแข็งหรือของเหลว หรือเป็นการรวมกัน ของทั้งสองสถานะที่แขวนลอยในก๊าซหรืออากาศโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 1 นาโนเมตร และ 100 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดอนุภาค เป็นตัวแปรสำคัญที่อธิบายถึงพฤติกรรม องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ ของอนุภาคละอองลอย ซึ่งปกติแล้วใน การแยกประเภทของละอองโดยทั่วไปจะใช้น้ำหนัก และความเร็วในการตกตะกอนของอนุภาค โดยอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 ไมโครเมตร จะมีการตกตะกอนค่อนข้างเร็วมาก (ระดับวินาทีถึงนาที) ส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จะมีการ ตกตะกอนค่อนข้างช้าถึงช้ามาก (ระดับชั่วโมงถึงวัน) จนในบางครั้งจัดเป็นประเภทลอยในอากาศอย่างถาวร [1]

ฝุ่นละอองลอยขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร จะเป็นตัวก่อปัญหาแก่สุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชากร เนื่องจาก สามารถผ่านระบบทางเดินหายใจเข้าไปได้ลึกถึงระดับถุงลมปอด ซึ่งจะสามารถสะสมได้ตลอดไปไม่สามารถขับออกจาก ร่างกายการหายใจ ปกติอนุภาคขนาดเล็กจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 ไมโครเมตร จะเข้าไปอยู่ในทางเดินหายใจบริเวณ กล่องเสียง ในขณะที่อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร สามารถผ่านเข้าไปถึงบริเวณถุงลมปอดไป จนถึงระดับเซลล์ในร่างกายได้ สารเคมีหรือแก๊สบางชนิดที่ผ่านเข้ามาในระบบทางเดินหายใจร่วมกับอนุภาคเหล่านี้ จะถูกละลาย รวมกับเนื้อเยื่อเมือกของเนื้อเยื่อบริเวณนั้น ๆ หรือเยื่อ ๆ เมือกของถุงลมปอดแล้วไหลผ่านเข้าไปสู่ระบบไหลเวียนโลหิตทำให้เกิด ความเสียหายต่อเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ ของร่างกาย [2]

โคโรนาดีสชาร์จ คือ การดีสชาร์จแบบประทุทั้งตัวได้ที่เกิดขึ้นก่อนการเบรกดาวน์โดยจะมีการไหลของกระแสไฟฟ้า จากขั้วอิเล็กโทรด ที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าไปยังอากาศที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นกลาง โดยการแตกตัวของไอออนของอากาศที่สร้างขึ้นรอบ ๆ ขั้วอิเล็กโทรดโดยจะมีกระแสไหลในระดับประมาณ รูปลักษณะของการเกิดโคโรนาโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับขั้ว ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ ขั้วอิเล็กโทรดและรูปร่างลักษณะทางเรขาคณิตของขั้วอิเล็กโทรดเช่นขนาดมิติ และระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเป็นต้นสำหรับ การเกิดโคโรนาบวก ในอิเล็กโทรดที่มีรูปร่างลักษณะเป็นปลายเข็มแหลมกับแผ่นระนาบการดีสชาร์จจะเริ่มต้นด้วยการเกิดโคโรนา แบบแปร่ง ที่มีการงอกยาวออกไปเป็นเส้นจำนวนมากและต่อไปยังโคโรนาแบบสตรีมเมอร์โรนาแบบเรียงแสงที่ผิวของปลาย ขั้วอิเล็กโทรดและเกิดสปาร์ค เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเข็มเพิ่มขึ้น สำหรับโคโรนาลบที่เกิดขึ้นในรูปทรงเรขาคณิต เดียวกันรูปแบบเริ่มต้นของการดีสชาร์จจะเป็นโคโรนาแบบ Trichel pulse ตามด้วยโคโรนาแบบ Pulseless และเกิดดีสชาร์จ สปาร์ค เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดเข็มเพิ่มขึ้น สำหรับขั้วอิเล็กโทรดที่มีลักษณะเส้นลวดกับแผ่นระนาบ โคโรนาบวก สร้างขึ้นที่เส้นลวดจะทำให้เกิดปลอกตั้งรอบ ๆ เส้นลวดหรือเป็นสตรีมเมอร์เคลื่อนที่ออกจากเส้นลวด ส่วนโคโรนาลบสร้างขึ้นที่เส้น

ลวดจะอยู่ในรูปของการเรียงแสง ทัวไปมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วหรือถ้าหากมีความเข้มข้นจะมีลักษณะเป็นจุด ๆ หรือกระจุก โครนาติสซาร์จเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของกระบวนการอัดประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคเพราะเป็นกระบวนการที่สร้างไอออนที่ทำให้อนุภาคได้รับประจุ [2,3]

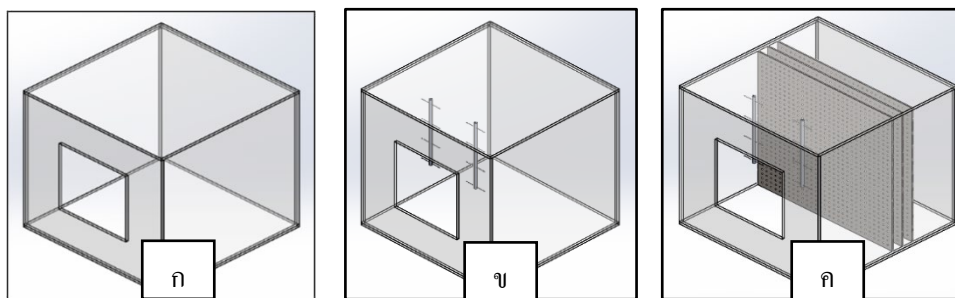
ไฟฟ้าสถิตเป็นปรากฏการณ์ที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุไม่เท่ากัน และไม่เคลื่อนที่จนกระทั่งมีการถ่ายเทประจุหรือเกิดการไหลของอิเล็กตรอนกลายเป็นไฟฟ้ากระแสปกติจะแสดงในรูปการดึงดูดหรือการผลักกัน แต่ไม่เกิดประกายไฟเกิดจากสาเหตุที่วัสดุทำจากอะตอมจะเป็นกลางทางไฟฟ้าเพราะมีประจุบวกและประจุลบเท่ากัน ปรากฏการณ์ของไฟฟ้าสถิตจะเกิดขึ้นได้เมื่อแยกประจุบวกและลบออกจากกัน เมื่อวัตถุสองชนิดสัมผัสกันอิเล็กตรอนอาจย้ายจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง ทำให้วัตถุหนึ่งมีประจุลบเกินและอีกวัตถุหนึ่งมีประจุบวกเกินเกิดการไม่สมดุลของประจุขึ้นในวัตถุทั้งสองนั้น เมื่อแยกวัตถุทั้งสองออกจากกันวัตถุที่มีประจุลบเกินจะเกิดไฟฟ้าสถิตประจุลบวัตถุที่มีประจุบวกเกินจะเกิดไฟฟ้าสถิตประจุบวก [3]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการสร้างระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนาน จำเป็นจะต้องมีการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตให้สามารถใช้งานได้จริงและเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยระบบอากาศปิดและระบบอากาศไหล โดยกำหนดให้ใช้วงจรสร้างโครนาติสซาร์จขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ และเข็มโครนาติสซาร์จ 8-24 เข็ม กำหนดให้แผ่นคู่ขนานระยะห่างของแผ่นขนาน 15, 20 และ 30 มิลลิเมตร ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานคงที่ 4 กิโลโวลต์ สำหรับระบบอากาศไหลกำหนดให้มีความเร็วลมที่ 2.8 เมตรต่อวินาที ทำการตรวจสอบปริมาณฝุ่นโดยใช้เครื่องวัดฝุ่นแบบแสง และวัดฝุ่นควันทันช่วง 50-600 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดอากาศ

3.1 การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในระบบอากาศปิด

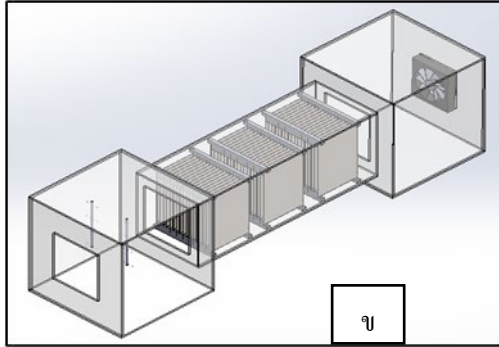
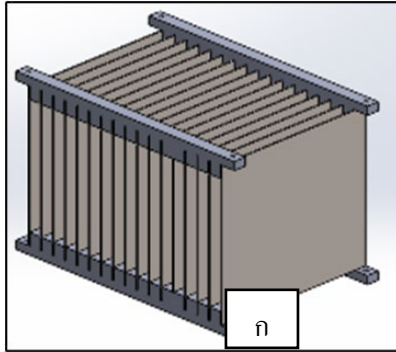
การทดลองหาเวลากับชุดทดลองวงจรสร้างโครนาติสซาร์จในระบบอากาศปิด โดยการทดลองระบบอากาศปิดใช้ควันทันใหม่จากรูป 600 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในกล่องทดลอง 30x30x30 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1(ก) จากนั้นทำการติดตั้งชุดทดลองเข็มโครนาติสซาร์จจำนวน 8 12 16 และ 24 เข็มดังแสดงในรูปที่ 1(ข) จากนั้นได้ทดลองออกแบบ และทดสอบชุดทดลองระบบอากาศปิดมีแผ่นคู่ขนานและเข็มโครนาติสซาร์จโดยจะใช้ตาข่ายสแตนเลสในการออกแบบเพื่อทนต่อความชื้นและง่ายต่อการทำความสะอาดหลังการทดลองเพื่อทดสอบไฟฟ้าแรงดันขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ ที่จำนวนเข็มโครนาติสซาร์จ 8 12 16 และ 24 เข็ม และได้ทดลองใช้แผ่นคู่ขนานต่อจากวงจรความต่างศักย์ 4 กิโลโวลต์ ภายในกล่องทดลองที่มีขนาด 30 x 30 x 30 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1(ค) โดยการจำลองสร้างฝุ่นควันทันจากรูป ซึ่งหลักการก็คือการนำวงจรไฟฟ้าต่อเข้ากับเข็มโครนาติสซาร์จ ที่อยู่ภายในกล่องทดลอง เพื่อสร้างโครนาติสซาร์จ และใช้แผ่นคู่ขนาน 3 แผ่น ในระยะห่าง 20 และ 30 มิลลิเมตร สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อดักจับฝุ่นควันทันในกล่องทดลองดังแสดงในรูปที่ 1(ค)



รูปที่ 1 (ก) แบบทดลองระบบอากาศปิด (ข) แบบทดลองอากาศปิดเข็มโครนาติสซาร์จ (ค) แบบชุดทดลองระบบอากาศปิดมีเข็มโครนาติสซาร์จ และแผ่นคู่ขนาน

3.2 การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในระบบอากาศไหล

การทดลองหาประสิทธิภาพในระบบอากาศไหล โดยมีการทดลองใช้วงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จให้ฝุ่นควันที่แรงดันไฟฟ้าขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ จำนวนเข็มโคโรนาดีสชาร์จ 8 12 16 และ 24 เข็ม และใช้แผงดักฝุ่นควันจำนวน 3 ชุดที่ระยะห่างของแผ่นคู่ขนาน 15 20 30 มิลลิเมตร ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานคงที่ 4 กิโลโวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 2(ก) โดยควบคุมให้ระบบอากาศไหลใช้ความเร็วลม 2.8 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 2(ข)



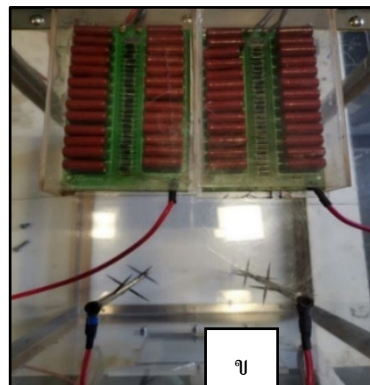
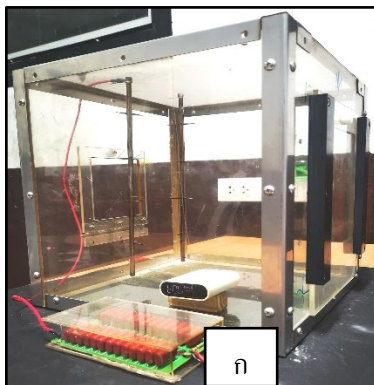
รูปที่ 2 (ก) แบบแผงดักฝุ่นควันชุดทดลอง (ข) แบบชุดทดลองระบบอากาศไหล

4. ผลการวิจัย

การดำเนินการออกแบบทดลอง และสร้างระบบเครื่องบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนานขึ้นมานั้น จำเป็นจะต้องมีการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตให้สามารถใช้งานได้จริงและเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยระบบอากาศปิดจะทำการทดลองใช้วงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จร่วมกับแผ่นโลหะคู่ขนาน และระบบอากาศไหลที่ควบคุมความเร็วลมที่ 2.8 เมตรต่อวินาที โดยเก็บผลทดลองการสร้างโคโรนาดีสชาร์จและหาระยะห่างของแผ่นโลหะคู่ขนาน เพื่อวิเคราะห์หาเวลาที่เครื่องบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิต วัตต์ค่าฝุ่นควันระหว่าง 600 – 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รวมไปถึงการหาเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดอากาศ

4.1 การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในระบบอากาศปิด

การทดลองหาเวลากับชุดทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จในระบบอากาศปิด โดยการทดลองระบบอากาศปิดใช้ควันเผาไหม้จากธูป 600 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในกล่องทดลอง 30x30x30 เซนติเมตรโดยควบคุมวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าเวลาที่ได้จากการทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จขนาด 8 กิโลโวลต์ ที่มีจำนวนเข็มโคโรนาดีสชาร์จที่ 8 เข็ม มีเวลาเฉลี่ย 92.67 วินาที 12 เข็ม เวลาเฉลี่ย 95 วินาที 16 เข็ม เวลาเฉลี่ย 88.67 วินาที 24 เข็ม เวลาเฉลี่ย 96.33 วินาที และทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 16 กิโลโวลต์ 16 เข็ม เวลาเฉลี่ย 91.67 วินาที 24 เข็ม เวลาเฉลี่ยได้ 99 วินาที เมื่อนำเวลาที่ดีที่สุดในมาเปรียบเทียบกันจะได้เวลาที่มาจากการทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 กิโลโวลต์ 16 เข็ม เวลาเฉลี่ย 88.67 วินาที และทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 16 กิโลโวลต์ 16 เข็ม เวลาเฉลี่ย 88.67 วินาที



รูปที่ 3 (ก) สร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 กิโลโวลต์ (ข) สร้างโคโรนาดีสชาร์จ 16 กิโลโวลต์

ตารางที่ 1 การทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 และ 16 กิโลโวลต์

แรงดันไฟฟ้า	เวลา (วินาที)			
	จำนวน 8 เซ็ม	จำนวน 12 เซ็ม	จำนวน 16 เซ็ม	จำนวน 24 เซ็ม
8 กิโลโวลต์	92.67	95.00	88.67	96.33
16 กิโลโวลต์	-	-	91.67	99.00

จากนั้นเพื่อทดสอบไฟฟ้าแรงดันขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ และได้ทดลองใช้แผ่นคู่ขนานต่อจากวงจร 4 กิโลโวลต์ ภายในกล่องทดลองที่มีขนาด 30 x 30 x 30 เซนติเมตร โดยการจำลองสร้างฝุ่นควันจากธูป ซึ่งหลักการก็คือ นำวงจรไฟฟ้าต่อเข้ากับเข็มโคโรนาดีสชาร์จ ที่อยู่ภายในกล่องทดลอง เพื่อสร้างโคโรนาดีสชาร์จ และใช้แผ่นคู่ขนาน 3 แผ่น ในระยะห่าง 20 และ 30 มิลลิเมตร สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อดักจับฝุ่นควันในกล่องทดลอง จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ได้จากการทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 และ 16 กิโลโวลต์ และใช้แผ่นคู่ขนานระยะห่าง 20 มิลลิเมตร ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานคงที่ 4 กิโลโวลต์ จำนวน 3 แผ่น ในกล่องทดลอง 30 x 30 x 30 เซนติเมตร จะได้ผลการทดลองดังนี้ 8 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 98.33 วินาที 12 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 100.33 วินาที 16 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 96.67 วินาที 24 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 102.00 วินาที และทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 16 กิโลโวลต์ 16 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 98.67 วินาที 24 เซ็ม เวลาเฉลี่ยได้ 102.00 วินาที เมื่อนำเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบกับกันได้เวลาที่มาจากการทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 กิโลโวลต์ 16 เซ็ม จะได้เวลาเฉลี่ย 96.67 วินาที และทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 16 กิโลโวลต์ 16 เซ็ม เวลาเฉลี่ยได้ 98.67 วินาที และที่ระยะห่างของแผ่นคู่ขนานที่ 30 มิลลิเมตร จากการทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 และ 16 กิโลโวลต์ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานคงที่ 4 กิโลโวลต์ จำนวน 3 แผ่น ในกล่องทดลอง 30 x 30 x 30 เซนติเมตร จะได้ผลการทดลองดังนี้ 8 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 96.00 วินาที 12 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 97.67 วินาที 16 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 88.00 วินาที 24 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 111.67 วินาที และทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 16 กิโลโวลต์ 16 เซ็ม เวลาเฉลี่ย 97.33 วินาที 24 เซ็ม เวลาเฉลี่ยได้ 101.33 วินาที เมื่อนำเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบกับกันได้เวลาที่มาจากการทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 กิโลโวลต์ 16 เซ็ม จะได้เวลาเฉลี่ย 88.00 วินาที และทดลองสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 16 กิโลโวลต์ 16 เซ็ม เวลาเฉลี่ยได้ 97.33 วินาที

ตารางที่ 2 การทดลองวงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จ 8 และ 16 กิโลโวลต์ และแผ่นคู่ขนานระยะห่าง 20 และ 30 มิลลิเมตร

ระยะห่างของแผ่นคู่ขนาน (มม.)	แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์)	เวลา (วินาที)			
		จำนวน 8 เซ็ม	จำนวน 12 เซ็ม	จำนวน 16 เซ็ม	จำนวน 24 เซ็ม
20	8	98.33	100.33	96.67	102.00
	16	-	-	98.67	102.00
30	8	96.00	97.67	88.00	111.67
	16	-	-	97.33	101.33

4.2 การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในระบบอากาศไหล

การทดลองหาประสิทธิภาพในระบบอากาศไหล โดยมีการทดลองใช้วงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จให้ฝุ่นควันในการทดลอง กำหนดให้ใช้วงจรโคโรนาดีสชาร์จที่แรงดันไฟฟ้าขนาด 8 และ 16 กิโลโวลต์ ติดตั้งชุดทดลองเข็มโคโรนาดีสชาร์จจำนวน 8 12 16 และ 24 เซ็ม และใช้แผงดักฝุ่นควันจำนวน 3 ชุดที่ระยะห่างของแผ่นคู่ขนาน 15 20 30 มิลลิเมตร ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนานคงที่ 4 กิโลโวลต์ โดยใช้ความเร็วลม 2.8 เมตรต่อวินาที โดยเมื่อไม่ใส่วงจรโคโรนาดีสชาร์จพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนแผ่น

คูลูกมากขึ้นจะสามารถเพิ่มระยะเวลาในการดักจับฝุ่นควันได้มากขึ้น โดยใช้ระยะเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 137.33 – 90.57 วินาที แต่เมื่อเพิ่มวงจรโคโรนาดีสชาร์จไปที่ 8 กิโลโวลต์ โดยใช้จำนวนเข็มที่ 8 เข็ม พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการดักจับฝุ่นควันจาก 600 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มาอยู่ที่ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรได้ในระยะเวลาการดักจับฝุ่นควันลดลงมาอยู่ที่ 80.00 วินาที ในระยะห่างของแผ่นโลหะคู่ขนานที่ 20 มิลลิเมตร และจากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มวงจรโคโรนาดีสชาร์จไปที่ 16 กิโลโวลต์ โดยใช้จำนวนเข็มที่ 16 เข็ม พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการดักจับฝุ่นควันจาก 600 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มาอยู่ที่ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรได้ในระยะเวลาการดักจับฝุ่นควันลดลงมาต่ำสุดที่ 60.67 วินาที ในระยะห่างของแผ่นโลหะคู่ขนานที่ 20 มิลลิเมตร ในสภาพที่มีอากาศไหลที่ความเร็วลม 2.8 เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 3 การทดลองหาจำนวนชุดแผงดักจับฝุ่นควันและเวลาที่เหมาะสม

แรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์)	จำนวนเข็ม โคโรนา ดีสชาร์จ (เข็ม)	จำนวน แผ่น คู่ขนาน (ชุด)	เวลา (วินาที)		
			ระยะห่าง 15 มิลลิเมตร	ระยะห่าง 20 มิลลิเมตร	ระยะห่าง 30 มิลลิเมตร
0	0	1	130.00	120.33	137.33
		2	95.00	89.33	112.00
		3	89.67	90.57	91.67
8	8	1	91.67	99.67	107.00
		2	89.00	87.67	94.67
		3	87.00	80.00	84.00
8	16	1	90.33	98.33	106.67
		2	82.33	79.00	94.00
		3	79.33	74.00	82.00
16	16	1	92.33	90.67	113.67
		2	85.33	76.33	82.33
		3	71.00	60.67	81.00

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดสอบระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนานพบว่า สำหรับระบบอากาศปิด การใช้วงจรสร้างโคโรนาดีสชาร์จสำเร็จรูปขนาด 8 กิโลโวลต์และ 16 กิโลโวลต์ ที่เข็มโคโรนาดีสชาร์จ 8-24 เข็ม โดยทดลองใช้ฝุ่นควันรูปแทนควันจากการเผาไหม้ปล่อยเข้าภายในกล่องทดลอง 600 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าการใช้วงจรโคโรนาดีสชาร์จ 8 กิโลโวลต์ และเข็มโคโรนาดีสชาร์จ 16 เข็ม ฝุ่นควันเกิดการแตกตัว และตกตะกอนติดผนังข้างกล่องทดลอง ในเวลา 96.67 แต่เมื่อเพิ่มแผ่นโลหะคู่ขนาน จำนวน 3 แผ่น ใช้แรงดันไฟฟ้าคงที่ขนาด 4 กิโลโวลต์ มาใช้งานร่วมกันพบว่าที่ว่าการใช้วงจรโคโรนาดีสชาร์จ 8 กิโลโวลต์ และเข็มโคโรนาดีสชาร์จ 16 เข็ม สามารถลดระยะเวลาของการดักจับฝุ่นควันลงเหลือ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในระยะเวลา 88 วินาที โดยพบว่าฝุ่นละอองเข้ามาเกาะติดกับแผ่นโลหะคู่ขนาน แทนการตกตะกอนติดผนังข้างกล่องทดลอง จากนั้นได้ทำการทดสอบระบบบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตชนิดแผ่นโลหะคู่ขนานในระบบอากาศเปิด โดยมีการควบคุมความเร็วลมไว้ที่ 2.8 เมตรต่อวินาที พบว่าจำนวนชุดของแผ่นโลหะคู่ขนานที่ความต่างศักย์คงที่ 4 กิโลโวลต์มีผลต่อระยะเวลาในการดักจับฝุ่นควัน อีกทั้งมีค่าดีที่ต่ำสุดที่ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานที่ 20 มิลลิเมตร โดยมีระยะเวลาดำสุดที่ 60.67 วินาที ในเงื่อนไขการใช้วงจรโคโรนาดีสชาร์จสำเร็จรูปขนาด 16 กิโลโวลต์ ที่จำนวนเข็มโคโรนาดีสชาร์จ 16 เข็ม ซึ่งแนวทางการทดสอบนี้สามารถนำไปต่อยอดสำหรับออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดอากาศเชิงไฟฟ้าสถิตภายในอาคารได้อีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

1. วิสูตร อาสนวิจิตร 2561. การสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงแบบพัลส์ สำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต. วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ชญาศักดิ์ รัตนโชติ, พีระพงศ์ ทีฆสกุล และยุทธนา ภูริระวณิชย์กุล. 2561. เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตสำหรับการดักจับเขม่าจากการเผาไหม้ไม้ฟืน. การประชุมวิชาการเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 22. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
3. Podlinski, J., Niewulis, A., and Mizeraczyk, J. 2019. Electro hydrodynamic flow and particle collection efficiency of a spike-plate type electrostatic precipitator. Journal of Electrostatics. 67: 99 - 104

การบูรณาการใช้เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ การประเมินวัฏจักรชีวิต และ เศรษฐศาสตร์ ในการปรับปรุงกรอบอาคาร: กรณีศึกษาบ้านเดี่ยว 2 ชั้น

พลรัตน์ บุญมี¹ จันทิมา รั้วลายเงิน¹ พิรสิขม์ ชฎาธร¹ พิพัฒน์พงษ์ ปริเปรม² เจนนิตา ขุนช้าง¹
ชัยยศ ดำรงกิจโกศล³ เสกสรร พาป้อง⁴ ศิริพล ทองอ่อน^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

²วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
110/1-4 ถนนประชาชื่น เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

³ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

⁴สถาบันเทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

*ผู้รับผิดชอบบทความ: siripol.t@mutp.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4169

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการปรับปรุงกรอบอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สภาวะความสบาย และคุ้มค่ากับการลงทุนตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตพิจารณาตั้งแต่วัตถุดิบที่ใช้ในการปรับปรุงกรอบอาคาร และการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยเน้นหลักสภาวะความสบายตามมาตรฐาน ASHRAE 55 ก่อนการดำเนินการปรับปรุงได้ทดลองออกแบบแนวทางการปรับปรุงอาคารโดยใช้โปรแกรม BEC Web-Based และวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี ReCiPe (H) ผลการศึกษาพบว่าการถ่ายเทความร้อนกรอบอาคารผ่านผนัง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ ส่วนการถ่ายเทความร้อนกรอบอาคารผ่านหลังคาควรปรับปรุง เลือกใช้ฉนวน PE-foam และฉนวนใยแก้ว พบว่าการใช้ฉนวน PE-foam สภาวะความสบายผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE 55 ค่าการถ่ายเทความร้อนผนังเท่ากับ 17.16 W/m² ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่ากับ 6.01 Pt ระยะเวลาคืนทุน 2.8 ปี ฉนวนใยแก้วค่าการถ่ายเทความร้อนผนัง 8.07 W/m² ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 6.02 Pt ระยะเวลาคืนทุน 6.3 ปี การศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นข้อมูลในการเลือกติดตั้งฉนวนกันความร้อนได้ โดยพิจารณาทั้งทางด้านพลังงาน เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ สภาวะความสบาย ฉนวนกันความร้อน การประเมินวัฏจักรชีวิต

Integration of the Minimum Energy Efficiency Standard, Life Cycle Assessment and Economic in the Building Envelope Renovation; A Case Study Two – Storey House

Polrut Boonmee¹, Chantima Rewlay-ngoen¹, Peerasit Chadathorn¹, Pipatpong Preprem², Jannita Khunchang¹, Chaiyot Damrongkijkosol³, Seksan Pamong⁴ and Siripol Tongorn^{1*}

¹ Department of Mechanical, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
1381 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

² College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University
110/1-4 Pracha Chuen Road, Lak Si, Bangkok 10210

³ Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's of Technology North Bangkok 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

⁴ Technology and Informatics Institute for Sustainability, National Science and Technology Development Agency (NSTDA) 111
Thailand Science Park, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

*Corresponding author: siripol.t@mutp.ac.th Tel: 02-836-3000 Ext. 4169

Abstract

This research presents the building renovation model for designing the environmentally friendly building, state of comfort and economic valuation. According to the standardization of building code and using the life cycle assessment in term of energy and environmental from the material production and the power consumption in the air condition system. In the comfort zone used the ensure thermal comfort and ASHRAE Standard 55. Before the building renovation, the designing guideline for alternatives of building envelope in order to look for the finest simulation model with a BEC Web-based program and used ReCiPe (H) method to analyze the environmental impact. The study results found that the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) passed the standard criteria, but the Roof Thermal Transfer Value (RTTV) improved by the installation of PE-FOAM insulation and glass fiber insulation. The RTTV improved by the installation of PE-FOAM insulation and glass fiber insulation could reduce heat transfer values by approximately 17.16 and 8.07 W/m² but only fiber glass passed the standards of the Ministry of Energy, the environmental impact was 6.01 and 6.02 Pt, respectively. According to the economic analysis, it was found that the payback period for PE-FOAM insulation and glass fiber insulation was 2.8 and 6.3 years, respectively. These findings could be used as guidelines for insulation installation decisions and economic decision-making information.

Keywords: Comfort Zone, Insulation, Life Cycle Assessment

1. บทนำ

จากรายงานสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรายภาคเศรษฐกิจ ของกระทรวงพลังงาน [1] พบว่าภาคที่มีการใช้พลังงานสูงสุดมาจากภาคขนส่ง อุตสาหกรรมการผลิต บ้านอยู่อาศัย และอื่น ๆ โดยคิดเป็นร้อยละ 39, 37, 13 และ 11 ตามลำดับ ในภาคบ้านอยู่อาศัยพบว่าในปี 2566 มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7.4 [2] ซึ่งเกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ แสงสว่างและอื่นๆ เนื่องจากหลายหน่วยงานเริ่มปรับการทำงานและอื่น ๆ บวกกับการขยายตัวของธุรกิจกลุ่มอสังหาริมทรัพย์ ประเภทที่อยู่อาศัย และผนวกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากผลกระทบดังกล่าวกระทรวงพลังงานมีนโยบายการออกแบบบ้านหรืออาคารสำนักงาน ที่อยู่อาศัย รวมทั้งส่งเสริมบ้านเรือนที่มีการก่อสร้างก่อนแล้วนั้น ลดการนำความร้อนเข้าภายในอาคาร ทั้งนี้ตามเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2564 ดังตารางที่ 1 การถ่ายเทความร้อนรอบอาคารจะพิจารณา 2 ส่วนคือ การถ่ายเทความร้อนรอบอาคารผ่านผนัง (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) และการถ่ายเทความร้อนรอบอาคารผ่านหลังคา (The Roof Thermal Transfer Value, RTTV)

ตารางที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ [3]

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมไม่เกิน (W/m ²)	
	OTTV	RTTV
สถานศึกษา สำนักงาน	50	15
โรงแรมหรู ศูนย์การค้า สถานบริการ อาคารชุมนุมคน	40	12
สถานพยาบาล อาคารชุด โรงแรม	30	10

จันทิมาและคณะ [4] พบว่าการถ่ายเทความร้อนรอบอาคารผ่านผนังและหลังคาของอาคารสำนักงานสำหรับที่อยู่อาศัย สูงกว่ามาตรฐานเกือบ 5 เท่า สมเกียรติ และคณะ [5] พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนรอบอาคารผ่านผนังของมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี สูงกว่าค่ามาตรฐานเกือบ 3 เท่า จันทิมาและคณะ [6] คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านรอบอาคารของอาคารสำนักงาน พบว่ามีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานเกือบ 3 เท่า เห็นได้ว่าอาคารต่าง ๆ มีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านรอบอาคารไม่ผ่านมาตรฐานพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน จากงานวิจัยที่กล่าวไว้ข้างต้น พบว่า OTTV สามารถลดได้จนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เช่น ติดฉนวน ติดฟิล์ม และติดผ้าม่าน [6] เป็นต้น ส่วน RTTV พบว่าสามารถลดได้โดยการติดผ้า แต่เนื่องจากสภาวะอากาศที่ร้อนจัดในฤดูร้อน ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร อาจสูงถึง 45 - 50 °C ในช่วงฤดูร้อน การติดผ้าไม่เพียงพอ จากงานวิจัยของ จันทิมาและคณะ [4] ได้เพิ่มข้อเสนอแนะคือ ติดตั้งฉนวนเพิ่ม พบว่าสามารถลดค่า RTTV ลงได้ประมาณ 3 เท่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทางปรับปรุงรอบอาคารสำหรับที่พักอาศัย โดยเลือกพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมไม่เกิน OTTV และ RTTV ในกลุ่มสำนักงาน และประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ของวัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ เนื่องจากเป็นตัวแปรตามของรูปแบบรอบอาคาร

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การถ่ายเทความร้อนรวม

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของรอบอาคารใช้โปรแกรม BEC Web-Base [3] ภายในโปรแกรมได้มีการบรรจุค่าเกณฑ์มาตรฐาน คุณสมบัติความร้อนของวัสดุรอบอาคาร และสมการการคำนวณตามกฎกระทรวงในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \dots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}} \quad (1)$$

$$RTTV = \frac{(A_{r1})(RTTV_1) + (A_{r2})(RTTV_2) + \dots + (A_{ri})(RTTV_i)}{A_{r1} + A_{r2} + \dots + A_{ri}} \quad (2)$$

เมื่อ

$OTTV_i$ คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังแต่ละส่วน (W/m^2) คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (3)$$

$RTTV_i$ คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน (W/m^2) คำนวณจากสมการที่ (4)

$$RTTV_i = (U_r)(1-SRR)(TD_{eq}) + (U_s)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (4)$$

A_{wi} คือพื้นที่ของผนังส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่ผนังโปร่งแสงมีหน่วยเป็น (m^2)

U_w คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ของผนังทึบ มีหน่วยเป็น ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

U_r คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

WWR คืออัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังส่วนที่พิจารณา

SRR คืออัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในของผนังและหลังคาซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็น ($^\circ C$)

U_f คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

U_s คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง หรือกระจกโปร่งแสง ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

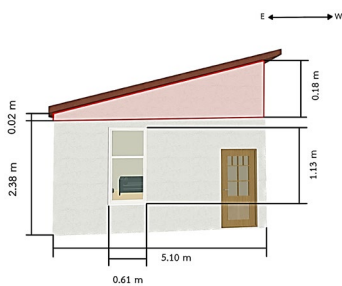
ΔT คือค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกผนังและหลังคา มีหน่วยเป็น ($^\circ C$)

$SHGC$ คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังและหลังคาโปร่งแสง

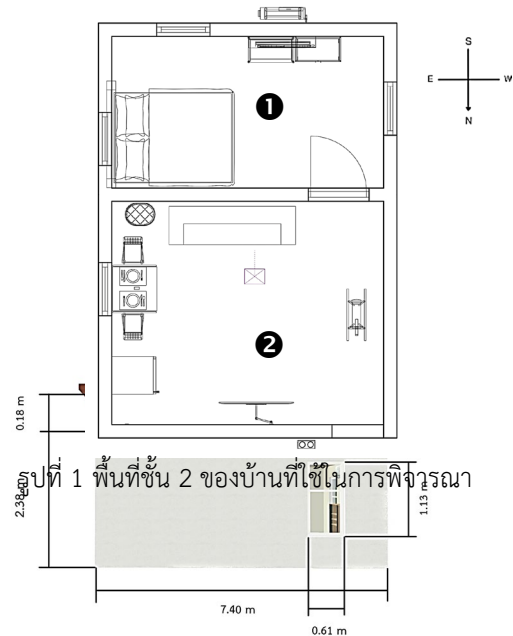
SC คือสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาโปร่งแสง หรือผนังและหลังคาทึบแสง (W/m^2)

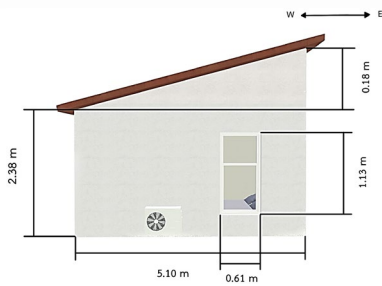
ลักษณะของบ้าน เป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้น แบ่งเป็น 1 ห้องนอน 1 ห้องนั่งเล่น ในชั้นที่ 2 และในชั้นที่ 1 แบ่งเป็น 1 ห้องน้ำ 1 ห้องครัว โดยจะพิจารณาในชั้นที่ 2 เท่านั้น เนื่องจากเป็นพื้นที่ปรับอากาศ โดยในชั้นที่ 1 นั้น ยังไม่มีมีการติดตั้งระบบปรับอากาศ



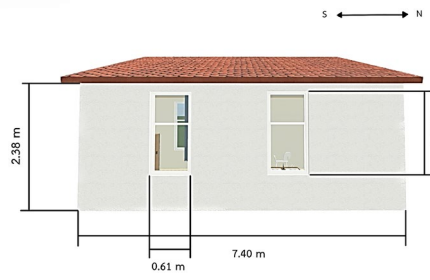
ผนังและหลังคาบ้านทางทิศเหนือ



ผนังและหลังคาบ้านทางทิศตะวันตก



ผนังและหลังคาบ้านทางทิศใต้



ผนังและหลังคาบ้านทางทิศตะวันออก

รูปที่ 2 ลักษณะของผนังและหลังคาแต่ละด้าน

จากการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมในส่วนของผนังและหลังคา ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยค่า OTTV แบ่งออกเป็น 4 ทิศ คือทิศเหนือ ทิศตะวันตก ทิศใต้ และทิศตะวันออก และค่า RTTV

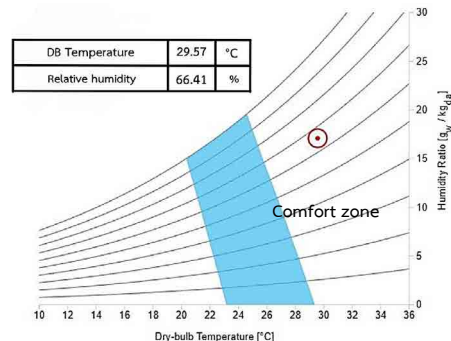
ตารางที่ 2 พื้นที่ในแต่ละส่วน

Floor Name	Floor Area (m ²)	Wall			Roof	
		Area (m ²)	Material Type	Direction	Area (m ²)	Material Type
❶	15.3	6.45	คอนกรีตมวลเบา	ตะวันตก	15.3	หลังคาเมทัลชีท และ อลูมิเนียมพอยล์ แผ่นยิปซัม
		0.69	กระจก			
		6.45	คอนกรีตมวลเบา	ตะวันออก		
		0.69	กระจก			
		11.45	คอนกรีตมวลเบา	ใต้		
		0.69	กระจก			
รวม		38.56				
❷	22.44	10.47	คอนกรีต	ตะวันตก	22.44	หลังคาเมทัลชีท และ อลูมิเนียมพอยล์ แผ่นยิปซัม
		9.78	คอนกรีตมวลเบา			
		0.69	กระจก	ตะวันออก		
		12.14	คอนกรีต	ใต้		
		11.45	คอนกรีต	เหนือ		
		0.69	กระจก			
รวม		45.22				

จากตารางที่ 3 ใช้โปรแกรม BEC Web-Base คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของบ้านพบว่ามีความค่า 38.28 W/m² ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานกระทรวงพลังงาน หากอิงจากค่าการถ่ายเทความร้อนของสำนักงาน ยกเว้นในทิศเหนือที่ผ่านเกณฑ์การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของผนัง เนื่องจากได้รับแสงแดดค่อนข้างน้อย และเช่นเดียวกันค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาของบ้านที่ทำการศึกษาก็ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงพลังงาน ทั้งนี้ก่อนการปรับปรุงกรอบอาคารได้ลองพิจารณาภาวะสบายตามมาตรฐาน ASHRAE 55 ภายใต้เงื่อนไขคือ อุณหภูมิภายใน 29.57 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 66.41 % พบว่าบ้านที่ทำการศึกษาก่อนติดตั้งฉนวนกันความร้อนไม่อยู่ในสภาวะสบาย ดังแสดงในรูปที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารผ่านผนังและหลังคา

ทิศ	OTTV	สถานะ	RTTV	สถานะ
เหนือ	14.78	ผ่าน	19.51	ไม่ผ่าน
ตะวันตก	38.65	ไม่ผ่าน		
ใต้	46.44	ไม่ผ่าน		
ตะวันออก	48.51	ไม่ผ่าน		
รวม	38.28	ผ่าน	19.51	ไม่ผ่าน



รูปที่ 3 ภาวะความสบายก่อนการปรับปรุงกรอบอาคารผ่านผนังและหลังคาตามมาตรฐาน ASHRAE 55

2.2 การเสนอทางเลือกในการปรับปรุงกรอบอาคาร

ในการปรับปรุงกรอบอาคารผ่านผนังและหลังคาให้อยู่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จากงานวิจัยของประวีณ และยุทธนา (2564) [7] ได้สรุปทางเลือกในการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ดังแสดงในตารางที่ 4 และได้วิเคราะห์ทางเลือกเบื้องต้น สำหรับ OTTV ติดตั้งผ้าม่านเพิ่มเติม เพื่อป้องกันแสงแดดไม่ให้เข้าภายในบ้าน ลดอุณหภูมิ และเพิ่มความเป็นส่วนตัวในการใช้ชีวิตภายในบ้าน ส่วน RTTV เลือกติดตั้งฉนวน 2 ชนิดคือฉนวน PE-FOAM และฉนวนใยแก้ว เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางพลังงาน สภาวะความสบายจากตามมาตรฐาน ASHRAE 55 เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนวิถีชีวิต

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ทางเลือกในการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวม [7]

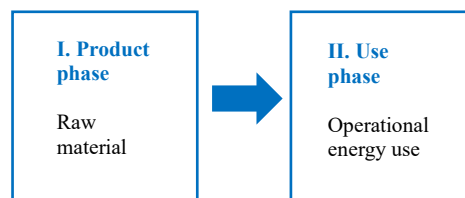
ทางเลือกในการปรับปรุง		ทาสีสะท้อนความร้อน	ติดตั้งฉนวนกันความร้อนและผ้าม่าน	ติดตั้งผนังเบา	เปลี่ยนรูปแบบอาคาร	ลดขนาดหน้าต่าง	เปลี่ยนชนิดกระจก
เกณฑ์ในการเลือกวิธีการปรับปรุงในส่วนของผนัง	ลดการถ่ายเทความร้อน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	รูปแบบอาคารไม่เปลี่ยน	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	ไม่กระทบต่อโครงสร้างเดิม	✓	✓	✓	✗	✗	✓
	สรุปผล	ไม่เลือก	เลือก	ไม่เลือก	ไม่เลือก	ไม่เลือก	ไม่เลือก
เกณฑ์ในการเลือกวิธีการปรับปรุงในส่วนของหลังคา	ลดการถ่ายเทความร้อน	✓	✓	□	✓	□	□
	รูปแบบอาคารไม่เปลี่ยน	✓	✓	□	✗	□	□
	ไม่กระทบต่อโครงสร้างเดิม	✓	✓	□	✗	□	□
	สรุปผล	ไม่เลือก	เลือก	□	ไม่เลือก	□	□

2.3 การประเมินวิถีชีวิต

จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาแนวทางในการปรับปรุงกรอบอาคาร เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ และลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ในการวิเคราะห์การลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จะนำเทคนิคการประเมินวิถีชีวิตวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา การจัดทำบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และการแปรผลการศึกษา รายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัสดุ และการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านหลังติดตั้งฉนวน ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการปรับปรุงและเลือกฉนวนจำนวน 2 ชนิดคือฉนวนกันความร้อน ชนิด PE-FOAM และฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว สำหรับหน่วยการศึกษาคือ 1 m² อายุการใช้งานฉนวน 2 ชนิด คือ 15 ปี



รูปที่ 4 ขอบเขตการศึกษา

ตารางที่ 5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อพื้นที่

รายการ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/m ² -year)
ก่อนติดตั้งฉนวน	84.190
หลังติดตั้ง PE-FOAM	83.694
หลังติดตั้ง ฉนวนใยแก้ว	81.995

2. การจัดทำบัญชีรายการ

การจัดทำบัญชีรายการรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้ในข้อที่ 1 โดยใช้ฐานข้อมูล Ecoinvent database การศึกษาครั้งนี้ไม่พิจารณาการขนส่งฉนวนกันความร้อนมายังพื้นที่ที่ทำการศึกษา พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือนในพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 5

3.การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมใช้โปรแกรม SimaPro โดยใช้วิธี ReCiPe (H) ประเมินผลกระทบชั้นกลางและผลกระทบปลายทาง ผลกระทบชั้นกลางคือการประเมินผลกระทบที่ก่อให้เกิดผลกระทบนั้น ๆ เช่น CO₂ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น ส่วนผลกระทบปลายทางคือการประเมินผลกระทบชั้นจริงที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น CO₂ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนผลของภาวะโลกร้อนคือเป็นโรคลมร้อน (Heat stroke) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มปัญหาสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เป็นต้น ในวิธี ReCiPe ได้แบ่งผลกระทบปลายทางออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มสุขภาพอนามัยของมนุษย์ กลุ่มระบบนิเวศ และกลุ่มทรัพยากรธรรมชาติ

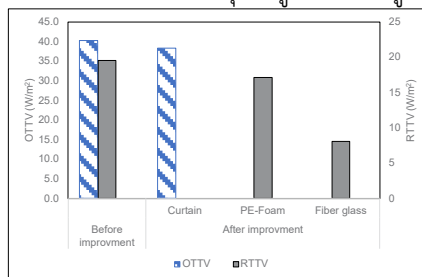
4.การแปลผลการศึกษา

การแปลผลการศึกษาคือการสรุปผล และวิเคราะห์ผลทางด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้

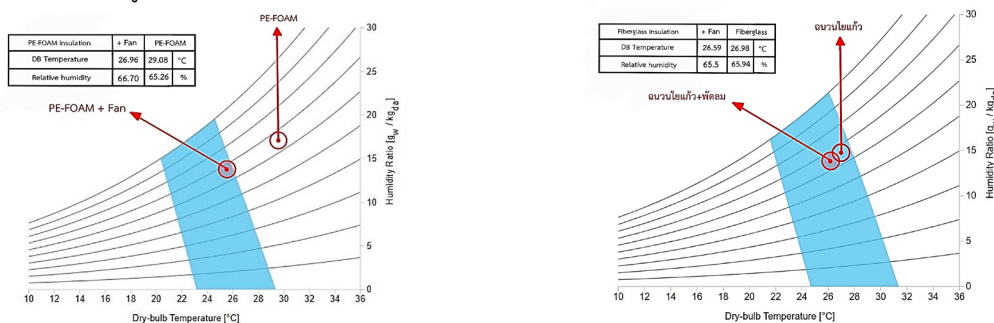
3.ผลการศึกษา

3.1 ผลการปรับปรุงกรอบอาคารและสภาวะความสบายตามมาตรฐาน ASHRAE

จากรูปที่ 5 ก่อนการติดตั้งได้มีการออกแบบและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น นำข้อมูลใส่ลงในโปรแกรม BEC web-based พบว่าจากการออกแบบเบื้องต้นค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดของกระทรวงพลังงาน ($OTTV \leq 50 \text{ W/m}^2$) หลังทำการติดตั้งในส่วนของ OTTV ได้ติดตั้งผ้าม่านเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มความเป็นส่วนตัวและลดแสงแดดที่จะส่งมายังห้อง ส่วน RTTV อนุญาตความร้อนชนิด PE-FOAM มีค่าเท่ากับ 17.16 W/m^2 ยังไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดของกระทรวงพลังงาน ($RTTV \leq 10 \text{ W/m}^2$) ส่วนการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วมีค่าเท่ากับ 8.07 W/m^2 ถือว่าผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดกระทรวงพลังงาน แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิด PE-FOAM ยังไม่เพียงพอต่อการลดความร้อนที่ส่งผ่านมายังหลังคาเนื่องจากในฤดูร้อนของจังหวัดกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2566 เผชิญสภาวะคลื่นความร้อนซึ่งมีอุณหภูมิแวดล้อมสูง $40-50 \text{ }^\circ\text{C}$



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาก่อนและหลังติดตั้งฉนวน



ความสบายหลังติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิด PE-FOAM

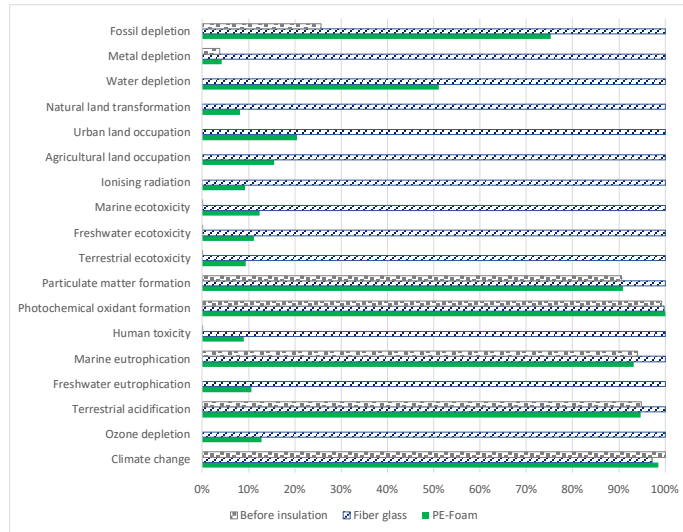
ความสบายหลังติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว

รูปที่ 6 ความสบายหลังติดตั้งฉนวนของหลังคา

สภาวะความสบายหลังการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว ภายใต้เงื่อนไขคืออุณหภูมิ $26.98 \text{ }^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 65.94% สภาวะสบายของบ้านที่ทำการศึกษาลงติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว เข้าสู่สภาวะสบายมากยิ่งขึ้นกว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิด PE-FOAM ทั้งนี้ได้มีการเพิ่มสภาวะความสบายโดยการลดอุณหภูมิ โดยการใช้พัดลมเข้าช่วย ผลการศึกษาพบว่าอยู่ในสภาวะความสบายเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 6 เป็นการเพิ่มความสบายโดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วและพัดลมทำการศึกษาไว้

3.2 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต โดยใช้โปรแกรม SimaPro วิธี ReCiPe (H) ในการประเมินผลกระทบชั้นกลางและผลกระทบชั้นปลาย ใช้ฐานข้อมูลบัญชีรายการ Ecoinvent databased และ Thai national databased คำนวณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม 3 กรณีคือก่อนติดตั้งฉนวน ติดตั้งฉนวน PE-foam และฉนวนใยแก้ว พบว่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มาจากฉนวนใยแก้ว ยกเว้นปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเกิดหมอกควันที่ผลกระทบส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยพบว่า การติดตั้งฉนวนสามารถใยแก้ว และ PE-foam สามารถลดปัญหาดังกล่าวลงได้



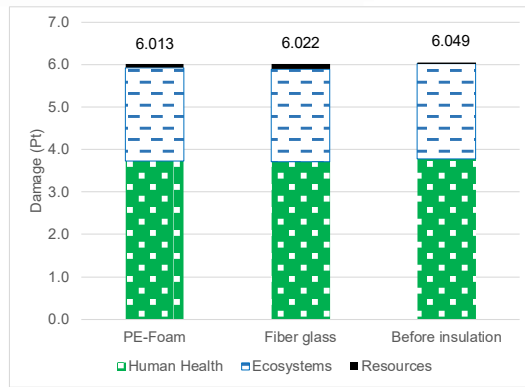
รูปที่ 7 เปรียบเทียบผลกระทบชั้นกลางก่อนการติดตั้งฉนวน และหลังติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่หลังคา

จากตารางที่ 6 ได้เปรียบเทียบกลุ่มความเสียหาย 3 กลุ่ม ได้แก่ด้านสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ระบบนิเวศ และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ พบว่าก่อนการติดตั้งฉนวนกันความร้อนส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และระบบนิเวศสูง และใช้ทรัพยากรธรรมชาติสูงจากการติดตั้งฉนวนใยแก้ว เนื่องจากเป็นฉนวนที่สามารถดูดซับความร้อนได้ดี และความหนาของฉนวนส่งผลต่อความร้อนที่เข้าสู่หลังคา ดังนั้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติย่อมสูงขึ้น ตามลำดับ

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความเสียหายทั้ง 3 ด้านก่อน-หลังติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่หลังคา

Damage category	Unit	After insulation		Before insulation
		PE foam	Fiber glass	
Human Health	DALY	1.88E-04	1.88E-04	1.91E-04
Ecosystems	Species·yr	9.96E-07	9.84E-07	1.01E-06
Resources	\$	1.22E-01	1.94E-01	4.25E-02

จากรูปที่ 8 ได้ประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตและเปรียบเทียบกระทบปลายทางด้านวิธี ReCiPe (H) และให้นำหนักความสำคัญทั้ง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ระบบนิเวศ และทรัพยากรธรรมชาติ พบว่า PE-foam มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยสุด เท่ากับ 6.013 Pt ส่วนหากไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่หลังคา พบว่าให้ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด เท่ากับ 6.049 Pt ซึ่งมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก และเมื่อเปรียบเทียบความเสียหายทั้ง 3 ด้าน พบว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์สูงสุด รองลงมาคือระบบนิเวศ และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ตามลำดับ



รูปที่ 8 เปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตก่อนการติดตั้งฉนวน และหลังติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่หลังคา

3.3 ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

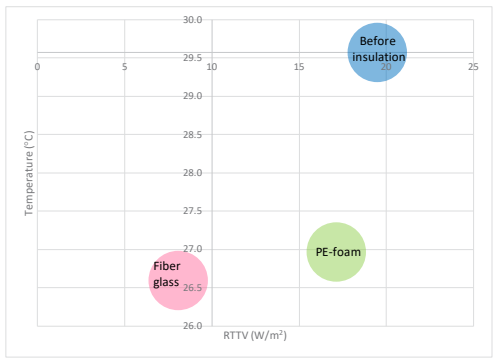
ก่อนการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเมื่อเทียบกับการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วสามารถลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 1,005.94 บาทต่อปี และเมื่อเทียบกับหลังติดตั้ง ฉนวนกันความร้อนชนิด PE-foam สามารถลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 502.97 บาทต่อปี และเมื่อพิจารณาเงินลงทุน PE-Foam เท่ากับ 1,400 บาท และฉนวนใยแก้ว 6,300 บาท อัตราดอกเบี้ย 7.05% ระยะเวลา 15 ปี พบว่า PE-foam ระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่าฉนวนใยแก้ว เช่นเดียวกัน IRR สูงกว่าฉนวนใยแก้ว ส่วนมูลค่าปัจจุบันสุทธิพบว่าฉนวนใยแก้วมีมูลค่าน้อยกว่า ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งฉนวนกันความร้อน

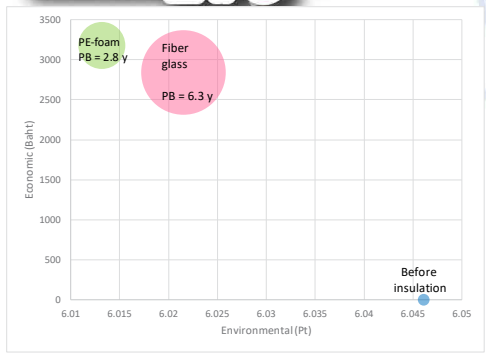
รายการ	PE-foam	ฉนวนใยแก้ว	หมายเหตุ
การประหยัดพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อปี)	502.97	1,005.94	พิจารณา MARR 7.05%
เงินลงทุน (บาท)	1,400	6,300	ระยะเวลาโครงการ 15 ปี
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	2.8	6.3	
NPV (บาท)	3,172.93	2,833.15	NPV ≥ 0 คุ่มค่ากับการลงทุน
IRR (%)	35.6	13.61	IRR ≥ MARR คุ่มค่ากับการลงทุน

3.4 สรุปผลการศึกษาด้านสภาวะความสบาย ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาทางด้านสภาวะความสบาย ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านเศรษฐศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะความสบาย โดยพิจารณาจากอุณหภูมิ และความชื้น (29.5 °C, RH = 66.3%) เทียบกับค่า RTTV (10 W/m²) (เนื่องจาก OTTV ผ่านมาตรฐานแล้ว) พบว่าการใช้ฉนวนใยแก้วส่งผลให้อาคารหลังมีค่าสภาวะความสบายและ RTTV ต่ำกว่าเกณฑ์ข้อกำหนดของกระทรวงพลังงาน ส่วน PE-foam พบว่าค่าสภาวะความสบายอยู่ในช่วงมาตรฐาน แต่ RTTV สูงกว่าเกณฑ์ข้อกำหนดของกระทรวงพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 11 และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม พบว่า PE-foam ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด แม้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงกว่าแต่ระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่า เพียง 2.8 ปี ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิ



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

4.สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและผ่านหลังคาของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น พบว่าค่า OTTV ของบ้านพักอาศัยอยู่ที่ 40.197 W/m² เป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2564 กำหนดไว้ที่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ของสำนักงานต้องมีค่าไม่เกิน 50 W/m² ทั้งนี้การศึกษานี้ได้มีการติดตั้งฝ้าบาน ที่กระจกใส เพื่อความสวยงาม และ ลดค่าการถ่ายเทความร้อน พบว่าค่า OTTV อยู่ที่ 38.28 W/m² ส่วนค่า RTTV ของบ้านพักอาศัยอยู่ที่ 19.51 W/m² เป็นค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2564 กำหนดไว้ที่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของสำนักงานต้องมีค่าไม่เกิน 10 W/m² ทั้งนี้ได้ออกแบบโดยการติดตั้งฉนวน 2 ชนิด คือ PE-FOAM และ โยแก้ว พบว่าเมื่อติดตั้งฉนวนชนิด PE-FOAM ค่า RTTV อยู่ที่ 17.16 W/m² เป็นค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงพลังงาน แต่อยู่ในสภาวะสบายตามมาตรฐานของ ASHRA 55 เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า ส่งผลให้อัตราลดค่าใช้จ่ายทางพลังงาน 502.97 บาทต่อปี คิดเป็นทุนภายในระยะเวลา 2 ปี 8 เดือน มูลค่า ฉนวนโยแก้ว ค่า RTTV อยู่ที่ 8.07 W/m² ค่าดังกล่าวมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงพลังงานและอยู่ในสภาวะสบายตามมาตรฐานของ ASHRA 55 กำหนดไว้ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า การติดตั้งฉนวนโยแก้ว ส่งผลให้ค่าลดค่าใช้จ่ายทางพลังงาน 1,005.94 บาทต่อปี คิดเป็นทุนภายในระยะเวลา 6 ปี 3 เดือน ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า การใช้ PE-foam ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การศึกษานี้ควรพิจารณาการกำจัดทิ้งหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ หลังหมดอายุการใช้งาน เพื่อให้สอดคล้องกับแบบจำลองเศรษฐกิจสีเขียว และการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นฐานข้อมูลปี 2552 ซึ่งปีดังกล่าวมีการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติค่อนข้างสูง ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มสูงขึ้น ย่อมส่งผลให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ และสถาบันเทคโนโลยีและสารสนเทศ เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SimaPro

7.เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน. (2564) รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564, พิมพ์ครั้งที่ 1, นนทบุรี: บริษัท สหมิตรพรินติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด
- [2] วิจัยกรุงศรี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) (2563) แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2563-2565 ธุรกิจที่อยู่อาศัยในกรุงเทพฯและปริมณฑล [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/real-estate/housing-in-bmr/io> [17/12/2565]
- [3] ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2560) คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.

- [4] Chantima Rewlay-ngoen, Krit Apinyavisit, Siripol Tongorn and Polrut Boonmee. (2020) Strategy of Energy for Commercial Building. Science Technology and Engineering Journal (STEJ), Vol. 6, No.1 pp. 16-21.
- [5] สมเกียรติ สุขุมพันธ์, วิเชียร แซ่เฮ้ง และภัทรพล สุวรรณโณม (2558) การหาค่าความร้อนที่เข้าสู่อาคารเพื่อเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานด้านระบบปรับอากาศในอาคาร, กาญจนบุรี: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.
- [6] จันทิมา รวีลายเงิน และพัฒนะ เมฆขำ (2563) การศึกษาความเหมาะสมของการใช้ระบบปรับอากาศในสำนักงาน เพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสภาวะความสบาย, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 3, 18-19 พฤศจิกายน.
- [7] ประวีณ จิณานุกุล และยุทธนา ทองท้อม (2565). การบูรณาการระหว่างเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ และการประเมินวัฏจักรชีวิตในการปรับปรุงกรอบอาคาร กรณีศึกษา อาคารผู้ปวยนอก. วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม – มีนาคม 2565, หน้าที่ 75 – 68.

การเขียนโค้ดบอร์ดอาduinoด้วยแชทจีพีที สำหรับควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

ทัตสนะ ถมทอง¹ ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์¹ สมนึก เครือสอน^{1*}

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ตาก
41/1 ม.7 ถ.พหลโยธิน ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000
*somnuk@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการใช้แชทจีพีทีเขียนโค้ดให้กับบอร์ดอาduino MEGA 2560 เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง 4 โหมด โดยโหมดแรกกำหนดให้มอเตอร์หยุดทำงาน โหมดที่สองกำหนดให้มอเตอร์หมุนและหยุดหมุนสลับกันทุก ๆ 5 วินาที โหมดที่สามกำหนดให้ใช้สวิตช์ปุ่มกด 2 ตัว เพื่อสั่งให้ มอเตอร์หมุนและหยุดหมุน โหมดสุดท้ายปรับความเร็วมอเตอร์โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแชทจีพีทีสามารถเขียนโค้ดควบคุมมอเตอร์ที่ใช้กับบอร์ดอาduino MEGA 2560 ได้โดยไม่ต้องปรับแต่งใด ๆ เพิ่มเติม นอกจากนี้การตรวจสอบด้วยคน การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Proteus และการทดสอบด้วยวงจรจริง พบว่ามอเตอร์กระแสตรงสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด จึงยืนยันได้ว่าแชทจีพีทีมีความสามารถเขียนโค้ดให้กับบอร์ดอาduinoได้ถูกต้องและใช้งานไม่ซับซ้อน

คำสำคัญ การเขียนโค้ดบอร์ดอาduinoโดยใช้แชทจีพีที, การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงด้วยโค้ดแชทจีพีที

Generating Code for an Arduino Board with ChatGPT to Control a DC Motor.

Tatsana Thomthong¹ Narongrit Pimkumwong¹ Somnuk Khrueson^{1*}

¹ Rajamangala University of Technology Tak.
41/1 Phaholyothin Rd, Mai-ngam Muang Tak 63000
*somnuk@rmutl.ac.th

Abstract

This article presents the usage of ChatGPT to generate code for the Arduino MEGA 2560 board to control a DC motor in 4 modes. The first mode sets the motor to stop working. The second mode sets the motor to alternate between run and stop every 5 seconds. The third mode uses two push-button switches to control the motor to run and stop. The last mode adjusts the motor speed by a potentiometer.

The testing results shown that ChatGPT could generate motor control code for the Arduino MEGA 2560 board without any additional modifications. In addition, from Desk-Checking, simulation by Proteus and testing with real circuits found that DC motors could operate according to the specified conditions. Therefore, it confirms that GPT Chat has the ability to generate code for Arduino boards correctly and is not complicated to use.

Keywords: Generate Arduino Board Code Using ChatGPT, controlling a DC Motor Using ChatGPT Code

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีและปัญญาประดิษฐ์ก้าวไกลอย่างรวดเร็ว การสร้างและพัฒนาเครื่องมือทางด้านภาษาได้กลายเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่น่าสนใจอย่างมาก และในภาคอุตสาหกรรมดิจิทัล การพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถสร้างข้อความที่มีความหมายและเหมาะสมในสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

แชทจีพีที(ChatGPT) เป็นหนึ่งในโมเดลที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในด้านนี้ มันเป็นโมเดลภาษาที่ถูกฝึกสอนด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Generative Pre-trained Transformer : GPT) ซึ่งถูกพัฒนาโดยบริษัท OpenAI เมื่อแชทจีพีทีถูกสร้างขึ้นด้วยการเรียนรู้จากข้อมูลขนาดใหญ่บนอินเทอร์เน็ต ซึ่งรวมถึงเว็บไซต์ เอกสาร บทความ และข้อมูลอื่น ๆ ในโลกจริง ทำให้มันสามารถสร้างข้อความที่มีความหมายและเหมาะสมในหลายสถานการณ์ เช่น การใช้งานแชทจีพีทีเพื่อเขียนบทความ (ฉันทน์ เศรษฐเสถียร และคณะ) การใช้งานแชทจีพีทีช่วยในการเรียนการสอน(วุฒิชัย ภูติ และคณะ) การทำงานทำงานที่สร้างสรรค์ด้วยแชทจีพีที(อวิรุทธิ์ ฉัตรมาลาทอง) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าแชทจีพีทีเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถและมีประโยชน์อย่างมากในหลายด้าน

จากความสามารถที่หลากหลายของแชทจีพีทีข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงมีความคิดที่จะนำแชทจีพีทีมาเป็นเครื่องมือช่วยในการเขียนโค้ดให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดอาดุยโน(Arduino) ในงานควบคุมมอเตอร์กระแสตรง โดยประเด็นที่สนใจคือความสะดวกและความถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับผู้เริ่มต้น หรือผู้ที่สนใจต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แชทจีพีที

แชทจีพีทีที่เป็นโมเดลภาษาที่ใช้สถาปัตยกรรม GPT ได้รับการฝึกด้วยข้อมูลจำนวนมากจากอินเทอร์เน็ต แชทจีพีทีถูกออกแบบมาเพื่อสร้างข้อความที่คล้ายกับการสนทนาของมนุษย์ ทำให้สามารถตอบคำถาม พูดคุยในหัวข้อต่าง ๆ และช่วยในงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing) ได้ คุณสมบัติหลักของแชทจีพีที ได้แก่

การสร้างข้อความ แชทจีพีทีสามารถสร้างข้อความต่อเนื่องจากข้อความที่ได้รับในแบบที่เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบท เช่น ให้แชทจีพีทีแนะนำการเขียนหัวข้อการเรียนรู้เรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโน เป็นต้น

การตอบคำถาม แชทจีพีทีสามารถตอบคำถามทั่วไป รวมถึงคำถามเชิงลึกในหลาย ๆ หัวข้อได้ เช่น โครงสร้างของบอร์ดอาดุยโน MEGA 2560 รูปแบบของคำสั่งภาษา C++ ที่ใช้กับบอร์ดอาดุยโน หรือแม้แต่ยกตัวอย่างโค้ดโปรแกรมก็ได้ เป็นต้น

การสนทนา สามารถมีปฏิสัมพันธ์แบบการสนทนายกับผู้ใช้ในรูปแบบของแชทบอท เช่น การขอคำแนะนำเกี่ยวกับการแก้ปัญหาโค้ดที่ผู้ใช้เขียนลงในบอร์ดอาดุยโนแล้วไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งจะมีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับแชทจีพีที เป็นต้น

2.2 การใช้แชทจีพีทีกับการเขียนโค้ดอาดุยโน

การใช้แชทจีพีทีกับการเขียนโค้ดให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดอาดุยโน เป็นวิธีที่น่าสนใจโดยจะนำความสามารถในการสร้างข้อความของแชทจีพีทีมาช่วยในการพัฒนาและเรียนรู้การเขียนโค้ดอาดุยโน ได้ดังนี้:

การให้คำแนะนำและแก้ปัญหา: คุณสามารถใช้แชทจีพีที เพื่อขอคำแนะนำหรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเขียนโค้ดอาดุยโน ได้ เช่น ถามเกี่ยวกับการใช้งานบางคำสั่ง หรือการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ตัวอย่างการการแนะนำและแก้ปัญหาของแชทจีพีทีแสดงในรูปที่ 1

ผู้ใช้: สวัสดี ChatGPT ฉันมีปัญหาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม Arduino ที่ไม่สามารถอ่านค่าจากเซนเซอร์ได้ ฉันใช้มันกี่ครั้งการอ่านค่าจากเซนเซอร์แต่ฉันไม่ทำงานอย่างถูกต้อง คุณสามารถช่วยฉันได้ไหม?

ChatGPT: สวัสดีครับ แน่นอนว่าฉันสามารถช่วยคุณได้ครับ ในกรณีที่คุณไม่สามารถอ่านค่าจากเซนเซอร์ได้ มันจะมีเหตุผลหลักๆ คือปัญหาในการเชื่อมต่อ การเขียนโค้ด หรือการตั้งค่าเซนเซอร์เอง

ผู้ใช้: โอเคครับ ฉันตรวจสอบแล้วและตั้งค่าเซนเซอร์ให้ถูกต้องแล้ว แต่โปรแกรมยังคงไม่ทำงาน

ChatGPT: อาจมีปัญหาคือคุณอาจไม่ได้เชื่อมต่อสายไฟหรือสายดินที่ถูกต้อง หรืออาจมีปัญหาคือคุณไม่ได้เชื่อมต่อสายไฟหรือสายดินที่ถูกต้อง

ผู้ใช้: ฉันคิดว่าโค้ดของฉันอาจมีข้อผิดพลาดบางอย่าง แต่ฉันไม่แน่ใจว่าไปไหน คุณสามารถช่วยฉันตรวจสอบโค้ดของฉันได้ไหม?

ChatGPT: แน่นอนครับ กรุณาโพสต์โค้ดของคุณที่นี่ และฉันจะช่วยให้คุณตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของคุณ

ผู้ใช้: ขอบคุณมากครับ นี่คือโค้ดของฉัน:

```
cpp
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(A0);
  Serial.println(sensorValue);
  delay(1000);
}
```

ChatGPT: ดูเหมือนว่าโค้ดของคุณดูดีครับ อย่างไรก็ตาม มันอาจมีปัญหาคือการอ่านค่าจากเซนเซอร์ของคุณลองตรวจสอบการเชื่อมต่อของเซนเซอร์ว่าเชื่อมต่ออย่างถูกต้องหรือไม่

ผู้ใช้: ฉันเช็คแล้วและเชื่อมต่ออย่างถูกต้องครับ แต่ยังคงไม่ทำงาน

ChatGPT: ในกรณีนี้ อาจจะมีปัญหาในการอ่านค่าเซนเซอร์ หรือเซนเซอร์อาจไม่ทำงานอย่างถูกต้อง คุณลองเปลี่ยนเซนเซอร์หรือใช้โค้ดทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าเซนเซอร์ทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ได้ครับ

ผู้ใช้: ขอบคุณมากครับ ฉันจะลองเปลี่ยนเซนเซอร์และทดสอบอีกครั้ง

ChatGPT: ไม่เป็นไรครับ หากคุณต้องการความช่วยเหลือเพิ่มเติม กรุณาแจ้งให้ฉันทราบ เราพร้อมช่วยเหลือครับ

รูปที่ 1 ตัวอย่างการให้คำแนะนำและแก้ปัญหาของแชทจีพีที

การสร้างโปรแกรม: ผู้ใช้สามารถใช้แชทจีพีทีที่สร้างโค้ดบอร์ดอาดูอินได้ เช่น สร้างตัวอย่างโปรแกรมสำหรับโมดูลต่าง ๆ หรือสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการใช้งานไลบรารีต่างๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2 ในส่วนนี้การสร้างโค้ดจะแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ แบบแรกแบบทั่วไป เช่น แชทช่วยเขียนโค้ดไฟวิ่งหลอด LED 8 หลอด โค้ดที่ได้แชทจีพีทีจะเป็นผู้กำหนดส่วนประกอบต่างๆของโค้ดเอง แบบที่สองแบบเจาะจง เช่น แชทช่วยเขียนโค้ด ไฟวิ่งหลอด LED 8 หลอด ที่ต่ออยู่กับขา 22-29 โดยเขียนเป็นโปรแกรมย่อยหรือฟังก์ชันจำนวน 3 โปรแกรมย่อย เป็นต้น โดยโค้ดที่ได้จะกำหนดที่ใช้เป็นขา 22-29 และมีไฟวิ่ง 3 โปรแกรม

ผู้ใช้: ช่วยยกตัวอย่าง การสร้างโปรแกรมด้วย Arduino

ChatGPT: แน่นอนครับ นี่คือตัวอย่างโปรแกรมง่ายๆ ที่สร้างด้วย Arduino ซึ่งจะทำให้ LED สว่างขึ้นและดับเป็นระยะ ๆ:

```
cpp
// กำหนดพิน LED
int ledPin = 13;

void setup() {
  // กำหนดพิน LED เป็น Output
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  // เปิด LED
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(1000); // รอ 1 วินาที

  // ปิด LED
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(1000); // รอ 1 วินาที
}
```

ในโปรแกรมนี้เราใช้ฟังก์ชัน digitalWrite() เพื่อควบคุมสถานะของ LED โดยกำหนดเป็น HIGH เพื่อให้ LED สว่างขึ้น และ LOW เพื่อให้ LED ดับลง โดยระยะเวลาที่ LED สว่างและดับเป็น 1 วินาทีในแต่ละครั้งด้วยคำสั่ง delay(1000) ในแต่ละส่วนของโปรแกรมและตั้งค่าพิน LED ให้เป็น OUTPUT ใน setup() ซึ่งทำให้ Arduino รู้ว่าเราจะใช้พินนี้เพื่อส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยัง LED และทำให้ LED สามารถเปิดหรือปิดได้ตามที่เรากำหนดในโปรแกรมครับ!

รูปที่ 2 ตัวอย่างการให้แชทจีพีที เขียนโปรแกรมให้กับบอร์ดอาดูอิน

การเรียนรู้และสอน: ผู้ใช้สามารถใช้แชทจีพีที เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมอาดุยโน หรือสอนส่วนอื่นที่เกี่ยวกับมันได้ เช่น การกำหนดหัวข้อการเรียนรู้ เนื้อหาการสอนเกี่ยวกับการใช้งานขา(pin) ต่าง ๆ ของบอร์ดอาดุยโน การสร้างโมดูลเสริม หรือเทคนิคการเขียนโปรแกรมอื่น ๆ ตัวอย่างการสร้างหัวข้อการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน โดยใช้แชทจีพีที แสดงในรูปที่ 3

ผู้ใช้: ช่วยยกตัวอย่างการเรียนรู้และสอนเรื่อง Arduino

ChatGPT: แน่นอนครับ! นี่คือตัวอย่างการเรียนรู้และสอนเรื่อง Arduino ให้กับผู้ที่สนใจเริ่มต้น:

บทเรียนที่ 1: การเริ่มต้นกับ Arduino

เป้าหมาย: เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับ Arduino และการใช้งานฮาร์ดแวร์พื้นฐาน

เนื้อหา: อธิบายเกี่ยวกับ Arduino คืออะไร อธิบายเกี่ยวกับบอร์ด Arduino และส่วนประกอบหลัก การต่อวงจรพื้นฐาน โดยใช้ LED และตัวต้านทาน การเขียนโค้ดง่าย ๆ สำหรับควบคุม LED ด้วย Arduino IDE การอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino

บทเรียนที่ 2: การทำงานกับอินพุตและเอาต์พุต

เป้าหมาย: เรียนรู้การใช้งานอินพุตและเอาต์พุตบน Arduino

เนื้อหา: การใช้งานอินพุตดิจิทัล (Digital Input) และการอ่านสถานะจากสวิตช์ การใช้งานอินพุตแอนะล็อก (Analog Input) และการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ การใช้งานเอาต์พุตดิจิทัล (Digital Output) และการควบคุม LED หลาย ๆ ตัว การใช้งานเอาต์พุตแอนะล็อก (Analog Output) และการควบคุมค่าความสว่างของ LED ด้วย PWM

บทเรียนที่ 3: การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ

เป้าหมาย: เรียนรู้การใช้งาน Arduino ร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์ มอเตอร์ และอุปกรณ์อื่น ๆ

เนื้อหา: การใช้งานเซ็นเซอร์แอนะล็อก (Analog Sensor) เช่น ตัวตรวจความชื้นหรือเซ็นเซอร์อุณหภูมิ การใช้งานเซ็นเซอร์ดิจิทัล (Digital Sensor) เช่น เซ็นเซอร์อินฟราเรดหรือเซ็นเซอร์อินฟราเรดวิถี การควบคุมมอเตอร์ด้วยการใช้งานมอเตอร์ซีขา (DC Motor) การส่งข้อมูลด้วยการใช้งานโมดูลสื่อสารไร้สาย เช่น Bluetooth หรือ Wi-Fi

บทเรียนที่ 4: การสร้างโปรเจกต์ที่น่าสนใจ

เป้าหมาย: สร้างโปรเจกต์ Arduino ที่น่าสนใจและมีประโยชน์

เนื้อหา: เลือกและวางแผนโปรเจกต์ Arduino ที่ต้องการสร้าง ออกแบบและสร้างวงจรโปรเจกต์ เขียนโค้ดและทดสอบการทำงานของโปรเจกต์ ปรับปรุงและพัฒนาโปรเจกต์เพื่อให้มีประสิทธิภาพและความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

รูปที่ 3 ตัวอย่างการสร้างหัวข้อการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนโดยใช้แชทจีพีที

การสร้างโปรเจกต์: ผู้ใช้สามารถใช้แชทจีพีที เพื่อให้คำแนะนำหรือแนวทางในการสร้างโปรเจกต์ที่เกี่ยวข้องกับอาดุยโน หรือสร้างไอเดียใหม่ ๆ เกี่ยวกับโปรเจกต์ที่น่าสนใจ เช่น โปรเจกต์การควบคุมอุณหภูมิ โปรเจกต์ IoT เป็นต้น ตัวอย่างการขอคำแนะนำการสร้างโปรเจกต์จากแชทจีพีที ดังแสดงในรูปที่ 4

ผู้ใช้: ขอคำแนะนำหรือแนวทางในการสร้างโปรเจกต์ Arduino หรือสร้างไอเดียใหม่ ๆ เกี่ยวกับโปรเจกต์ที่น่าสนใจ

ChatGPT: แน่นอนครับ! นี่คือแนวทางและไอเดียสำหรับโปรเจกต์ Arduino ที่น่าสนใจ:

ไอเดียโปรเจกต์ Arduino ที่น่าสนใจ

- ระบบรดน้ำอัตโนมัติ: ใช้เซ็นเซอร์ความชื้นในดินและปั้มน้ำในการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติเมื่อดินแห้ง
- ระบบควบคุมไฟฟ้าภายในบ้านผ่านอินเทอร์เน็ต (IoT): ใช้โมดูล WiFi (เช่น ESP8266) ในการควบคุมไฟฟ้าและ

อุปกรณ์ภายในบ้านผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

- โคมไฟอัจฉริยะ: ใช้เซ็นเซอร์วัดแสง (LDR) ในการตรวจจับระดับแสงและควบคุมการเปิด-ปิดโคมไฟอัตโนมัติตามความสว่าง

- ระบบติดตามแสงอาทิตย์: ใช้เซ็นเซอร์แสงหลายตัวและเซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ให้หมุนตามทิศทางของแสงอาทิตย์

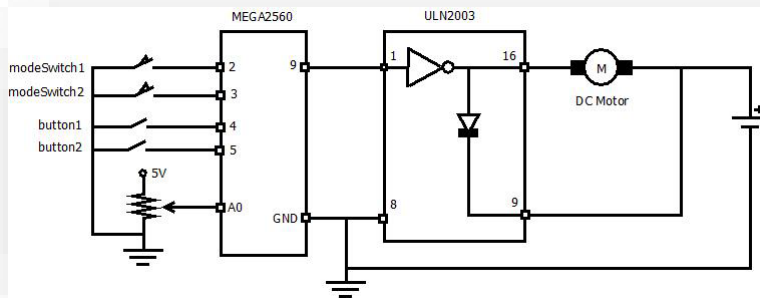
รูปที่ 4 ตัวอย่างการขอคำแนะนำการสร้างโปรเจกต์จากแชทจีพีที

3. วิธีดำเนินการวิจัย

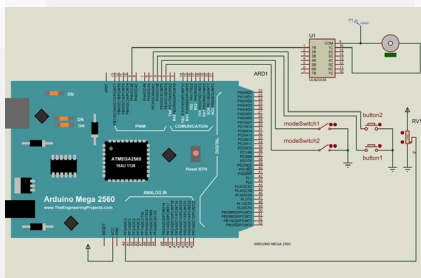
ในการทดลองใช้แซทจีพีที เพื่อช่วยในการเขียนโค้ดสำหรับบอร์ดอาดุยโน รุ่น MEGA 2560 เพื่อควบคุมการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง 12V 0.4A ที่ถูกขับด้วยวงจรถัด ULN2003 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกการเขียนโค้ดโดยใช้แซทจีพีที ส่วนที่สองการจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม Proteus และส่วนสุดท้ายการทดสอบด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น

3.1 ข้อกำหนดการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

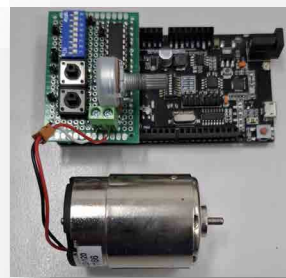
สำหรับการทดลองนี้จะต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 5 โดยกำหนดให้ใช้สวิตซ์ทางเดียว(Single Pole Single Throw :SPST) 2 ตัว สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของมอเตอร์ ให้ทำงาน 4 โหมด ตามผังงานในรูปที่ 6. โดยโหมดที่1 กำหนดให้มอเตอร์หยุดทำงาน โหมดที่2 กำหนดให้มอเตอร์หมุน และหยุดหมุนสลับกันทุกๆ 5 วินาที โหมดที่3 กำหนดให้ใช้ สวิตซ์ปุ่มกด (button Switch) 2 ตัว เพื่อสั่งให้ มอเตอร์ หมุน(กด Button1) และหยุดหมุน(กดButton2) และโหมดที่4 ปรับความเร็วมอเตอร์โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้



(a) วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

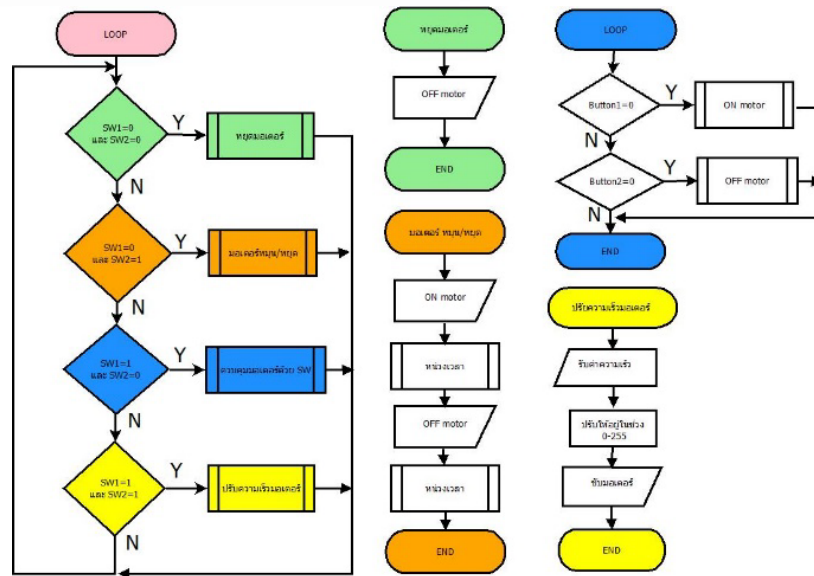


(b) วงจรจำลองการทำงานการควบคุมมอเตอร์



(c) วงจรควบคุมมอเตอร์ที่สร้างขึ้น

รูปที่ 5. วงจรการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

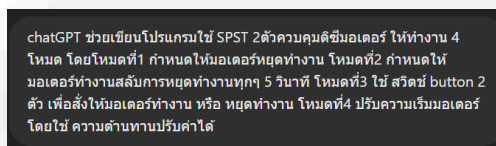


รูปที่ 6. ผังงานการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

จากวงจรในรูปที่5(a) จะกำหนดให้ทำงานตามผังงานในรูปที่6 โดยสวิตช์1และสวิตช์2 เป็นสวิตช์กด ล็อกใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงาน เมื่อ ปิดสวิตช์1(ลอจิก0)และปิดสวิตช์2(ลอจิก0) จะทำงานในโหมด1 เมื่อปิดสวิตช์1(ลอจิก0)และเปิดสวิตช์2(ลอจิก1) จะทำงานในโหมด2 เมื่อเปิดสวิตช์1(ลอจิก1)และปิดสวิตช์2 (ลอจิก0) จะทำงานในโหมด3 โดยในโหมดนี้จะใช้การกด Botton1 สำหรับสั่งให้มอเตอร์หมุน และการกด Botton2 สำหรับสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน เมื่อเปิดสวิตช์1(ลอจิก1)และเปิดสวิตช์2(ลอจิก1) จะทำงานในโหมด4

3.2 การเขียนโค้ดควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้เซตจีพีที

สำหรับการดำเนินการในส่วนนี้ ลำดับแรกผู้ใช้จะพิมพ์คำถามหรือเงื่อนไขของโค้ดที่ต้องการส่งให้เซตจีพีที ดังแสดงในรูปที่7(a) ซึ่งจะเป็นเงื่อนไขการควบคุมมอเตอร์ที่จะใช้ทดลองตามหัวข้อ 3.1 ลำดับต่อมาเซตจีพีทีจะตอบคำถาม โดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วย ตัวอย่างการเขียนโค้ดและอธิบายการทำงานของโค้ดด้วย ดังแสดงในรูปที่7(b) จากนั้นจะนำโค้ดที่ได้ไปทดลองในขั้นต่อไป คำแนะนำหากโค้ดที่ได้ไม่ตรงกับผังงานที่กำหนดไว้ ให้ตั้งคำถามเจาะจงให้มากขึ้น ส่วนคำถามในรูปที่7(a) เป็นคำถามที่ตรงกับผังงานในรูปที่6 แล้ว



(a) เงื่อนไขการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่ส่งให้เซตจีพีที


```

// ส่วนเริ่มต้น
const int modeSwitch1 = 0;
const int modeSwitch2 = 1;
const int button1 = 2;
const int button2 = 3;
const int potPin = A0;
const int motorPin = 9;

int motorSpeed = 0; // ส่วนประมวลผล
unsigned long lastToggleTime = 0; // เก็บเวลาส่วนโหมด 2
bool motorState = false; // สถานะมอเตอร์ส่วนโหมด 2

void setup() {
  pinMode(modeSwitch1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(modeSwitch2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(button1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(button2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(motorPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  int mode1 = digitalRead(modeSwitch1);
  int mode2 = digitalRead(modeSwitch2);

  if (mode1 == LOW && mode2 == LOW) {
    stopMotor(); // โหมด 1: หยุดมอเตอร์
  } else if (mode1 == LOW && mode2 == HIGH) {
    toggleMotorEvery5Seconds(); // โหมด 2: สลับทำงานสลับ
  } else if (mode1 == HIGH && mode2 == LOW) {
    controlMotorWithButtons(); // โหมด 3: ควบคุมมอเตอร์ด้วยปุ่ม
  } else if (mode1 == HIGH && mode2 == HIGH) {
    adjustMotorSpeedWithPotentiometer(); // โหมด 4: ปรับ
  }

  void stopMotor() {
    analogWrite(motorPin, 0); // หยุดมอเตอร์
  }

  void toggleMotorEvery5Seconds() {
    unsigned long currentTime = millis();
    if (currentTime - lastToggleTime >= 5000) {
      motorState = !motorState;
      lastToggleTime = currentTime;
    }
    if (motorState) {
      analogWrite(motorPin, 255); // เริ่มมอเตอร์
    } else {
      analogWrite(motorPin, 0); // หยุดมอเตอร์
    }
  }

  void controlMotorWithButtons() {
    if (digitalRead(button1) == LOW) {
      analogWrite(motorPin, 255); // เริ่มมอเตอร์
    }
    if (digitalRead(button2) == LOW) {
      analogWrite(motorPin, 0); // หยุดมอเตอร์
    }
  }

  void adjustMotorSpeedWithPotentiometer() {
    int potValue = analogRead(potPin);
    motorSpeed = map(potValue, 0, 1023, 0, 255);
    analogWrite(motorPin, motorSpeed); // ควบคุมมอเตอร์
  }
}

```

(b) โค้ดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง สำหรับบอร์ดอาควายโน รุ่น Mega 2560 ที่เขียนโดยแชทจีพีที รูปที่ 7 การเขียนโค้ดควบคุมมอเตอร์กระแสตรงด้วยแชทจีพีที

3.3 การจำลองการทำงานด้วยโค้ดควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่ได้จากแชทจีพีที

สำหรับการจำลองการทำงานจะจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Proteus โดยต้องวางจรวดรูปที่ 5(b) และใช้โค้ดการควบคุมมอเตอร์ที่ได้จากแชทจีพีที ในรูปที่ 7(b) การจำลองการทำงานจะทำการทดลองทั้งหมด 4 โหมด ตามเงื่อนไขในหัวข้อ 3.1 โดยผลการทดลองการควบคุมมอเตอร์ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. การจำลองและผลการทดลองการจำลองการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

โหมด	Mode SW1	Mode SW2	Button1	Button2	R ปรับค่าได้	motor
1	ปิดสวิตช์	ปิดสวิตช์	*	*	*	หยุดหมุน
2	ปิดสวิตช์	เปิดสวิตช์	*	*	*	หมุน/หยุด สลับ ทุกๆ 5 วินาที
3	เปิดสวิตช์	ปิดสวิตช์	กด/ปล่อย	*	*	หมุน
			*	กด/ปล่อย	*	หยุดหมุน
4	เปิดสวิตช์	เปิดสวิตช์	*	*	0-100%	0-100%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ไม่มีผลต่อการทำงานในโหมดนั้น

3.4 การทดสอบการทำงานด้วยโค้ดที่ได้จากแชทจีพีทีด้วยวงจรที่สร้างขึ้น

สำหรับการทดสอบด้วยวงจรที่สร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5(c) ในการทดลองนี้จะใช้มอเตอร์ขนาด 12V 0.4A ขับด้วยวงจรขับโหลด LUN2003 ทดสอบการทำงาน 4 โหมดตามเงื่อนไขในหัวข้อ 3.1 ซึ่งจะเป็นการทดสอบเหมือนกับการจำลองการทำงานในหัวข้อ 3.3 โดยผลการทดลองการควบคุมมอเตอร์ เช่นเดียวกับตารางที่ 1

4. ผลการวิจัย

ในส่วนนี้จะแยกผลการทดสอบออกได้ 3 ประเด็น ประเด็นแรกการให้แชทจีพีทีที่เขียนโค้ดสำหรับควบคุมมอเตอร์กระแสตรง โดยกำหนดเงื่อนไขดังแสดงในหัวข้อ 3.1 ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่เจาะจงถึงการใช้อุปกรณ์ตามที่ผู้กำหนด พบว่าแชทจีพีทีที่สามารถเขียนโค้ดได้ เมื่อตรวจสอบด้วยคน(Desk-Checking) โค้ดสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข ประเด็นที่สองการทดสอบโค้ดการควบคุมมอเตอร์ที่ได้จากแชทจีพีทีด้วยโปรแกรม Proteus ตามวงจรในรูปที่ 5(b) มีผลการทดสอบในตารางที่ 1 พบว่าการจำลองการทำงานได้ตามเงื่อนไข ประเด็นสุดท้ายการทดสอบโค้ดที่ได้จากแชทจีพีที โดยการทดสอบด้วยวงจรที่สร้างขึ้นในรูปที่ 5(c) มีผลการทดสอบเช่นเดียวกับตารางที่ 1 พบว่าการทดสอบด้วยวงจรที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองใช้เซตจีพีทีเขียนโค้ดให้กับบอร์ดอาดุยโน้ MEGA 2560 เพื่อควบคุมมอเตอร์กระแสตรง โดยกำหนดเงื่อนไข "ใช้สวิตช์ทางเดียว 2 ตัว สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของมอเตอร์ 4 โหมด โดยโหมดที่ 1 กำหนดให้มอเตอร์หยุดทำงาน โหมดที่ 2 กำหนดให้มอเตอร์หมุน และหยุดหมุนสลับกันทุกๆ 5 วินาที โหมดที่ 3 กำหนดให้ใช้ สวิตช์ปุ่มกด 2 ตัว เพื่อสั่งให้มอเตอร์ หมุนและหยุดหมุน โหมดที่ 4 ปรับความเร็วมอเตอร์โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้" พบว่าเซตจีพีทีที่สามารถเขียนโค้ดควบคุมมอเตอร์ที่ใช้กับบอร์ดอาดุยโน้ได้และสามารถนำไปใช้โดยที่ไม่ต้องปรับแต่งเพิ่มเติมใด ๆ เมื่อนำโค้ดที่ได้จากเซตจีพีทีไปตรวจสอบด้วยคน การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Proteus และการทดสอบด้วยวงจรจริง พบว่ามอเตอร์สามารถได้ตามเงื่อนไขได้จริง จึงยืนยันได้ว่าเซตจีพีทีมีความสามารถเขียนโค้ดให้กับบอร์ดอาดุยโน้สำหรับควบคุมมอเตอร์ที่ยกมาเป็นตัวอย่างได้ถูกต้องและการใช้งานไม่ซับซ้อน

6. เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพัชร ศรีษะสุเสถียร, และนนทวิทย์ ชิวเรืองโรจน์. (2566). การใช้งาน ChatGPT เพื่อเขียนบทความ. สืบค้น 25 พฤษภาคม 2567, จาก <https://bdi.or.th/data-for-business/chatgpt-for-writing-in-5-step/>
- วุฒิชัย ภูดี, รัฐพร บันลือ, และอรรถพร วรรณทอง. (2566). ChatGPT ความท้าทายใหม่สำหรับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 52(245), 36-40.
- อวิรุทร์ ฉัตรมาลาทอง. (2566). ChatGPT: การปฏิบัติงานอย่างสร้างสรรค์. สืบค้น 25 พฤษภาคม 2567, จาก <https://www.car.chula.ac.th/pdf/21112023.pdf>

อินเวอร์เตอร์ 5 ระดับแบบเรียงซ้อนสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

สันติภาพ โคตทะเล

หน่วยวิจัยพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
41/1 ถ.พหลโยธิน ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000

santipab@rmutl.ac.th เบอร์โทร 089 267 7868

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและทดสอบพีดีบีลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์แบบเรียงซ้อน 5 ระดับสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน และลดค่าการสูญเสียของอุปกรณ์สวิตช์โดยใช้ความถี่การสวิตช์ที่ต่ำ ทำการออกแบบมุมการเปลี่ยนระดับแรงดันโดยใช้หลักการของการกำจัดฮาร์มอนิกในลำดับที่ 3 จำลองการทำงานด้วยโมเดลคณิตศาสตร์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ด้วยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลจากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบพบว่า สัญญาณแรงดันทางออกมีค่าฮาร์มอนิกในลำดับที่ 3 คิดเป็น 7.65 เปอร์เซ็นต์ของค่าความถี่หลักมูล มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน 17.39 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพรวม 86.45 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาใช้งานจริงในอนาคต

คำสำคัญ อินเวอร์เตอร์หลายระดับแบบเรียงซ้อน การกำจัดฮาร์มอนิกในลำดับที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Cascade 5-Levels Inverter for Photovoltaics System

Santipab Kotthale

Energy Research, Faculty of Engineering, RMUTL Tak
41/1 Paholyothin rd., Mai-ngam, Muang, Tak, Thailand, 63000

santipab@rmutl.ac.th, Tel.089 267 7868

Abstract

This paper presents the design and implement of a 5-level cascade PWM inverter for a solar power generation system. To reduce the total harmonic distortion of the voltage. and reduce switching device losses by using low switching frequencies. Design the voltage level change angle using the principle of eliminating harmonic 3-order. Perform work simulations using computer program with mathematical models. Generate inverter operation control signals with a digital signal processor. From testing the functionality of the prototype, it was found that, the output voltage has a 3rd harmonic value accounting for 7.65 percent of the fundamental frequency value. It has a total voltage harmonic distortion value of 17.39 percent and a total efficiency of 86.45 percent. There is a possibility of development and practical use in the future.

Keywords: cascade multi-level inverter, 3rd harmonic eliminating, photovoltaics system

1. บทนำ

พลังงานทดแทน (Renewable energy) ได้ถูกวิจัย พัฒนา และนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยถูกบรรจุให้อยู่ในนโยบายของแผนการพัฒนาด้านพลังงานในทุกประเทศทั่วโลก การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบหนึ่งของพลังงานทดแทนที่ได้รับความนิยมสูงทั้งเพื่อการพาณิชย์ และเพื่อใช้งานในภาคครัวเรือน เนื่องด้วยเป็นพลังงานสะอาด และมีต้นทุนการของการลงทุนลดลงอย่างต่อเนื่องทุกปี พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตขึ้นมาจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ในการนำไปใช้งานหรือต่อร่วมกับกริดสาธารณะจำเป็นต้องใช้อินเวอร์เตอร์ทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีรูปแบบของแรงดันทางออกอยู่หลายแบบ แต่ที่ได้รับความนิยมสูงที่สุดคือแบบไซน์พีดีดับลิวิตเอ็ม (Sinusoidal PWM) ที่มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมที่ค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการสวิตช์อยู่ภายใน 3 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ต่อมามีการพัฒนาใช้อินเวอร์เตอร์ที่มีแรงดันทางออกแบบหลายระดับ (Multi-Levels Inverter) ที่มีข้อได้เปรียบคือ มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันทางออกที่ต่ำในขณะที่ใช้ความถี่สวิตช์เดียวกันกับอินเวอร์เตอร์ทั่วไป จึงสามารถทำการลดค่าความถี่การสวิตช์ลงได้ส่งผลให้มีค่าการสูญเสียจากการสวิตช์ที่น้อยลง อินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับมีการต่อวงจรหลายแบบ อาทิเช่น แบบไดโอดคลัมป์ (Diode clamped) ฟลายอิงคาปาซิเตอร์ (Flying capacitor) เป็นต้น แต่มักพบปัญหาในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเชื่อมโยงในแต่ละระดับของแรงดันจากผลของตัวคาปาซิเตอร์เก็บกักแรงดัน (Storage capacitor) ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาใช้อินเวอร์เตอร์หลายระดับแบบเรียงซ้อน (Cascade multi-levels inverter) โดยทำการต่ออินเวอร์เตอร์เรียงซ้อนกันทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ อย่างไรก็ตามอินเวอร์เตอร์แบบเรียงซ้อนนี้มีข้อเสียเปรียบคือ ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจำนวนหลายชุดที่ต่อวงจรแบบแยกกันในแต่ละชุดของอินเวอร์เตอร์ แต่การใช้แหล่งจ่ายแรงดันแบบแยกต่อกันนี้ไม่เป็นปัญหาสำหรับระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สามารถทำการแยกต่อโมดูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยง่าย

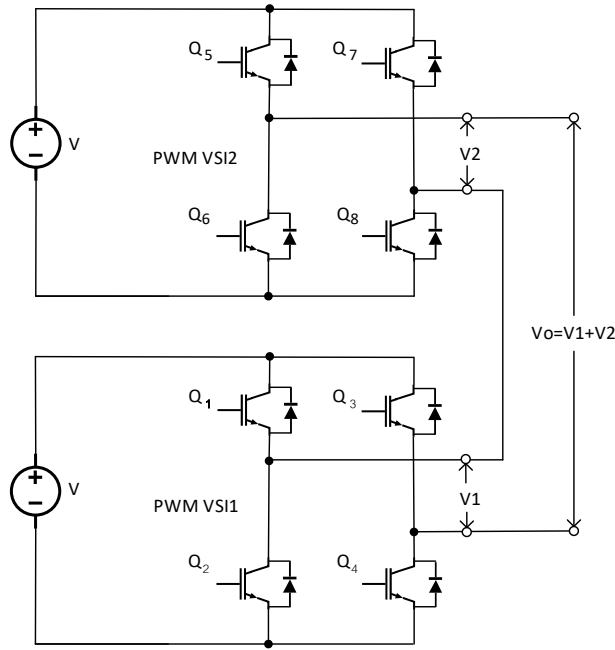
ในงานวิจัยนี้มีความสนใจการประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์บริดจ์เต็ม 5 ระดับแรงดัน ที่ต่อวงจรแบบเรียงซ้อนสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สามารถต่อวงจรของแผงโซลาร์เซลล์เพื่อแยกแหล่งจ่ายแรงดันด้านไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งให้ผลเชิงบวกโดยสามารถลดค่าแรงดันใช้งานให้กับคาปาซิเตอร์ลงได้อีกด้วย ซึ่งในระยะยาวอาจทำให้คาปาซิเตอร์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันทางออกของอินเวอร์เตอร์ และศึกษาการสูญเสียที่เกิดจากอุปกรณ์สวิตช์ โดยทำการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ และทำการทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นกับโหลดขนาด 400 วัตต์ ต่อใช้งานด้วยแหล่งจ่ายที่เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 720 วัตต์ เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย และพัฒนาต่อในอนาคต

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

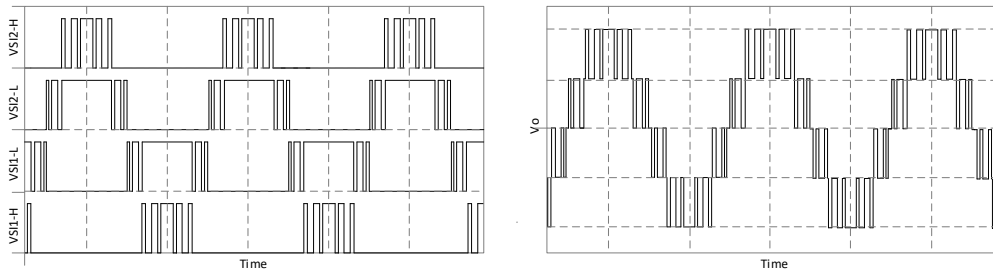
2.1 อินเวอร์เตอร์แบบเรียงซ้อน 5 ระดับ

พีดีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับมีข้อได้เปรียบพีดีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์ระดับเดียวคือ มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมที่ต่ำกว่าพีดีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์จึงสามารถใช้ความถี่ในการสวิตช์ที่ต่ำกว่า พีดีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์แบบเรียงซ้อน 5 ระดับ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 โดยมีโครงสร้างที่เป็นพีดีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เต็มจำนวน 2 ชุด ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเชื่อมโยงแยกอิสระจากกัน แรงดันทางออกจะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันของพีดีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัว โดยในแต่ละระดับแรงดันจะใช้หลักการมอดูเลตที่ใช้สัญญาณพาหะ (Carrier) แยกอิสระจากกันโดยมีสัญญาณขับนำอินเวอร์เตอร์ ดังรูปที่ 2 โดยสัญญาณ INV2-H, INV2-L, INV1L และ INV1-H เป็นสัญญาณขับนำ ในแรงดันระดับที่ 2 และระดับที่

1 ของอินเวอร์เตอร์ตัวด้านบน สัญญาณขับนำแรงดันระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ของอินเวอร์เตอร์ตัวด้านล่าง ตามลำดับ โดยมีแรงดันทางออกเป็นแบบพีดับลิวเอ็ม 5 ระดับ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 อินเวอร์เตอร์แบบเรียงซ้อน



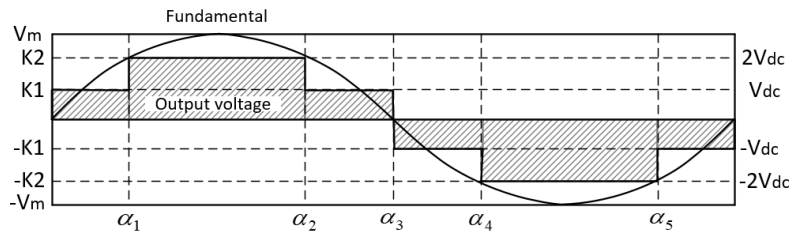
ก) สัญญาณขับนำแบบ PWM

ข) แรงดันทางออกของอินเวอร์เตอร์

รูปที่ 2 สัญญาณขับนำและแรงดันทางออกของพีดับลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับแบบเรียงซ้อน

2.2 การออกแบบมมเปลี่ยนระดับแรงดัน

ในการออกแบบมมเปลี่ยนระดับแรงดันจะใช้หลักการกำจัดฮาร์มอนิกอันดับที่ไม่ต้องการออกไป ในงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบเพื่อกำจัดฮาร์มอนิกในลำดับที่ 3 โดยเมื่อพิจารณา มุมต่างๆ ตามรูปที่ 4 เมื่อใช้หลักการประมาณค่าแรงดันทางออกแทนสัญญาณพีดับลิวเอ็ม แรงดันทางออกจะมีค่าสูงสุดที่ค่าความถี่หลักมูลตั้งสมการที่ 1 และมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของฮาร์มอนิกอันดับที่ n ดังสมการที่ 2 และในการกำจัดฮาร์มอนิกอันดับที่ n ค่าคงที่ K1 และ K2 จะมีค่าดังสมการ (3)



รูปที่ 3 ขนาดและมุมของแรงดันทางออก

$$\begin{aligned}
 V_{1\max} &= \frac{V_{dc}}{\pi} \left(\int_0^{\alpha_1} \sin \theta d\theta + 2 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \theta d\theta + \int_{\alpha_2}^{\alpha_3} \sin \theta d\theta - \int_{\alpha_3}^{\alpha_4} \sin \theta d\theta - 2 \int_{\alpha_4}^{\alpha_5} \sin \theta d\theta - \int_{\alpha_5}^{\alpha_6} \sin \theta d\theta \right) \\
 &= \frac{4V_{dc}}{\pi} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) \\
 &= \frac{4V_{dc}}{\pi} \left(\sqrt{1-K_1^2} + \sqrt{1-K_2^2} \right) = \frac{4V_{dc}}{\pi} M \\
 &= \frac{4V_{dc}}{\pi} M
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\text{เมื่อ } M = \sqrt{1-K_1^2} + \sqrt{1-K_2^2}$$

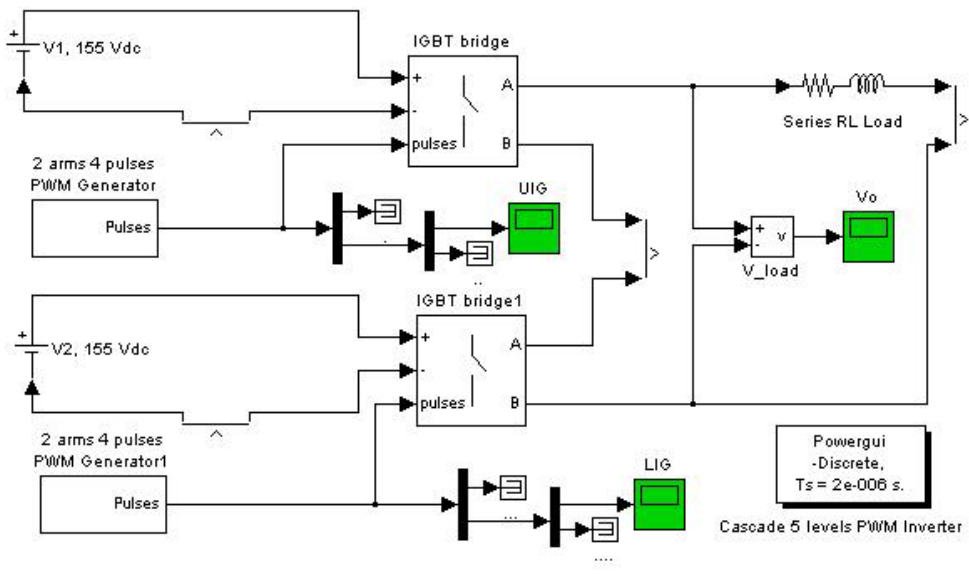
$$V_{n\max} = \frac{2V_{dc}}{n\pi} (\cos n\alpha_1 + \cos n\alpha_2) \tag{2}$$

$$K_2 = \sqrt{1-K_1^2} \sin \frac{\pi}{n} + K_1 \cos \frac{\pi}{n} \tag{3}$$

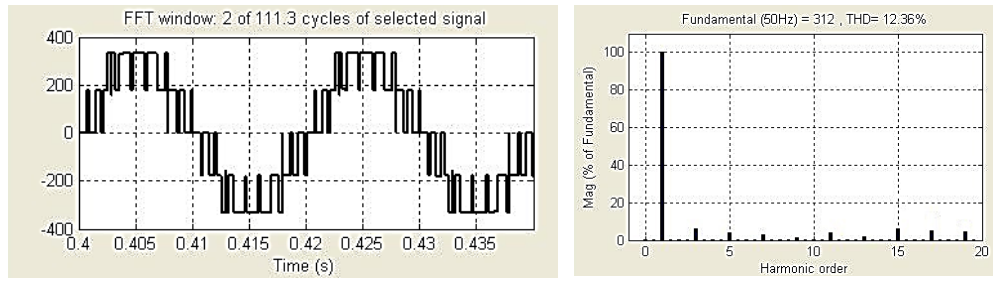
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การจำลองการทำงานของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ

การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับที่ต่อวงจรแบบเรียงซ้อนที่นำเสนอ เพื่อหาค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันทางออก (THD_V) โดยมีโมเดลดังรูปที่ 4 ใช้ค่าสุ่ม $T_s=2 \times 10^{-6}$ s เลือกใช้ $K_1=0.5$ และ $K_2=1$ มีมุม $\alpha_1 = 30^\circ$ และ $\alpha_2 = 150^\circ$ โหลดมีค่า 400 วัตต์ ที่ค่าตัวประกอบกำลัง 0.9 ล้าหลัง เมื่อใช้เทคนิค Fast furrier หาค่าฮาร์มอนิก จะแสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยมีค่าฮาร์มอนิกในลำดับที่ 3 มีค่า 4.55 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันทางออกมีค่า 12.36 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4 โมเดลการจำลองการทำงานของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนองาน

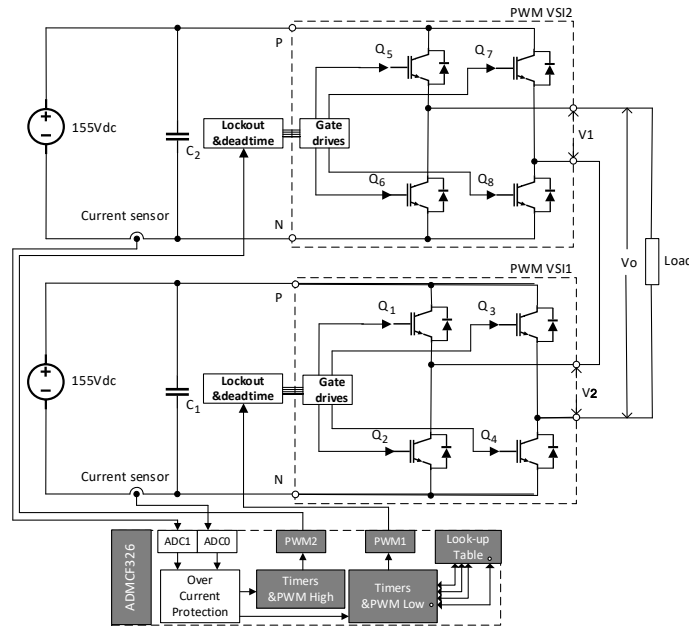


ก) แรงดันทางออก

ข) ฮาร์มอนิกในลำดับต่าง ๆ

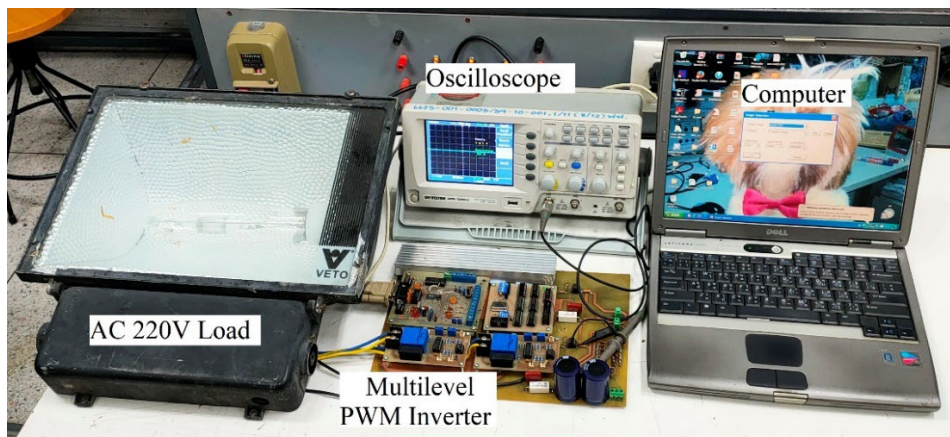
รูปที่ 5 ค่าฮาร์มอนิกของแรงดันทางออกจากการจำลองการทำงาน

3.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 6 โครงสร้างของพีดีบีบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับแบบเรียงซ้อนที่นำเสนอ

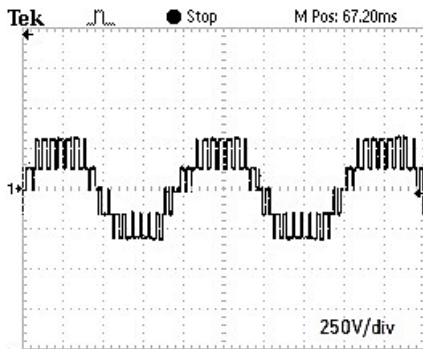
โครงสร้างของพีดีบีบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับแบบเรียงซ้อนที่นำเสนอ แสดงได้ดังรูปที่ 6 ใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบบริดจ์เต็ม (H-bridge VSI) จำนวน 2 ชุด ต่อวงจรแบบเรียงซ้อน ทำการตรวจจับกระแสเพื่อป้องกันกระแสเกินด้วย Hall Effect current sensor LEM LA-25NP ส่งสัญญาณแบบแรงดันให้กับตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล เบอร์ ADMCF326BR ผ่านช่องแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล สร้างสัญญาณควบคุมการทำงานแบบพีดีบีบลิวเอ็มหลายระดับให้กับอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดด้วยเทคนิคการกำจัดฮาร์มอนิกในลำดับที่ 3 ผ่านวงจร Lockout และสร้าง Dead time ใช้ไอซีขับนำสัญญาณเบอร์ A3120 อุปกรณ์สวิตซ์ใช้ IGBT แบบดีสครีตเบอร์ K50T60 เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 7 ทำการทดสอบการใช้งานกับโหลดขนาด 400 วัตต์ โดยมีระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระขนาด 720 วัตต์เป็นแหล่งจ่าย โดยแต่ละชุดของแหล่งจ่ายจะใช้วงจรยกแรงดันและทำการรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีค่าที่ขนาด 155 โวลต์



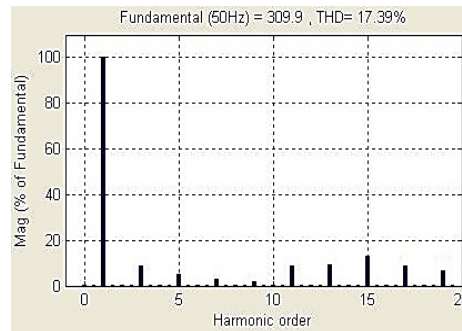
รูปที่ 7 เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น

4. ผลการวิจัย

จากการทดสอบรูปคลื่นของแรงดันทางออกของฟีดแบ็กลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับแบบเรียงซ้อน ใช้ความถี่ในการสวิตช์ 1 กิโลเฮิร์ตซ ทำการทดสอบกับโหลดความต้านทานที่เป็นโหลดแม่เหล็กฮาร์โลดขนาด 400 วัตต์ พบว่ามีแรงดันเป็นแบบ 5 ระดับ ดังรูปที่ 8 ก) ฮาร์โมนิกในลำดับที่ 3 มีค่า 7.65 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันหลักมูล ความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกรวมของแรงดันทางออกมีค่า 17.39 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 8 ข) ซึ่งจะเห็นว่ามีความสูงกว่าการจำลองการทำงาน ซึ่งอาจมีผลมาจากค่าอิมพีแดนซ์แฝง (Parasitic impedance) ของอุปกรณ์สวิตช์ และสายต่อวงจรที่มีความยาวประมาณ 30 เมตร



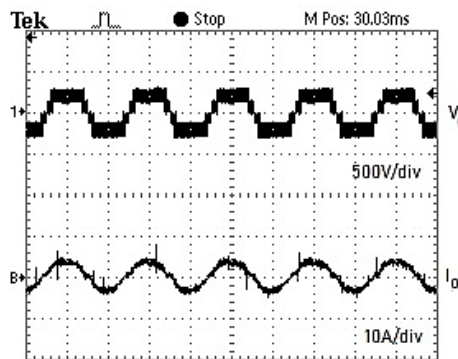
ก) แรงดันทางออก



ข) ฮาร์โมนิกในลำดับต่าง ๆ

รูปที่ 8 แรงดันทางออกของฟีดแบ็กลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับ

เมื่อทำการจ่ายโหลดที่มีค่ากำลังไฟฟ้าจริง 400 วัตต์ มีสัญญาณดังรูปที่ 9 โดยจะเห็นว่าแรงดันที่โหลดได้รับเป็นแบบ 5 ระดับ กระแสโหลดค่อนข้างเป็นรูปไซน์ อินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพรวม 86.45 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 9 แรงดันทางออกและกระแสโหลดแบบ RL ของฟีดแบ็กลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับ

5. สรุปและอภิปรายผล

ฟีดแบ็กลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์แบบเรียงซ้อน 5 ระดับ ที่ทำการออกแบบมมการเปลี่ยนระดับแรงดันด้วยเทคนิคการกำจัดฮาร์โมนิกในลำดับที่ 3 สร้างสัญญาณควบคุมการทำงานด้วยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล จากการทดสอบใช้งานของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระขนาด 720 วัตต์ ทำการจ่ายโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาด 400 วัตต์ ที่ค่าแรงดัน 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ พบว่า ฮาร์มอนิกในลำดับที่ 3 แรงดันทางออกของอินเวอร์เตอร์มีค่า 7.65 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันหลักมูล มีความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม 17.39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่สูงกว่ามาตรฐาน IEEE 519-2022 อยู่พอสมควรซึ่งอาจมีผลมาจากความถี่สวิตช์ที่มีค่าต่ำเกินไปด้วยเหตุผลที่ต้องการลดค่าการสูญเสียของการสวิตช์ ซึ่งต้องมีการพัฒนาเลือกความถี่ในการสวิตช์ที่เหมาะสมต่อไป รวมทั้งอาจเพิ่มจำนวนระดับของอินเวอร์เตอร์ให้มีความถี่มากขึ้น โดยอินเวอร์เตอร์ 5 ระดับที่นำเสนอนี้มีประสิทธิภาพรวม 86.45 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาต่อยอดในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

- Muthukumar, M.B., (2006), Micro controller Based Charge Controller For Photo Voltaic System, 2006 IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, DOI: 10.1109/PSCE.2006.296515.
- Bharathsrinivas, R., Sachin, A., Gurubasu, H., Raju, A.B., (2021), Investigation of Diode Clamped Multilevel Inverter Using Multicarrier PWM Techniques, 2021 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT), DOI: 10.1109/CONECCT52877.2021.9622574.
- Sudhanshu, R., Venkatesh Naik, M., (2023), Analysis and Modelling of Multilevel Inverter for Electric Vehicles, 2023 5th International Conference on Power, Control & Embedded Systems (ICPCES), DOI: 10.1109/ICPCES57104.2023.10076233
- Vishwajit, K., Pooja, K., and Niranjana K., (2023), Comparison of different levels of cascaded H bridge multilevel inverter using PSPWM technique for EV applications, 2023 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS), DOI: 10.1109/SCEECS57921.2023.10062982
- Prabhu, O., (2023), Low Distortion Multilevel Inverter for Efficient Solar PV Generation for EV Application, 2023 IEEE International Transportation Electrification Conference (ITEC-India), DOI: 10.1109/ITEC-India59098.2023.10471501
- Vishwajit, K., Pooja K., Niranjana, K., (2023), New Various Cost Effective Cascaded H Bridge Asymmetrical Multilevel Inverter with reduced number of switches and DC sources For EV Applications, 2023 IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference (RESEM), DOI: 10.1109/RESEM57584.2023.10236200

การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นผสมเศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์สำหรับใช้เป็นวัสดุงานทาง

พชร เพ็ชรแสงศรี^{1*}, ณัฐวุฒิ รักสุข¹, ชัยชนะ ธรรมแพทย์¹ และณัฐวุฒิ อินทบุตร²

¹บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

²อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

*E-mail address: pachara.ua@gmail.com, 095-5533320

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำหินฝุ่นและเศษกระเบื้องซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการรื้อ อาคารเก่า และการผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ได้คุณภาพมาใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง โดยนำวัสดุหินฝุ่นผสมกับเศษกระเบื้องซีเมนต์ ในอัตราส่วน หินฝุ่น : เศษกระเบื้องซีเมนต์ จำนวน 4 อัตราส่วน ได้แก่ 50:50 , 40:60 , 20:80 , 0:100 โดยน้ำหนัก เพื่อศึกษาคุณสมบัติ และเปรียบเทียบมาตรฐานงานพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท ผลการศึกษารังนี้พบว่า ปริมาณอัตราส่วนของเศษกระเบื้องเก่า มีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุ ปริมาณเศษกระเบื้องเก่า ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า ซี.บี.อาร์ เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นที่บดอัดเพิ่มขึ้น มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุก สามารถนำไปใช้งานก่อสร้างทางได้ ต้นทุนในงานก่อสร้างถูกกว่าหินคลุก และเป็นการนำเศษกระเบื้องเก่าที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ อีกทั้งยังช่วยลดทรัพยากรธรรมชาติในอนาคตอีกด้วย

คำสำคัญ : เศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์ หินฝุ่น ชั้นพื้นทาง วัสดุเหลือทิ้ง

A study of the properties of dust stone mixed with cement tiles scrap for use as a road construction material

Pachata Petsangsri^{1*}, Natthawut Raksook¹, Chaichana Thammaphaet¹, and Nuttawut Intaboot²

¹Lecturer Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

²Graduate Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

*E-mail address: pachara.ua@gmail.com, 095-5533320

Abstract

The research is a study of mixing dust stone with cement tile scraps, which is left over material from the demolition of old buildings and production from industrial plants to be used as a pavement material. The dust stone (Dust Stone, Ds) were mixed with cement tile scraps (Cement Tiles Waste, CTW) in the mixing ratios (DS: CTW) included 50:50, 40:60, 20:80 and 0:100 by weight. The properties and the standards for crush rock materials from the Department of Rural Roads were studied and compare. The results of this study found that the quantity ratio of CTW affected to the properties of the material. The proportion of CTW is increases resulting in the value of CBR increase, the moisture content of compacted increases. The standard testing were qualified to pass the criteria according to the standards for crush rock materials from the Department of Rural Roads. It can be used for road construction. The construction costs are cheaper than crush rock materials. It is the use of CTW which are left over materials, to be beneficial. It also reduces natural resources in the future.

Keywords: Cement Tiles Waste, Dust stone, Base Course, Waste material

1. บทนำ

ในอดีตถึงปัจจุบัน นิยมใช้กระเบื้องซีเมนต์กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นบ้านพักอาศัย อาคาร โรงงาน โกดังเก็บสินค้า โรงจอดรถ เป็นต้น ซึ่งกระเบื้องซีเมนต์อยู่คู่กับคนไทยมาไม่ต่ำกว่า 80 ปี ซึ่งผู้วิจัยสำรวจ ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ที่ทำงาน เขตในอำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าบ้านพักอาศัย ที่ก่อสร้างมาจำนวน 30 กว่าปี โรงงานโกดังเก็บสินค้า โรงงาน อาคาร พื้นที่ขนาดใหญ่ เริ่มทยอยรื้อถอนเปลี่ยนหลังจากจากกระเบื้องซีเมนต์มาเป็นแผ่นรีดลอน (เมทัลชีท) เนื่องจากกระเบื้องซีเมนต์มีอายุเวลายาวนาน ทำให้เกิดรอยร้าว รุ่ยร่อยต่อ ยากกับการขึ้นไปซ่อมแซม ทำให้มีการเริ่มรื้อหลังคาอาคาร โรงงาน ยังได้ของเสียจากโรงงานการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ ทำให้กระเบื้องซีเมนต์จึงเริ่มมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี ปัจจุบันของเสียจากการก่อสร้าง ได้ถูกนำกลับมาใช้ใหม่แทนที่วัสดุมวลรวมจากธรรมชาติ ในงานถนน (Gonzales และ Moo-Young, 2004 ; Howard และ Partners, 1994) อุตสาหกรรม ส่วนใหญ่ การกำจัดของเสียกลายเป็นประเด็นที่น่ากังวลเนื่องจากสภาพพื้นที่ที่จำกัดและมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวด จึงมีความต้องการเร่งด่วนสำหรับหน่วยงานและหน่วยงานเพื่อให้แน่ใจว่าบริการบำบัด และกำจัดของเสียอย่างเพียงพอ เพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพในการจัดการของเสียที่ดีขึ้น (Magdalena Dobiszewska ,18 April 2022)

หินฝุ่นจากโรงโม่หินศิลามาตรศรี โรงโม่หินนั้นเป็นวัตถุที่เกิดจากอุตสาหกรรมการโม่หิน เพื่อใช้สำหรับงานก่อสร้างทั่วไปแล้วหินฝุ่นไม่ได้ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้คุ้มค่ามากนักและผู้ประกอบการโรงโม่หิน โดยส่วนใหญ่คิดว่าเป็นเศษวัสดุที่หลงเหลือจากการผลิตและเป็นภาระที่ต้องนำไปทิ้งหรือกำจัด โดยส่วนใหญ่หินฝุ่นจะถูกนำไปเป็นส่วนผสมของหินคลุก สำหรับรองพื้นในงานถนนลาดยางหรือเป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีตบล็อก

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ในการศึกษาวิจัยคุณสมบัติของหินฝุ่นในการนำไปใช้ผสมเศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์ที่เหลือทิ้งมาผสมเพื่อเปรียบเทียบมาตรฐานพื้นทางหินคลุก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง (Cement Tiles Waste, CTW) มาผสมในชั้นพื้นทางเปรียบเทียบกับมาตรฐานงานพื้นทางหินคลุก
- 2.2 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของวัสดุพื้นทางที่ผสมด้วยเศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์ที่เหลือทิ้ง

3. วัสดุ อัตราส่วนผสม และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 หินฝุ่น

หินฝุ่นที่นำมาศึกษามาจากโรงโม่หินศิลามาตรศรี ตำบลพลับพลาไชย อำเภออุทุมพร จังหวัดสุพรรณบุรี โดยตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนติดมากับหินฝุ่น เช่น ดิน วัชพืช และเศษอินทรีย์ต่างๆ และนำหินฝุ่นมาตากให้แห้ง หรืออบด้วยเครื่องอบตั้งแต่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส

3.1.2 เศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์

เศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์เหลือทิ้ง บริษัท สยามไฟเบอร์ซีเมนต์กรุ๊ป จำกัด ตำบลหนองไข่น้ำ อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี โดยนำกระเบื้องซีเมนต์เหลือทิ้ง ทำการย่อยให้ขนาดเล็กลง ด้วยเครื่องบดหรือแรงคนร่อนผ่านตะแกรง ตั้งแต่ เบอร์ 2" ถึง เบอร์ 200 นำเศษกระเบื้องซีเมนต์ตากแดดให้แห้งหรืออบด้วยเครื่องอบตั้งแต่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 วัสดุในการศึกษา (ก) วัสดุกระเบื้องซีเมนต์ก่อนที่นำมาย่อยและทำการร่อนผ่านตะแกรง

(ข) หินฝุ่นจากโรงโม่หินศิลามาตรศรี อำเภออุทุมพร จังหวัดสุพรรณบุรี

3.2 อัตราส่วนผสมของวัสดุตัวอย่าง

กำหนดอัตราส่วนระหว่าง วัสดุหินฝุ่น (Dust Stone, Ds) กับเศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์เหลือทิ้ง ซีเมนต์ (Cement Tiles Waste, CTW) คือ อัตราส่วนของ DS : CTW จำนวน อัตราส่วน 50:50, 40:60, 20:80, 0:100 โดยน้ำหนัก (ดังแสดงตามตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุตัวอย่าง

ชื่อตัวอย่าง	อัตราส่วนผสมวัสดุตัวอย่าง โดยน้ำหนัก 6 kg.			
	หินฝุ่น (DS)		เศษวัสดุกระเบื้องซีเมนต์ (CTW)	
DSCT1	50%	3 kg	50%	3 kg
DSCT2	40%	2.4 kg	60%	3.6 kg
DSCT3	20%	1.2 kg	80%	4.8 kg
DSCT4	0%	-	100%	6 kg

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษานี้ผู้ศึกษาได้ใช้วิธีการทดสอบมาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกและข้อกำหนดการทดสอบของกรมทางหลวงชนบทมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ ตามวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ (Sieve Analysis) มทช.(ท) 501.8-2545 (ดังแสดงในรูปที่ 2 ก)

3.3.2 การทดสอบหาค่าความสึกหรอ ตามวิธีการทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ (Coarse aggregates) โดยใช้เครื่องมือทดสอบหาค่าความสึกหรอ (Los Angeles abrasion) มทช.(ท) 501.9-2545 (ดังแสดงในรูปที่ 2 ข)

3.3.4 การทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดสอบความแน่นและสูงกว่ามาตรฐาน (Modified compaction Test) มทช.(ท) 501.2-2545 (ดังแสดงในรูปที่ 3 ก)

3.3.4 การทดสอบหาค่า ซี.บี.อาร์. ตามวิธีการทดสอบเพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. (C.B.R.) มทช.(ท) 501.3-2545 (ดังแสดงในรูปที่ 3 ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 รูปการทดสอบ (ก) Sieve Analysis (ข) Los Angles abrasion



(ก)

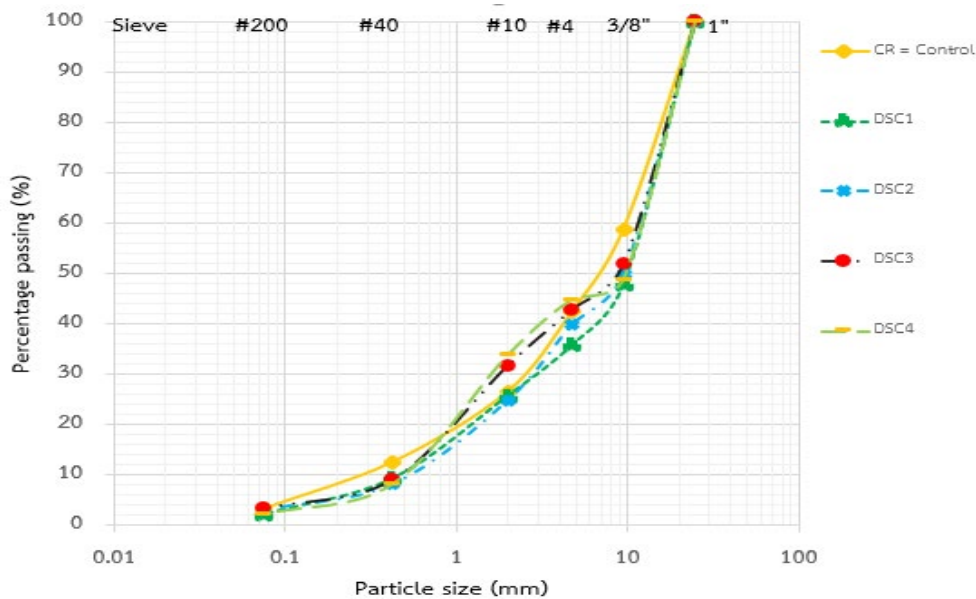


(ข)

รูปที่ 3 (ก) รูปการทดสอบ Modified compaction Test (ข) หาค่า ซี.บี.อาร์

4. ผลการทดสอบและวิจารณ์

4.1 การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ ตามวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ (Sieve Analysis) มทข.(ท) 501.8 - 2545 เป็นการหาการกระจายของขนาดเม็ดวัสดุ ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่ จนถึงขนาดเล็กที่มีขนาดช่องผ่าน 0.075 มม. (เบอร์ 200) แล้วเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆ กับน้ำหนักทั้งหมดของตัวอย่างพบว่าการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุของวัสดุตัวอย่างเทียบกับวัสดุที่ใช้ควบคุม วิเคราะห์ผลการทดสอบ Sieve analysis แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง หินฝุ่นผสมเศษกระเบื้องซีเมนต์ โดยอัตราส่วนผสมกระเบื้องซีเมนต์ 50% 60% 80% และ 100% ตัวอย่างการทดสอบ DSCT1 DSCT2 DSCT3 DSCT4 มีค่าผ่านเกณฑ์การทดสอบ ตามมาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุก ตาม มทข.(ท)501.8-2545 กรมทางหลวงชนบท (ดังแสดงในรูปที่ 4)



รูปที่ 4 ผลการทดสอบหาขนาดของเม็ดวัสดุ (Sieve analysis)

4.2 การทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบโดยเครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (LOS ANGELES ABRASION) มทข.(ท) 501.9 - 2545

การทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบโดยเครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) การทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุตัวอย่างนั้น เพื่อให้ทราบว่าการนำวัสดุ มาใช้ในงานก่อสร้างทาง มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงตามข้อกำหนดหรือไม่ ซึ่งในมาตรฐานของวัสดุพื้นทาง

หินคลุกของกรมทางหลวงชนบท ได้กำหนดค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percentage of Wear) ไม่มากกว่า 40 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า วัสดุตัวอย่างในอัตราส่วนผสมอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ DSCT4 (0:100) จะได้ค่าอยู่ที่ 20.28% การเพิ่มเศษคอนกรีตเบ้องซีเมนต์ในแต่ละอัตราส่วนนั้นไม่ส่งผลให้ตัวอย่างมีความแข็งแรงขึ้น หลังจากผ่านการทดสอบ ซึ่งแต่ละตัวอย่างประกอบด้วย DSCT1 (50:50) = 28.20%, DSCT2 (40:60) = 25.72%, DSCT3 (20:80) = 23.45%, DSCT4 (0:100) = 20.28% (ดังแสดงตารางที่2)

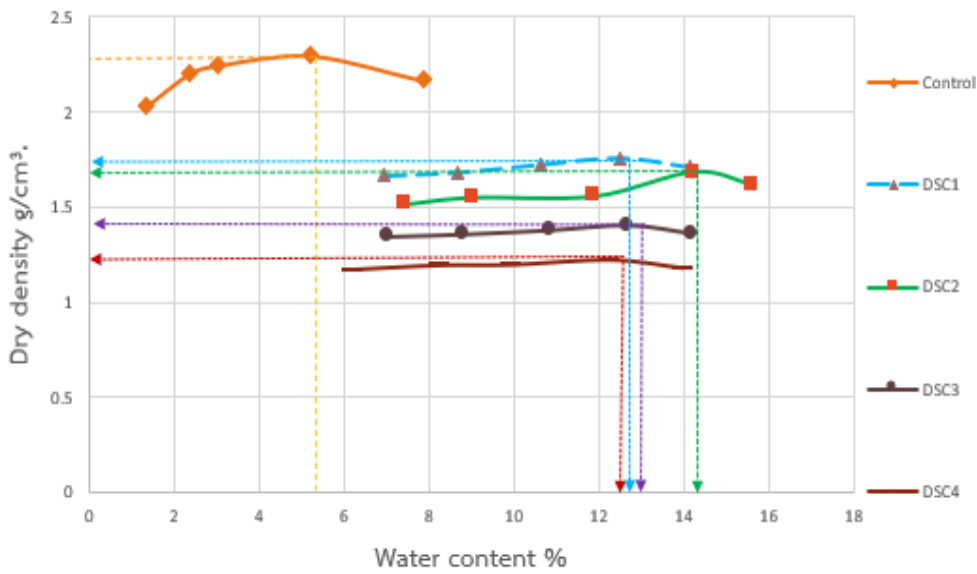
ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าสึกหรอของวัสดุตัวอย่าง

ตัวอย่าง	PERCENTAGE OF WEAR (%)	เกณฑ์ตัดสิน (%)
Control	26.24	< 40
DSCT1	28.20	< 40
DSCT2	25.72	< 40
DSCT3	23.45	< 40
DSCT4	20.28	< 40

4.3 การทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดสอบความแน่นและสูงกว่ามาตรฐาน (Modified compaction Test) มทข.(ท) 501.2-2545

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นที่ใช้ในการบดอัด โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นวิธีการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor) ซึ่งหินฝุ่น ผสมกับเศษกระเบื้องซีเมนต์ ที่อัตราส่วนผสมมวลรวม DSCT1 (50:50) มีความหนาแน่นแห้ง 1.71 g/cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 14.16 % และอัตราส่วนผสมมวลรวม DSCT2 (40:60) มีความหนาแน่นแห้งมากที่สุด 1.618 g/cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 15.61% ในส่วนของอัตราส่วนผสมมวลรวมที่ใช้หินฝุ่นผสมเศษกระเบื้องซีเมนต์ อัตราส่วนผสมมวลรวม DSCT3 (20:80) มีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุด 1.364 g/cm³. โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 14.20 % เมื่อความหนาแน่นแห้งลดลงจะส่งผลให้กำลังการรับน้ำหนักของโครงสร้างชั้นพื้นทางลดลงด้วย DSCT4 (0:100) มีค่าความหนาแน่นแห้ง 1.179 g/cm³ โดยมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการบดอัด 14.00% (ดังแสดงตามรูปที่ 5) เมื่อความหนาแน่นแห้งลดลงจะส่งผลให้กำลังการรับน้ำหนักของโครงสร้าง

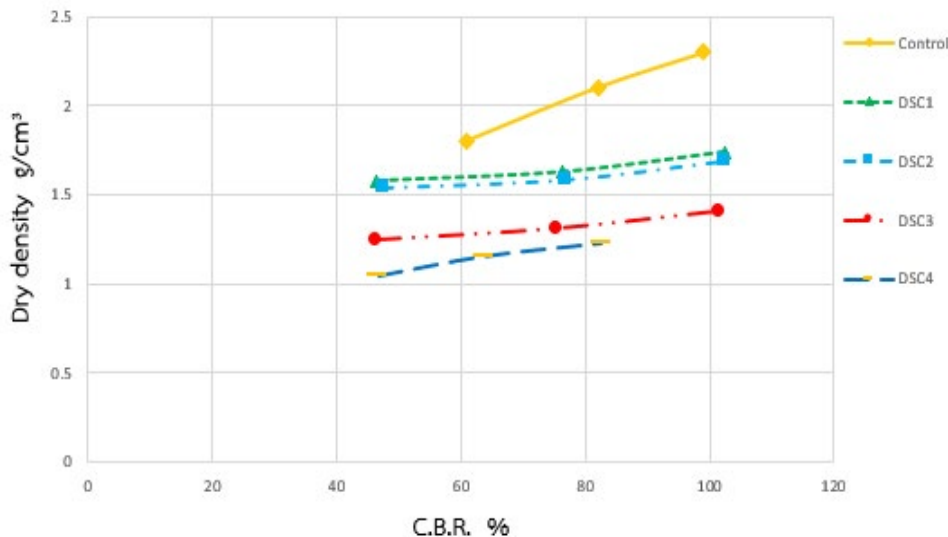
ชั้นพื้นทางลดลงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และปริมาณความชื้นที่ใช้บดอัด

4.4 การทดสอบหาค่า ซี.บี.อาร์.ตามวิธีการทดสอบเพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. (C.B.R.) มทข. (ท) 501.3-2545

การทดสอบหาค่า (C.B.R) เป็นการหาค่าเปรียบเทียบ ค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก (Bearing Value) กับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการบดอัดวัสดุตัวอย่างนั้นโดยใช้ตุ้มบดอัดในแบบ (Mold) เมื่อมีความชื้นที่ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Optimum Moisture Content) เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนน ซึ่งจากผลการทดสอบนั้นหลังจากแช่น้ำจนครบ 4 วัน จากกราฟ (ดังแสดงตามรูปที่ 6) จะเห็นได้ว่า ตัวอย่าง DSCT1 ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 102.35 % ที่ความแน่นไม่น้อยกว่า 95% Modified compaction Test ส่วนตัวอย่าง DSCT2 ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 102.34 % DSCT3 ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 101.56 % และ DSCT4 ได้ค่า C.B.R. เท่ากับร้อยละ 82.63 % ค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. จะลดลงตามอัตราส่วนของหินฝุ่นที่ลดลงแต่ไม่ต่างกันมากนัก และเศษกระเบื้องซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น เพราะว่า การที่หินฝุ่นลดลงนั้น ความสามารถในการดูดซึมน้ำลงน้อยลง ค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. ของตัวอย่าง DSCT1 DSCT2 DSCT3 นั้นมีค่าตามมาตรฐานของวัสดุที่นำไปก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นพื้นทางหินคลุก สำหรับค่า C.B.R. ของตัวอย่าง DSCT4 นั้นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของวัสดุที่นำไปก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นพื้นทางหินคลุก ในการก่อสร้างทางที่หน้างานด้วยปัจจัยหลายอย่าง จึงทำให้ไม่สามารถบดอัดให้แน่นได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นตามมาตรฐานของทางหลวงชนบท จึงแนะนำให้คิดค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. ที่การบดอัดแน่น 95 เปอร์เซ็นต์ Modified proctor



รูปที่ 6 ค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R.

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากระเบื้องซีเมนต์มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์มีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างชั้นพื้นทางหินคลุกตามมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบท ซึ่งทำให้การศึกษาทราบว่าการผสมกันของหินฝุ่น และเศษกระเบื้องซีเมนต์นั้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ หินคลุกมาตรฐาน ค่ารับกำลังแบกทาน C.B.R และค่าความหนาแน่นแห้ง (Maximum dry density) มีค่าลดลงตามอัตราส่วนผสมของหินฝุ่นที่ลดลงและเศษกระเบื้องซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น อัตราส่วนผสมของ หินฝุ่น และเศษกระเบื้องซีเมนต์ที่ได้ผลดีที่สุดคือ ตัวอย่าง DSCT1 50:50 ซึ่งมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท และมีค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R.มากที่สุด ร้อยละ 102.35 อัตราส่วนผสมของหินฝุ่น และเศษกระเบื้องซีเมนต์ DSCT4 เป็นเพียงตัวอย่างเดียวที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุกของกรมทางหลวงชนบท โดยมีค่ากำลังรับแรงแบกทาน C.B.R. เพียง 82.63 % ที่ความแน่น 95% Modified proctor ซึ่งค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. นี้จะเข้าเกณฑ์ของวัสดุรองพื้นทางของกรมทางหลวงชนบท กำหนดค่ารับน้ำหนักแบกทาน C.B.R. ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่การบดอัดแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน การนำหินฝุ่นผสมเศษกระเบื้องซีเมนต์ มาใช้เป็นวัสดุงานก่อสร้างทาง สามารถนำมาก่อสร้างทดแทนวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุกได้แต่ต้องคำนึงถึงส่วนคละมวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด ปริมาณที่จะใช้ผสมนั้นต้องมีการออกแบบและการทำ General Test ตามที่กรมทางหลวงชนบทได้กำหนดไว้ก่อนใช้งานจริง เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้มาจากคนละแหล่งผลิต คุณสมบัติอาจแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ตามจังหวัด นั้นๆ

6. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นของการนำหินฝุ่นและกระเบื้องซีเมนต์มาใช้ให้เกิดประโยชน์เพราะทั้งนี้ยังไม่มีงานวิจัยมากนักในเรื่องของการนำกระเบื้องซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุงานทาง ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดในคุณสมบัติต่างๆ ของกระเบื้องซีเมนต์ที่นำมาเป็นส่วนผสมกับหินฝุ่น เช่น สมบัติทางกายภาพของกระเบื้องซีเมนต์ ส่วนผสมในกระเบื้องซีเมนต์ที่มีสารผสมเป็นลักษณะพฤติกรรมเฉพาะ ของสารนั้นๆ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ(ศูนย์สุพรรณบุรี) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ สำนักงานทางหลวงชนบทที่ 18 (สุพรรณบุรี) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดสอบทำการทดสอบงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณโรงโม่หินศิลามาตรศรีที่ให้ความอนุเคราะห์มอบหินฝุ่นมาทำการทดสอบ และขอขอบคุณบริษัท สยามไฟเบอร์ซีเมนต์กรุ๊ป จำกัด ตำบลหนองไข่น้ำ อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ที่นำเศษกระเบื้องมาทำการทดสอบ

8. เอกสารอ้างอิง

- สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2557). มาตรฐานวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก. มทข. 203-2557
กรมทางหลวงชนบท
- สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2558). มาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทางหลวงชนบท 2558
กรมทางหลวงชนบท
- สำนักสำรวจและออกแบบ.(2561).แบบมาตรฐานงานทาง 2561
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.(2560).มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องซีเมนต์
ปูพื้น. มอก.826-2531.กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ธีระ เทพพรหม. (2552). การศึกษากำลั้ดคอนกรีตโดยใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบกรณีศึกษา หินฝุ่น โรงไม้หิน
นราธิวาสโรงไม้หิน วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ม ปี 1(2),28-41.
- ดนุเดช เรืองรัมย์.(2562). การศึกษาคุณสมบัติวัสดุหินฝุ่นผสมซีเมนต์และเถ้าชีวมวล
(ปริญญามหาบัณฑิต).บุรีรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
- SCG Home, (2563) .กระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องหลังคาคอนกรีต. สืบค้น 20 เมษายน 2567.
จาก <https://www.scghome.com/products/subcategory/หลังคากระเบื้อง>
- Gonzales, G.P. and H.K. Moo-Yong. (2004). Transportation Applications of Recled Aggregate. FHWA State of
the Practice National Review September 2004, U.S. Department of Transportation, Federal Highway
Administration.
- Magdalena Dobiszewska. (2022). Influence of Rock Dust Additives as Fine Aggregate Replacement on
Properties of Cement Composites—A Review
- Howard Humphreys and Partners. (1994). Managing Demolition and Construction Wastes. Report of the Study
on the Recycling of Demolition and Construction Wastes in the UK for the Department of the
Environment, HMSO, Lon
- Gonzales, G.P. and H.K. Moo-Young. 2004. Transportation Applications of Recycled Concrete Aggregate. FHWA
State of the Practice National Review September 2004, U.S. Department of Transportation, Federal
Highway Administration.

การพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อลดการสูญเสียน้ำนม

อนุวัตร ศรีนวล^{1*} อัจฉรา จันทร์ผิง² กนก ภูคาม² ก้องภพ พงษ์เจริญ² ศุภวัต พันนุรัตน์²

¹ หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*E-mail, Srinoun2006@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 089-5559432

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ ขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อลดปัญหาการสูญเสียน้ำนมในขณะการบรรจุ และเพิ่มปริมาณการผลิต หลักการทำงานของเครื่องนั้น โดยจะใช้ระบบนิวเมติกส์เลื่อนขวดบรรจุขึ้นไปเปิดวาล์วของหัวบรรจุนม โดยใช้ระบบ PLC ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยเครื่องจะควบคุมองศาการบรรจุผ่านช่องกลางของหัวบรรจุ สำหรับการทดลองการบรรจุนมจะหาเวลาที่เหมาะสมในการบรรจุ และเปรียบเทียบการสูญเสียเครื่องบรรจุแบบเดิม โดยเครื่องที่พัฒนานี้จะใช้เวลาในการทดลอง ช่วงเวลาที่ 25 , 30 และ 35 วินาที จากผลการทดลองพบว่า เครื่องบรรจุขนาด 2000 มิลลิลิตร ทั้งสามเวลาในการทดลองจะได้ปริมาณในการบรรจุเฉลี่ย ที่ 1668 , 2002 และ 2335 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งเวลาที่เหมาะสมในการบรรจุอยู่ที่ 30 วินาที ซึ่งมีปริมาณการบรรจุเฉลี่ยอยู่ที่ 2002 มิลลิลิตร และสูญเสียน้ำนมเฉลี่ยที่ 2 มิลลิลิตร การสูญเสียลดลงเหลือ 3.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยจาก 80 เป็น 110 ขวดต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: เครื่องบรรจุน้ำนม , นิวเมติกส์ , ระบบ PLC

Development of a 2000 ml Semi-Automatic Milk Filling Machine for reduce milk loss

Anuwat Srinoun^{1*} Autchara Junphong² Kanok Phoocam²
Kongpob Pongcharoen² Suttawat annurat²

¹Department of Agricultural and Biological Engineering Faculty of Engineering
Rajamangalauniversity of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang District, Chiang Mai Province 50300

²Department of Agricultural and Biological Engineering Faculty of Engineering
Rajamangalauniversity of Technology Lanna

*E-mail, Srinoun2006@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 089-5559432

Abstract

The objective of this research aimed to develop a 2000 ml. semi-automatic milk filling machine for the Dairy Farming Promotion Organization of Thailand, upper northern region office, mueang district, Chiang mai and to reduce losing milk during packing process and increase production volume. A pneumatic system was applied to move the milk bottle and turn on a milk filling valve. This system is controlled by PLC. The machine sucked bubbles during the milk filling process. The machine was tested to optimize and to compare the losing milk with a traditional machine at 25, 30 and 35 s time of filling process. From the result, the developed machine achieved to fill milk with 1668, 2002, and 2335 ml. at 25, 30 and 35 s time of filling process, respectively. The optimal filling time was 30 s., with an average filling volume of 2002 ml. and averaged loss milk of 2 ml. and decreased losing milk of 3.7 percent. Production increased on average from 80 to 110 bottles per hour.

Keywords: milk filling machine, pneumatics, PLC system

1. บทนำ

องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) สำนักงานภาคเหนือตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นโรงงานที่ผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ ของจังหวัดเชียงใหม่ มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ทั่วภาคเหนือตอนบนอีกทั้งยังส่งออกไปยัง ร้านสะดวกซื้อต่างๆ ในกระบวนการผลิตนั้น จะเน้นผลิตนมพาสเจอร์ไรส์เป็นหลัก และบรรจุในขวดต่างๆ รวมไปถึงในขวดบรรจุแบบ 2000 มิลลิลิตร

สำหรับขั้นตอนการบรรจุนมลงในบรรจุภัณฑ์นั้นเป็นการปล่อยนมสู่ขวดบรรจุขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบแรงโน้มถ่วง ใช้ระบบวาล์วปิดเปิดทำให้เกิดปัญหาที่พบในการบรรจุ คือ การใช้จำนวนบุคคลากรที่ค่อนข้างมากในการปฏิบัติงานและขณะทำการบรรจุทำให้เกิดฟองนมที่ปลายขวดและล้นออกลงไปในถาดรองรับโดยเฉลี่ย 53.25 มิลลิลิตร (รูปที่ 1 และ 2) อีกทั้งทำให้น้ำนมไม่เต็มขวดและเกิดช่องว่างของขวดบรรจุ จึงจำเป็นต้องเติมให้เต็มอีกครั้งเพื่อให้ได้ตามปริมาณ ทำให้ใช้เวลาในการบรรจุและเติมน้ำนมประมาณ 45 วินาทีต่อขวด จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำนมและเวลา

ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ศึกษาและแก้ปัญหา โดยพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร ซึ่งแบบเดิมแรงโน้มถ่วงใช้ระบบวาล์วปิดเปิด พัฒนามาเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติ ตามความต้องการของ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) สำนักงานภาคเหนือตอนบน โดยมีฝ่ายวิศวกรรมของ อ.ส.ค. แนะนำ โดยเครื่องจะใช้ระบบ PLC ควบคุมการจ่ายน้ำนมไปยังขวดบรรจุ และใช้กระบอกสูบนิวเมติกส์ในการยกตัวขวดบรรจุให้ขึ้นไปสัมผัสกับหัวบรรจุ เพื่อให้หัวบรรจุเปิดช่องทางการไหลของน้ำนมพร้อมดูดฟองออกไปด้วย โดยให้มีการสูญเสียที่น้อยและสามารถบรรจุได้เต็มขวดบรรจุ ซึ่งงานวิจัยวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเครื่องบรรจุนมกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดการสูญเสียน้ำนม และเพิ่มความสามารถในการบรรจุนมพาสเจอร์ไรส์ในกระบวนการผลิต ของขวดบรรจุขนาด 2000 มิลลิลิตร



รูปที่ 1 การบรรจุน้ำนม



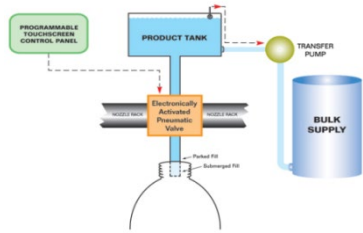
รูปที่ 2 การเกิดฟองนมและล้นออกมาที่ถาด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการบรรจุผลิตภัณฑ์ของเหลว [1]

การบรรจุผลิตภัณฑ์ของเหลวสามารถแบ่งได้ 6 ประเภท ดังนี้

- 1) การบรรจุระบบสุญญากาศ
- 2) การบรรจุระบบแรงโน้มถ่วง
- 3) การบรรจุระบบความดัน
- 4) การบรรจุระบบผสมความดันและสุญญากาศ
- 5) การบรรจุระบบกระบอกลูกสูบ
- 6) การบรรจุระบบการตรวจวัดโดยป้อน



รูปที่ 3 การบรรจุระบบแรงโน้มถ่วง [2]

2.2 หัวบรรจุผลิตภัณฑ์

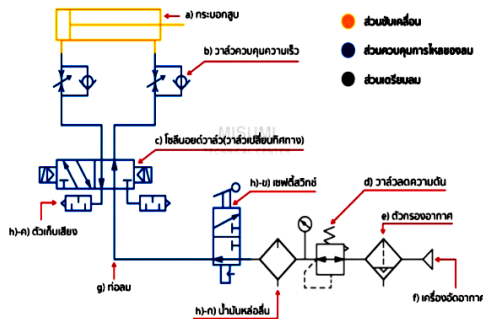
หัวบรรจุแบบแรงโน้มถ่วง [3] หลักการทำงานของหัวบรรจุแบบแรงโน้มถ่วง คือ หัวบรรจุเปิดเมื่อขวดเข้าสู่ตำแหน่งและดันขึ้นเปิดหัวบรรจุ ทำให้เปิดช่องให้นมไหลเข้าภายในขวด อากาศและฟองภายในขวดจะถูกระบายออกจากขวดโดยผ่านทางท่อกลางกลางหัวบรรจุ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 หัวบรรจุของเหลว [3]

2.3 ระบบนิวเมติกส์

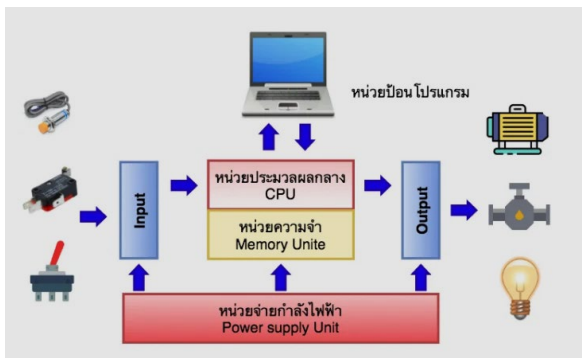
ระบบนิวเมติกส์ [4] หมายถึง ระบบการส่งถ่าย กำลังโดยอาศัยความดันลมเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายกำลัง โดยมีอุปกรณ์ เช่น กระบอกสูบ



รูปที่ 5 ระบบโครงสร้างนิวเมติกส์พื้นฐาน

2.4 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic controller, PLC) [5]

Programmable Logic Controller หรือโปรแกรม PLC คืออุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและกระบวนการทำงาน ตามเงื่อนไขของความต้องการหรือตามระบบการทำงานของเครื่องจักร ที่ตอบโต้ความต้องการทำให้ PLC เป็นระบบ Automation



รูปที่ 6 โครงสร้างของ PLC [6]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รุ่งเพชร สุวรรณ.(2557) [7] ได้ทำการวิจัยการเพิ่มผลผลิตภาพในกระบวนการผลิตการบรรจุน้ำนมข้าวโพด โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มผลิตภาพในการบรรจุน้ำนมข้าวโพดไม่น้อยกว่า 50% ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ แบบ 5 หัวบรรจุ เพื่อช่วยในการปฏิบัติงาน จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดสามารถลดเวลาในการบรรจุได้ 83.62%

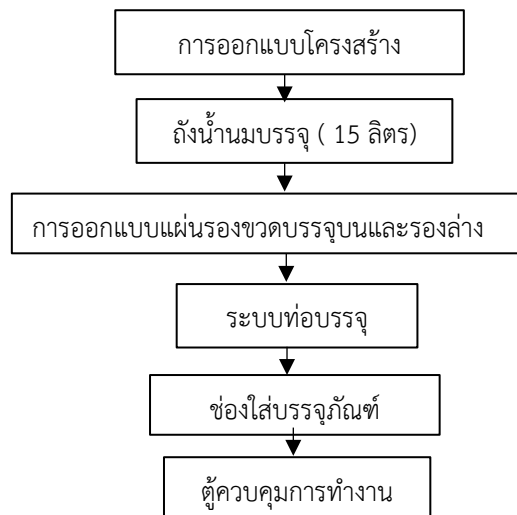
กังวาล นาศุภรังษี. (2550) [8] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการบรรจุของเหลวด้วย เครื่องบรรจุกึ่งอัตโนมัติ บรรจุของเหลวใส่ที่ 100 , 120 และ 150 มิลลิเมตร ปรากฏว่า ผลการทดลองการบรรจุปริมาตรของเหลวใส่ที่ 120 และ 150 มิลลิเมตร การควบคุมการเปิด-ปิด ของเหลวอยู่ในเกณฑ์ดี และการเปรียบเทียบผลการทดลองความสามารถในกระบวนการบรรจุ ของเหลวใส่ลงในขวดก่อนและหลังปรับค่าการควบคุมการเปิด-ปิดของเหลวใส่ ปรากฏว่าผลการ ทดลองของการบรรจุปริมาตรของเหลวที่ 100 มิลลิเมตร มีค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการด้าน ศักยภาพในการเปิด-ปิดของเหลวใส่อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าดัชนีความสามารถกระบวนการด้านสมรรถนะมี ค่าสูงซึ่งสามารถยอมรับได้

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

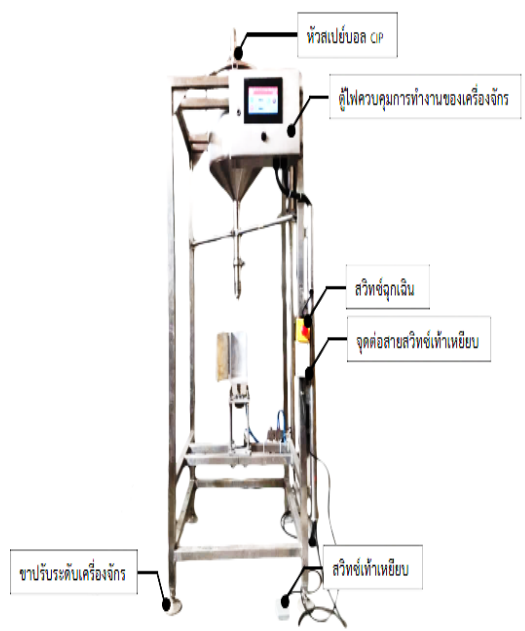
3.1 การสร้างเครื่อง

การพัฒนาเครื่องบรรจุภัณฑ์ขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดการสูญเสีย โดยใช้ระบบนิวเมติกส์ และระบบ PLC เพื่อให้สามารถทำงานได้สะดวกและลดปัญหาการเกิดฟองน้ำนม โดยโครงสร้างของเครื่องบรรจุภัณฑ์จะมีขนาดอยู่ที่ความสูง 180 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร และมีความลึกที่ 80 เซนติเมตร

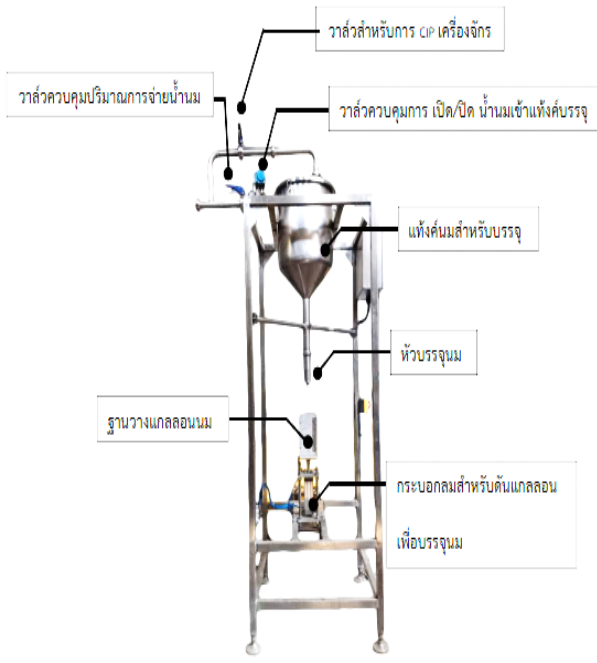
โดยส่วนประกอบของเครื่องบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยโครงสร้าง จะใช้วัสดุเป็นสแตนเลส ขนาด 1.5x1.5 นิ้ว และชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ชุดหัวบรรจุ ตู้ควบคุม ถังพักน้ำนม การทำงานของเครื่องจะใช้แรงดันลมเป็นต้นกำลัง ส่งลมผ่านชุดวาล์วควบคุมไปยังกระบอกสูบนิวเมติกส์ โดยมีขั้นตอนการสร้างเครื่องดังนี้



3.2 ส่วนประกอบโครงสร้างเครื่องบรรจุนม



รูปที่ 7 ส่วนประกอบของเครื่องบรรจุภัณฑ์ ขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ (ด้านหน้า)



รูปที่ 8 ส่วนประกอบของเครื่องบรรจุภัณฑ์ขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ (ด้านข้าง)

3.3 หลักการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ

หลักการทำงานของเครื่องบรรจุ ทำงานโดย เมื่อกดสวิทช์ ระบบระบบนิวเมติกส์ เพื่อยกขวด บรรจุขึ้นไปสัมผัส กับหัวบรรจุ น้ำนม ทำให้เปิดช่องทางการไหลของน้ำนมเข้าสู่ภายในขวดบรรจุ น้ำนมที่ไหลเข้าจะเกิดฟองน้ำนมขึ้นและถูกระบายออกโดยผ่านทางท่อกลางของหัวบรรจุและจะมีสายดูดขนาดเล็ก ส่วนระดับของน้ำนมในขวดบรรจุจะขึ้นอยู่กับเวลาที่การบรรจุ น้ำนมของวงจรควบคุมจาก PLC โดยระดับความสูงของน้ำนมจะสูงพอดีกับปลายของหัวบรรจุ ภายในขวดบรรจุ จากนั้นระบบจะสั่งให้ระบบระบบนิวเมติกส์ เลื่อนขวดบรรจุลงมา

3.4 ลำดับการทดลอง

- 1) เริ่มตรวจเช็คแรงดันอากาศใช้งานให้อยู่ที่ 1.0 บาร์ (ปรับแรงดันอากาศจากเรกกูเรเตอร์)
- 2) ตรวจเช็คตำแหน่งวาล์วของน้ำนมให้อยู่ในสถานะเปิด เพื่อให้ น้ำนมจากถังกักเก็บของโรงงานไหลเข้าสู่ถังพักน้ำนมของเครื่องบรรจุ น้ำนม
- 3) เปิดสวิทช์ที่ตำแหน่ง On ภายในตู้ควบคุม
- 4) ตั้งค่าเวลา setting Time ที่ 25 , 30 และ 35 วินาที เพื่อการบรรจุ นม (จากการทดลองขั้นต้น ได้ลองใช้เวลาทดลองที่เหมาะสม แล้วจึงหาค่าที่มาเปรียบเทียบ เพื่อดูผล ความแตกต่าง)
- 5) เครื่องบรรจุ น้ำนมแสดงสถานะ Ready บริเวณหน้าจอตู้ควบคุมจะแสดงไฟสีเขียว
- 6) นำบรรจุภัณฑ์ขนาด 2000 มิลลิลิตร ใส่ช่องบรรจุ
- 7) เริ่มการทำงานโดยการเหยียบสวิทช์เท้าเหยียบ เพื่อให้กระบอกสูบนิวเมติกส์ยกบรรจุภัณฑ์ขึ้นไปสัมผัสกับหัวบรรจุ
- 8) เมื่อถึงเวลาที่ setting Time ไว้ กระบอกสูบนิวเมติกส์จะลดตัวลง ทำให้หัวบรรจุปิดช่องทางการไหลของน้ำนม
- 9) นำบรรจุภัณฑ์ออกจากช่องใส่บรรจุภัณฑ์ หลังเสร็จสิ้นกระบวนการบรรจุให้นำผลิตภัณฑ์ไปชั่งเพื่อวัดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์
- 10) ทำการสังเกตว่ามีการเกิดฟองของน้ำนมและเกิดการสูญเสียหรือไม่

ท่อดูดฟองกลับ อยู่กลางท่อเติม



รูปที่ 9 ใส่บรรจุภัณฑ์



รูปที่ 10 ยกบรรจุภัณฑ์ไปสัมผัสกับหัวบรรจุ



รูปที่ 11 สิ้นสุดการบรรจุ

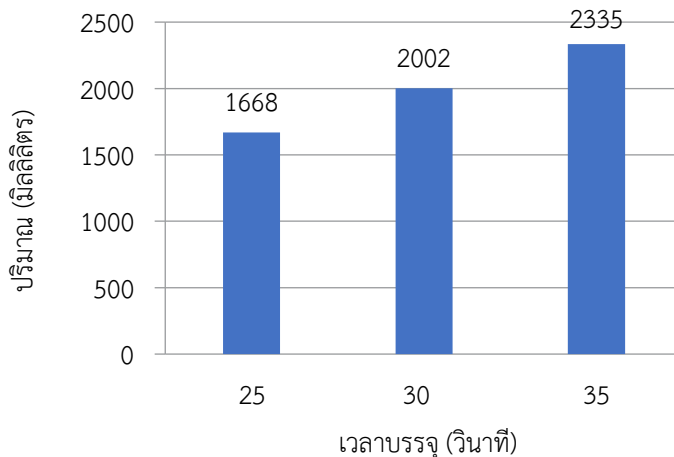
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัย

จากการทดลองเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร เพื่อหาปริมาณการบรรจุน้ำนมลงในบรรจุภัณฑ์ ในการทดลองทำการทดลองเวลาละ 5 ครั้ง ต่อ เวลา 25 , 30 , 35 วินาที แล้วหาค่าเฉลี่ย

หมายเหตุ (จากการทดลองขั้นต้น ได้ลองใช้เวลาทดสอบที่เหมาะสม แล้วจึงหาค่าที่มาเปรียบเทียบ เพื่อดูผลความแตกต่าง เพื่อการใช้งานที่เหมาะสม)

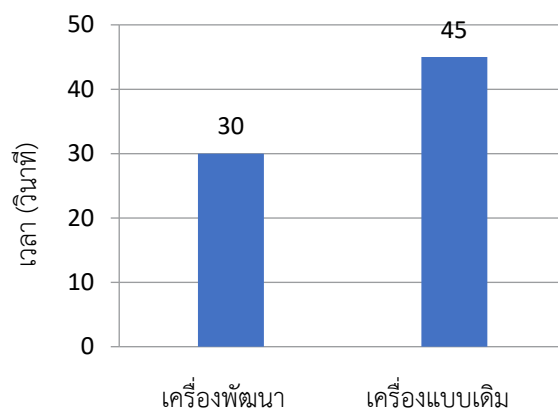
1) ผลการเปรียบเทียบการทดลองปริมาณในการบรรจุของเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 12 ทดลองการบรรจุ

จากผลการทดลองการเปรียบเทียบการทดลองในการบรรจุของเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเวลาที่ใช้บรรจุแบ่งออกเป็น 25 , 30 , 35 วินาที ผลการทดลองพบว่า เครื่องบรรจุสามารถบรรจุน้ำนมที่เวลา 25 วินาที ได้ 1668 มิลลิลิตร และไม่ถึงที่กำหนด ส่วนที่ 30 วินาที ได้ 2002 มิลลิลิตร สูญเสียที่ 2 มิลลิลิตร และส่วนที่ 35 วินาทีได้ 2335 มิลลิลิตร สูญเสียที่ 335 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นค่าเวลาที่เหมาะสมในการบรรจุคือที่ 30 วินาที

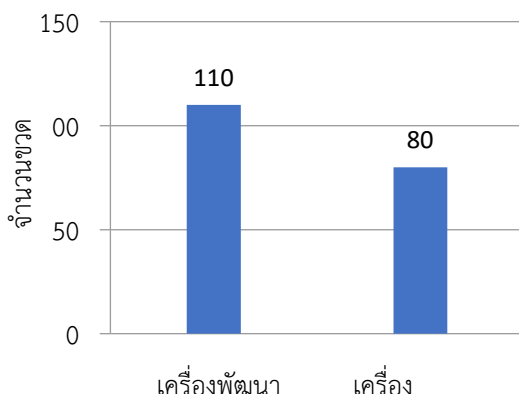
2) ผลการเปรียบเทียบเวลา การบรรจุของเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ ที่พัฒนาขึ้น และ เครื่องแบบเดิม (โดยใช้เวลาบรรจุที่ 30 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ดีที่สุดของเครื่องพัฒนา)



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบเวลา

จากการทดลองการบรรจุน้ำนมที่ขวดบรรจุ 2000 มิลลิลิตร เครื่องที่พัฒนา ตั้งเวลาการบรรจุที่ 30 วินาทีต่อขวด สามารถบรรจุได้โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับปริมาตรขวดบรรจุ ส่วนเครื่องแบบเดิม จะต้องใช้เวลารับรองโดยเฉลี่ย 45 วินาทีต่อขวด เนื่องจากการเกิดฟองล้นออกมา แล้วเกิดช่องว่างทำให้น้ำนมไม่เต็มขวด จึงจำเป็นต้องใช้บุคลากรเติมน้ำนมลงไปให้เต็มขวดอีกครั้ง จึงทำให้ต้องเสียเวลาในการบรรจุ ดังนั้นเครื่องที่พัฒนาใช้เวลาน้อยกว่าโดยเฉลี่ย 15 วินาที

3) ผลการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงของเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ พัฒนาขึ้น และ เครื่องแบบเดิม

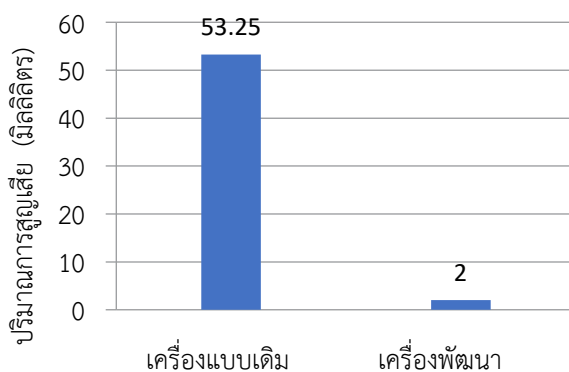


รูปที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณการผลิต

สำหรับปริมาณจำนวนการบรรจุในหนึ่งชั่วโมงนั้น เครื่องที่พัฒนาสามารถบรรจุได้โดยเฉลี่ย 110 ขวด/ชั่วโมง ปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยจาก 30 ขวดต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 660 ขวดในหนึ่งวัน ส่วนเครื่องแบบเดิมสามารถบรรจุได้โดยเฉลี่ย 80 ขวด/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 480 ขวดในหนึ่งวัน (จากการสอบถาม อสค. ภาคเหนือตอนบน การทำงานบรรจุน้ำนม ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมงใน 1 วัน) สำหรับปริมาณการผลิตนั้น อาจจะมีผลที่ต่างกันออกไป เช่นความเร็วในการเอาขวดเข้าออกของผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

หมายเหตุ สำหรับการบรรจุขวดขนาด 2000 มิลลิลิตร ไม่ได้ผลิตทุกวัน โดยจะผลิตตามความต้องการของผู้จำหน่าย เนื่องจากปริมาณการจำหน่ายจะมีน้อยกว่าขวดบรรจุขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะผลิตสัปดาห์ละหนึ่งวัน

4) ผลการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียน้ำนมจากเครื่องแบบเดิมและเครื่องกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 15 ปริมาณการสูญเสียการบรรจุ

จากรูปที่ 15 ผลการทดลอง สำหรับเครื่องที่พัฒนาจะคิดเวลาที่ 30 วินาที เพราะเป็นเวลาที่บรรจุขวดที่ดีที่สุด สำหรับเครื่องบรรจุแบบเดิม มีการสูญเสียจากการบรรจุ โดยเฉลี่ย 53.25 มิลลิลิตร แล้วเกิดช่องว่างของขวดบรรจุ จึงจำเป็นต้องเติมน้ำนมลงไปให้เต็มขวดอีกครั้ง สำหรับเครื่องแบบพัฒนาที่เวลา 30 วินาที จะมีการสูญเสียจากน้ำนมที่บรรจุเกินประมาณ 2 มิลลิลิตร หรือสามารถลดปริมาณการสูญเสียโดยเฉลี่ย 51.25 มิลลิลิตร

5 สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ ร่วมกับอ.ส.ค ภาคเหนือตอนบน สรุปผลการทดลองดังนี้

จากผลการเปรียบเทียบการทดลองในการบรรจุของเครื่องบรรจุน้ำนมขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเวลาที่ใช้บรรจุแบ่งออกเป็น 25 , 30 , 35 วินาที ผลการทดลองพบว่า เครื่องบรรจุสามารถบรรจุน้ำนมที่เวลา 25 วินาที ได้ 1668 มิลลิลิตร และไม่ถึงที่กำหนดของขวดบรรจุ ส่วนที่ 30 วินาที ได้ 2002 มิลลิลิตร สูญเสียที่ 2 มิลลิลิตร และส่วนที่ 35 วินาที ได้ 2335 มิลลิลิตร สูญเสียที่ 335 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นค่าเวลาที่เหมาะสมในการบรรจุคือที่ 30 วินาที

จากผลการเปรียบเทียบเวลา การบรรจุของเครื่อง แบบกึ่งอัตโนมัติ และ เครื่องแบบเดิม เครื่องที่พัฒนา ตั้งเวลาการบรรจุที่ 30 วินาทีต่อขวด สามารถบรรจุได้โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับขนาดขวดบรรจุ ส่วนเครื่องแบบเดิม จะต้องใช้เวลาบรรจุโดยเฉลี่ย 45 วินาทีต่อขวด ดังนั้นเครื่องที่พัฒนาใช้เวลาน้อยกว่าโดยเฉลี่ย 15 วินาที

จากผลการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตต่อชั่วโมง เครื่องที่พัฒนาสามารถบรรจุได้โดยเฉลี่ย 110 ขวด/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 660 ขวดในหนึ่งวัน ส่วนเครื่องแบบเดิมสามารถบรรจุได้โดยเฉลี่ย 80 ขวด/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 480 ขวดในหนึ่งวัน

ผลการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสีย น้ำนม เครื่องบรรจุแบบเดิมมีการสูญเสีย โดยเฉลี่ย 53.25 มิลลิลิตร เครื่องที่พัฒนาที่เวลา 30 วินาที จะมีการสูญเสียประมาณ 2 มิลลิลิตร หรือสามารถลดปริมาณการสูญเสียโดยเฉลี่ย 51.25 มิลลิลิตร

6.กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาเครื่องบรรจุภัณฑ์ขนาด 2000 มิลลิลิตร แบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดการสูญเสียน้ำนม ได้ดำเนินการสร้างและวิจัย จนลุล่วงสำเร็จด้วยดี ขอขอบคุณ ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง แผนกวิศวกรรมทุกท่าน ของสำนักงาน อ.ส.ค. ภาคเหนือตอนบน (เชียงใหม่) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ที่ได้สนับสนุน ให้หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ มีส่วนร่วมในการพัฒนา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำนมต่อไป และทางหลักสูตรความรู้ได้รับจากการพัฒนาสามารถนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้อง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปุ่น คงเจริญเกียรติและสมพร คงเจริญเกียรติ.(2541). *บรรจุภัณฑ์อาหาร*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่นจำกัด (มหาชน). สืบค้น 9/12/2566
จาก : https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_e/BKN_AGRO/
- [2] *การบรรจุของเหลวระบบแรงโน้มถ่วง*. สืบค้น 5/11/2566
จาก : <https://www.foodnetworkolution.com/wiki/word/3807/time-gravity-filling-machine>
- [3] *หัวบรรจุภัณฑ์ของเหลว*. สืบค้น 5/10 /2566
จาก : <https://www.mykinrecipe.com/hop/th/%>
- [4] *ระบบอุปกรณ์นิวเมติกส์*. สืบค้น 13/12/2566
จาก : <https://miumitechnical.com/technical/pneumatic/what-i-pneumatic-ytem/>
- [5] ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์.(2541).*ระบบ PLC*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น):สำนักพิมพ์ ส.ส.ท..
- [6] *Programmable logic controller, PLC*. สืบค้น 30/12/2566
จาก : <https://automation.riverplus.com/home/automation>

- [7] รุ่งเพชร สุวรรณ. (2557). การเพิ่มผลผลิตภาพในกระบวนการผลิต: การบรรจุน้ำนมข้าวโพด. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
สืบค้น 16/12/2566 จาก : <https://tdc.thailis.or.th/>)
- [8] กังวาล นาศุภรังษี. (2550). การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการบรรจุของเหลวด้วย เครื่องบรรจุกึ่งอัตโนมัติ, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, สืบค้น 16/12/2566
จาก<https://tdc.thailis.or.th/>

การออกแบบและสร้าง เครื่องล้างทำความสะอาดกล่องขนส่งไก่แบบกลม

นริศ อินตะวงค์^{1*} วุฒรากร ชัยวัฒน์พิพัฒน์²

^{1,2} หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
128 ถนน ห้วยแก้ว ตำบล ช้างเผือก อำเภอ เมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

^{1*} E-mail: narit@mutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 089-7009549

² E-mail: w_zero1971@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 081-6713152

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมตามความต้องการของบริษัท ฟาร์ม 9 ไก่ฟู้ดส์ จำกัด ซึ่งวิธีการทำความสะอาดแบบเดิมทำให้ซีไ้ไก่หลุดออกเฉลี่ย 4 กรัม/กล่อง หรือ 17.39% ของน้ำหนักซีไ้ไก่ที่ติดบนกล่องทั้งหมด ขั้นตอนการล้างใช้พนักงาน 5 คน เวลา 1,914 วินาที ใช้น้ำประมาณ 3,651 ลิตร/วัน และมีต้นทุน 0.321 บาท/กล่อง พบเชื้อจุลินทรีย์ 4,108 CFU/กล่อง ซึ่งเกินมาตรฐานทางจุลชีววิทยา เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมทำงานโดยล้างกล่องจับไก่ด้วยหัวฉีดน้ำ 80 หัว ส่งน้ำด้วยปั้ม 5 แรงม้า จ่ายน้ำ 200 ลิตร/นาที จำนวน 2 ตัว จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยน้ำผสมคลอรีน 50 PPM ฉีดพ่นด้วยหัวฉีด 40 หัว ส่งน้ำด้วยปั้ม 3 แรงม้า จ่ายน้ำ 150 ลิตร/นาที จำนวน 1 ตัว หลังจากนั้นกล่องจะถูกส่งออกสู่รถบรรทุก ผลการทดสอบพบว่า น้ำหนักซีไ้ไก่ที่หลุดออกเพิ่มขึ้น 15.5 กรัม หรือ 67.39% ลดขั้นตอนการล้างลง 1 ขั้นตอน ลดจำนวนพนักงานลง 3 คน ใช้เวลาล้างน้อยลง 17.55% เชื้อจุลินทรีย์บนกล่องลดเหลือ 948 CFU/ชิ้นภาชนะ หรือน้อยลง 76.92% และเชื้อจุลินทรีย์จากน้ำที่ตกค้างบนรถลดลง 68.96% แม้ต้นทุนการล้างเพิ่มเป็น 0.767 บาท/กล่อง แต่ผลการล้างผ่านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ผลการวิจัยสรุปว่า เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมมีประสิทธิภาพสูงในการทำมาสะอาดและลดเชื้อจุลินทรีย์ เหมาะสมกับการใช้งานในอุตสาหกรรมฟาร์มไก่และปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพในเชิงวิศวกรรมอุตสาหการ

คำสำคัญ : เครื่องล้างกล่องจับไก่, เครื่องทำความสะอาดกล่องไก่, เครื่องล้างกล่องไก่อัตโนมัติ, เครื่องล้างกล่องไก่ทรงกลม, อุปกรณ์ล้างกล่องจับไก่

Design and Construction of a Cleaner Machine for a Circular Chicken Transport Box.

Narit Intawong ^{1*}, Watcharakorn Chaiwattanapipat ²

^{1,2} Industrial Engineering Program, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna .128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

^{1*} E-mail: narit@rmutl.ac.th, Tel. 089-7009549

² E-mail: w_zero1971@hotmail.com Tel.081-6713152

Abstract

This research aims to design and build a circular crate washer according to the requirements of Farm 9 Chicken Foods Co., Ltd. The conventional cleaning method resulted in an average of 4 grams or 17.39% of chicken feces being shed from each crate, exceeding the microbiological quality standard. The circular crate washer operates by rinsing the crates with 80 water jets powered by two 5-horsepower pumps, delivering 200 liters of water per minute. Following this, the crates are disinfected with chlorine-mixed water at 50 parts per million, sprayed by 40 nozzles powered by a single 3-horsepower pump, delivering 150 liters of water per minute. Subsequently, the crates are sent to the truck for transport. Test results showed a 15.5-gram or 67.39% increase in shed chicken feces, reducing the washing steps by one, decreasing the workforce by three people, and reducing washing time by 17.55%. Bacterial counts on the crates decreased to 948 CFU per container, or 76.92% less, and bacterial counts in the water runoff from the truck decreased by 68.96%. Despite the increased washing cost to 0.767 baht per crate, the washing results met microbiological quality standards. The research concludes that the circular crate washer is highly efficient in cleaning and reducing bacterial contamination, suitable for use in the chicken farming industry, and improves production processes in industrial engineering contexts.

Keywords: Circular Chicken Box Washer, Poultry Cage Cleaning Machine, Automated Chicken Crate Cleaner, Round Chicken Box Sanitizer, Efficient Poultry Box Washing Equipment.

1. บทนำ

บริษัทฟาร์ม 9 ไร่ฟู้ดส์ จำกัด เป็นโรงงานที่มีกระบวนการเชื้อดองและไถ่ตั้งแต่การรับไถ่เข้าไปจนถึงการแยกชิ้นส่วนของไถ่ออกมา โรงงานจำเป็นต้องรับไถ่ประมาณ 15 คันต่อวัน หรือมากกว่า 38,000 ตัวต่อวัน และต้องใช้กล่องไถ่แบบกลมมากกว่า 6,400 กล่องต่อวัน กระบวนการล้างกล่องจับไถ่[5]แบบกลมใช้พนักงานจำนวน 5 คน โดยใช้วิธีการล้างด้วยการใช้น้ำฉีดพ่นล้างจากด้านบนของตัวรถบรรทุกด้วยหัวฉีดแรงดันจากด้านซ้ายและด้านขวาของตัวรถการทำความสะอาดด้วยการฉีดพ่นน้ำธรรมดาและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยน้ำผสมคลอรีนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการสะสมของจุลินทรีย์และโรคติดต่อในฟาร์มไถ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพดังรูปที่ 1 การพัฒนาเครื่องล้างกล่องจับไถ่แบบกลมเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการรักษาคุณภาพของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารตามเกณฑ์ทางจุลชีววิทยา โดยการลดความเสี่ยงของการติดเชื้อจากฟาร์มหนึ่งไปยังอีกฟาร์มหนึ่งได้



รูปที่ 1 กระบวนการล้างกล่องจับไถ่แบบกลม

สรุปดังนั้น เครื่องล้างกล่องจับไถ่แบบกลมเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยให้การผลิตอาหารปลอดภัยและมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น โดยลดความเสี่ยงของการติดเชื้อจากสัตว์ปีกที่มาจากฟาร์มนี้ไปยังอื่น ๆ [11] นอกจากนี้ยังเสริมสร้างความน่าเชื่อถือในคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารจากบริษัทฟาร์ม 9 ไร่ฟู้ดส์ จำกัด ในอนาคตอันใกล้อีกด้วย ดังนั้น การพัฒนาเครื่องล้างกล่องจับไถ่เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและควรได้รับการสนับสนุนอย่างเต็มที่ และเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องจักรและกระบวนการในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการล้างทำความสะอาดและมาตรฐานความสะอาดในการผลิตอาหารและอุตสาหกรรมในอนาคต สรุปเสร็จแล้ว เครื่องล้างกล่องจับไถ่แบบกลมเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญและสามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคทั่วไปได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบและสร้างเครื่องล้างกล่องจับไถ่แบบกลม เพื่อให้สามารถล้างทำความสะอาดกล่องจับไถ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสะสมของจุลินทรีย์และเชื้อโรค ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาสุขภาพของไถ่และป้องกันการแพร่กระจายของโรคระหว่างฟาร์มต่าง ๆ เครื่องล้างกล่องจับไถ่แบบกลมนี้มีขนาดความยาว 5 เมตร โดยออกแบบมาให้สามารถล้างกล่องจับไถ่ขนาดกว้าง 53 เซนติเมตร ยาว 73 เซนติเมตร และสูง 32 เซนติเมตร หัวฉีดน้ำผสมคลอรีนฆ่าเชื้อ[7] จะประกอบด้วยหัวฉีดน้ำสเปรย์ทรงพัดแบน รุ่น FT6505 ที่มีองศาสเปรย์ 65 องศา และหัวฉีดสเปรย์ทรงกรวย รุ่น QB5 ที่มีองศาสเปรย์ 58 องศา ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับกล่องกำหนดไว้ที่ 170 มิลลิเมตร เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำจะสามารถล้างทำความสะอาดกล่องไถ่ได้ทั่วถึงและมี

ประสิทธิภาพสูงสุด ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการใช้งานเครื่องล้างกล่องจับไก่อ้นี้คือ กล่องจับไก่อที่ผ่านการล้างจะสะอาดและปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งช่วยลดโอกาสการติดเชื้อระหว่างไก่และการแพร่กระจายของโรคจากฟาร์มหนึ่งไปยังอีกฟาร์มหนึ่ง ซึ่งการออกแบบเครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมนี้นี้จึงไม่เพียงแต่ช่วยในการทำความสะอาดกล่องจับไก่อเท่านั้น แต่ยังส่งผลดีต่อสุขภาพของไก่และความปลอดภัยของฟาร์มโดยรวมอีกด้วย การลดการสะสมของเชื้อโรคจะช่วยให้ไก่มีสุขภาพที่ดีขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากไก่ในที่สุด ทั้งนี้ การลดต้นทุนแรงงานยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของฟาร์ม ทำให้ฟาร์มสามารถบริหารจัดการทรัพยากรได้ดีขึ้นและลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น โดยสรุปเพื่อมุ่งหวังที่จะสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมนี้ออกมาเพื่อทำความสะอาดกล่องจับไก่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสะสมของจุลินทรีย์และเชื้อโรค และช่วยลดต้นทุนแรงงานในกระบวนการทำความสะอาด ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของไก่ และ ความปลอดภัยของฟาร์มในระยะยาวในอุตสาหกรรมอาหาร. [12] [15]

ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยนี้เน้นที่การปรับปรุงกระบวนการล้างกล่องจับไก่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้แนวคิดจากวิศวกรรมกระบวนการและการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร ทฤษฎีเหล่านี้เน้นที่การลดของเสีย เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

2.1 การประเมินผล การประเมินผลของงานวิจัยนี้ทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการล้างกล่องจับไก่อแบบ

ดั้งเดิมและการใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลม ประกอบด้วยการวัดและเปรียบเทียบในหลายด้าน ดังนี้:

- 2.1.1 ประสิทธิภาพการล้าง: โดยการวัดน้ำหนักของซีไก่อที่หลุดออกจากกล่อง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสิ่งสกปรกที่ถูกล้างออก
- 2.1.2 เวลาการทำงาน: โดยการวัดเวลาที่ใช้ในการล้างต่อกล่องและเปรียบเทียบระหว่างสองวิธี
- 2.1.3 จำนวนพนักงานที่ใช้: โดยการนับจำนวนพนักงานที่ต้องใช้ในการล้างกล่อง
- 2.1.4 ต้นทุนการล้าง: โดยการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการล้างกล่องในแต่ละวิธี
- 2.1.5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือ: โดยการเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากกล่องหลังการล้าง และนำน้ำล้างไปตรวจเชื้อ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

- 2.2.1 เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลม: ออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างกล่อง โดยใช้หัวฉีดน้ำแรงดันสูงและระบบหมุนกล่อง
- 2.2.2 ปืนน้ำแรงดันสูง: วิเคราะห์แรงดันที่ใช้ในการฉีดน้ำล้างกล่อง ซึ่งการจ่ายน้ำด้วยความดันสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้าง
- 2.2.3 เครื่องมือวัดน้ำหนัก: ใช้ในการวัดน้ำหนักของซีไก่อที่หลุดออกจากกล่อง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการล้าง
- 2.2.4 นาฬิกาจับเวลา: ใช้ในการวัดเวลาที่ใช้ในการล้างกล่อง
- 2.2.5 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์: ใช้ในการเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากกล่องและน้ำล้าง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเชื้อที่เหลือ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

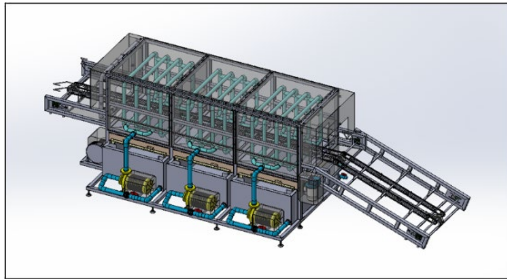
3.1. การออกแบบเครื่องมือวิจัย

การสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมนี้นั้นเน้นการจำลองการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้นเพื่อให้เข้าใจหลักการการทำงานและประเมินความเป็นไปได้ในการสร้าง โดยได้กำหนดรายละเอียดในการออกแบบตามเป้าหมายที่วางไว้ อุปกรณ์หลักประกอบด้วยโครงสร้างถังน้ำ ไซลิ่งเสียงใช้ต้นกำลังมอเตอร์ [1], ไซอินเวอร์เตอร์ [2] ,ปรับความเร็วรอบ ,ชุดหัวฉีด (Spray Nozzle) [3][7] ล้างกล่องไก่อ ,ชุดเป่าลม ,ชุดฝาครอบเครื่องล้างกล่องจับไก่อ [5] และชุดควบคุม หลังจากประเมินและทดสอบการทำงานของแต่ละส่วนแล้ว จะนำไปใช้เป็นต้นแบบในการสร้างเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมการเกษตร [14] ต่อไป

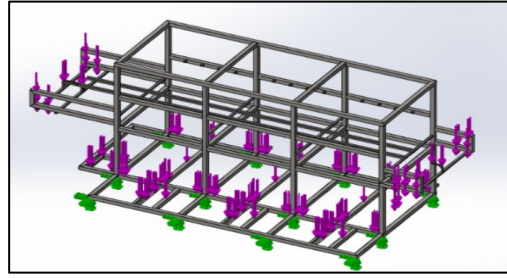
3.1.1 การวิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม SolidWorks

การวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยโปรแกรม Solid Works มีความสำคัญในการพัฒนาเครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลม โปรแกรมนี้สามารถจำลองการใช้งานเสมือนจริงเพื่อทดสอบก่อนการสร้างเครื่องต้นแบบ ช่วยให้ทราบถึงความสามารถในการรับแรงและระบุจุดบกพร่องของชิ้นส่วนต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถจำลองสภาวะต่าง ๆ เช่น การรับแรงกระแทก การบิดเบือน และการทนต่อแรงดันของน้ำ รวมถึงสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความร้อน ความชื้น หรือการสึกหรอจากการใช้งาน ผลการวิเคราะห์จะนำไปสู่การปรับปรุงและออกแบบใหม่ที่เหมาะสม ช่วยให้เครื่องล้างกล่องจับไก่อมีความทนทานและประสิทธิภาพสูงสุด ลดความเสี่ยงใน

การออกแบบและผลิตเครื่องที่มีข้อบกพร่อง ประหยัดเวลาและต้นทุนในการพัฒนาเครื่องนี้โดยสามารถปรับปรุงการออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามหลักของวิศวกรรมการผลิต [16] ได้ทันที ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม



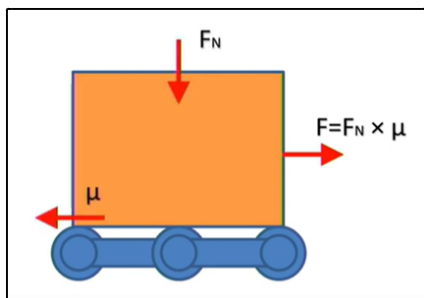
รูปที่ 3 โครงเครื่อง

3.1.2. โครงเครื่อง

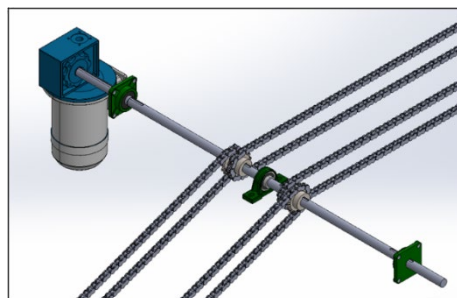
โครงเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมดังรูปที่ 3 ถูกออกแบบให้รองรับน้ำหนักและภาระทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ มอเตอร์ ชุดขับเคลื่อน ป้อนน้ำ [4] ชุดหัวฉีด ถังเก็บน้ำ น้ำ ชุดกรอง และชุดเป่าลม โครงเครื่องรับแรงจากมอเตอร์ 24.7 นิวตัน 4 จุด แรงจากชุดเสิร์ฟกล่องไก่ 230 นิวตัน 2 จุด แรงจากชุดเพลลาขับ 65 นิวตัน 3 จุด และแรงจากป้อนน้ำ 337 นิวตัน 1 จุด และ 376 นิวตัน 2 จุด นอกจากนี้ยังมีแรงจากชุดหัวฉีด 61 นิวตัน 24 จุด แรงจากน้ำรวมถึงเก็บน้ำและชุดกรอง 1438 นิวตัน 9 จุด และแรงจากชุดเป่าลม 122 นิวตัน 1 จุด โครงสร้างหลักทำจากแอสแตนเลสท่อเหลี่ยมขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ท่อเหลี่ยม 1 นิ้ว x 1 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร

3.1.3 ชุดเพลลาขับเคลื่อน

เครื่องล้างกล่องจับไก่ถูกออกแบบให้บรรจุกล่องจับไก่ได้สูงสุด 7 กล่อง โดยแต่ละกล่องมีน้ำหนักรวมประมาณ 35 กิโลกรัม โซ่ลำเลียงจึงต้องรับน้ำหนักทั้งหมด 35 กิโลกรัม การคำนวณขนาดโซ่ลำเลียงที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญเพื่อป้องกันไม่ให้โซ่ขาดหรือใช้โซ่ที่มีคุณสมบัติและราคาสูงเกินความจำเป็น จากการวิเคราะห์แรงที่กล่องจับไก่แบบกลมกระทำกับโซ่ หาได้จากสมการการที่ 1



รูปที่ 4 การหาแรงดึงโซ่ลำเลียง



รูปที่ 5 การออกแบบระบบโซ่

จากรูปที่ 3 เพื่อหาแรงดึงโซ่ลำเลียง:

$$\text{แรงดึงโซ่ลำเลียง } F = (mg)(\mu) (SF) \dots\dots\dots(1)$$

- โดย F = แรงดึงโซ่ลำเลียง
 m = มวลกล่องจับไก่ที่โซ่ต้องรับ
 g = แรงโน้มถ่วงของโลก
 μ = ค่าความเสียดทานวัสดุ
 SF = ค่าความปลอดภัย

แทนค่าในสมการ $F = (35\text{kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2) (0.3) (1.3)$
 $F = 133.906\text{N} \approx 0.13\text{kN}$

จากการเปิดตารางวัสดุ จะต้องใช้โซ่ขนาด 35 ที่รับแรงดึงสูงสุดได้ที่ 0.26kN แต่เนื่องด้วยโซ่ ดังรูปที่ 5 ที่ทางโรงงานใช้เป็นปกติจะเป็นโซ่ขนาด 40 ซึ่งจะง่ายกว่าในการสำรองวัสดุอุปกรณ์ในการบำรุงรักษาซ่อมแซม ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงตัดสินใจใช้โซ่ลำเรียงขนาด 40 และเนื่องจากพื้นที่ภายในเครื่องที่จำกัดจึงเลือกใช้เฟืองขนาด 15 ฟัน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48.82mm ในการสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม

3.2 การดำเนินการสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม

3.2.1 ขั้นตอนการสร้างโครงเครื่องล้าง

โครงของเครื่องล้างเป็นส่วนที่มีหน้าที่รับน้ำหนักของถังเก็บน้ำและเฟืองขับ ซึ่งจำเป็นต้องมีความแข็งแรงและทนทาน เพื่อให้โครงสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม การวางแผนการสร้างโครงจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้มั่นใจว่าโครงจะสามารถรับน้ำหนักและทนทานต่อการใช้งานได้อย่างเหมาะสม เริ่มต้นด้วยการใช้ สแตนเลสกล่องขนาด 2X2 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร แบ่งเป็นชิ้นยาวตามข้อกำหนดดังนี้

จากนั้นนำสแตนเลสกล่องขนาด 1X1 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร มาตัดเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อโครง ตามรูปที่ 6

3.2.2 ขั้นตอนการสร้างถังเก็บน้ำและกรองน้ำ

ส่วนประกอบสำคัญประกอบด้วยถังเก็บน้ำ, ชุดกรองเข้าบีม, ชุดกรองละเอียด, ชุดกรองหยาบ, และถาดรองน้ำ

ส่วนที่ 1: ถังเก็บน้ำ ใช้สแตนเลสแผ่นพับเพื่อสร้างถังขนาด 1,000 x 1,400 x 500 มิลลิเมตร โดยมีรูขนาด 52 มิลลิเมตร 2 รู สำหรับการเชื่อมเข้าด้วยกัน



รูปที่ 6 ถังเก็บน้ำ



รูปที่ 7 ชุดกรองเข้าบีม

ส่วนที่ 2: ชุดกรองเข้าบีม ประกอบด้วยโครงกรองเข้าบีม, ตะแกรงเข้าบีม, แผ่นยึดตะแกรงหยาบ, และลูกรีเวท 5-4 เพื่อยึดตัวตะแกรงหยาบกับแผ่นยึดตะแกรงหยาบดังรูปที่ 7.

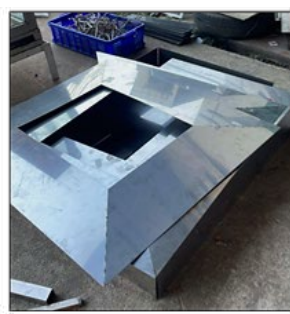
ส่วนที่ 3: ชุดกรองละเอียด ประกอบด้วยโครงกรองละเอียด, แผ่นยึดตะแกรงละเอียด, ตะแกรงละเอียด, และลูกรีเวท 5-4 เพื่อยึดตัวตะแกรงละเอียดกับแผ่นยึดตะแกรงละเอียดดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ชุดกรองละเอียด



รูปที่ 9 ชุดกรองหยาบ



รูปที่ 10 ถาดรองน้ำ

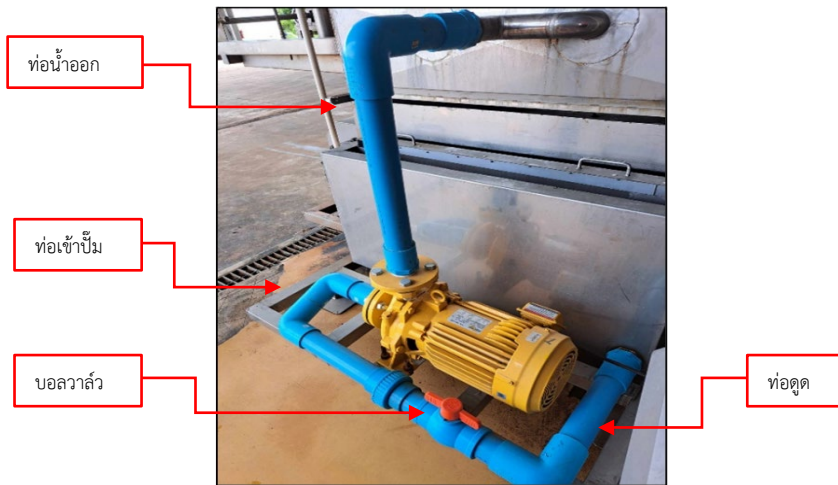
ส่วนที่ 4: ชุดกรองหยาบ ประกอบด้วยโครงกรองหยาบ, ตะแกรงหยาบ, แผ่นยึดตะแกรงหยาบ, และลูกรีเวท 5-4 เพื่อยึดตัวตะแกรงหยาบกับแผ่นยึดตะแกรงหยาบ ดังรูปที่ 9

ส่วนที่ 5: ถาดรองน้ำดังรูปที่ 10 ประกอบด้วยสแตนเลสแผ่นที่ตัดเฉียงเพื่อสร้างถาดขนาดต่างๆ และเชื่อมเข้าด้วยกัน

3.2.3 ขั้นตอนการสร้างชุดหัวฉีดล้างกล่องและชุดบีม ดังรูปที่ 11 มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้:

1. ท่อดูด: ประกอบด้วยข้อต่อตรงเกลียวในและข้อต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้นแต่ละอย่าง

2. บอลวาล์ว: ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 4 ชิ้น
3. ท่อเข้าปั๊ม: ประกอบด้วยข้อตรงเกลียวนอกและข้ออขนานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 1 และ 2 ชิ้นตามลำดับ



รูปที่ 11 ชุดปั๊ม

4. ท่อน้ำออก: ประกอบด้วยข้อตรงเกลียวนอกและข้ออขนานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และข้อตรงเกลียวในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 1 และ 1 ชิ้นตามลำดับ

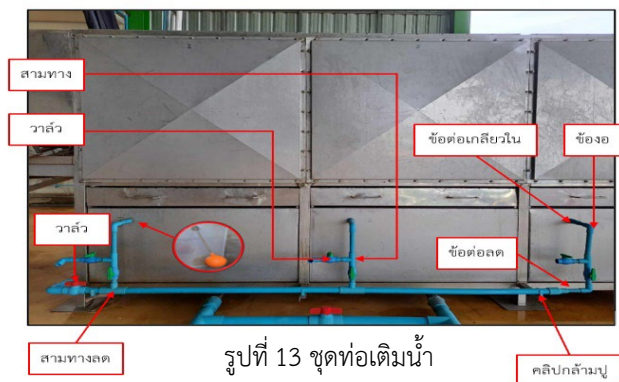


รูปที่ 12 ท่อหัวฉีด



รูปที่ 13 ชุดท่อน้ำทิ้ง

5. ท่อหัวฉีด: มีท่อสแตนเลสหลายขนาดที่ตัดเป็นชิ้นยาวต่าง ๆ และข้ออ เพื่อสร้างหัวฉีด โดยมีการเจาะรูขนาด 1/4 นิ้ว จำนวน 12 รู ดังรูปที่ 12
6. ชุดท่อน้ำทิ้ง: ประกอบด้วยข้อตรงเกลียวในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และข้อต่อสามทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ตามด้วยบอลวาล์วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 4 ชิ้น ดังรูปที่ 13

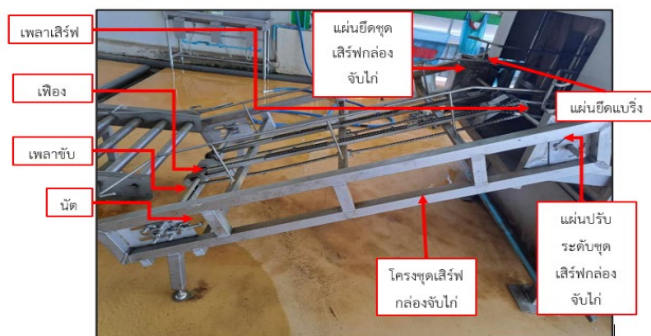


รูปที่ 13 ชุดท่อเติมน้ำ

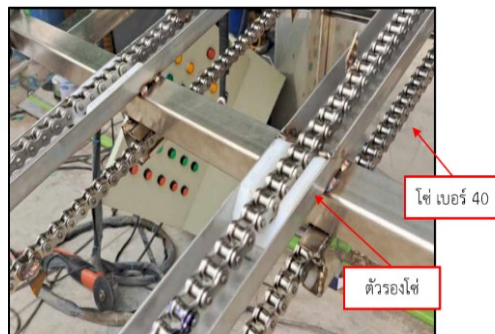
7. ชุดท่อเติมน้ำ: ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น วาล์ว, สามทางลด, ข้อต่อลด, ข้องอ, วาล์ว, สามทาง, ข้อต่อเกลียวใน, คลิปกล้ามปู, และลูกกลอย ดังรูปที่ 13

3.2.4 ขั้นตอนการสร้างชุดโซ่ลำเลียงกล่องจับไก่

ขั้นตอนการสร้างชุดโซ่ลำเลียง[9] กล่องจับไก่ เริ่มต้นจากการประกอบด้วยส่วนสำคัญหลักๆดังรูปที่ 15และ 16



รูปที่ 14 ชุดโซ่ลำเลียงกล่องจับไก่



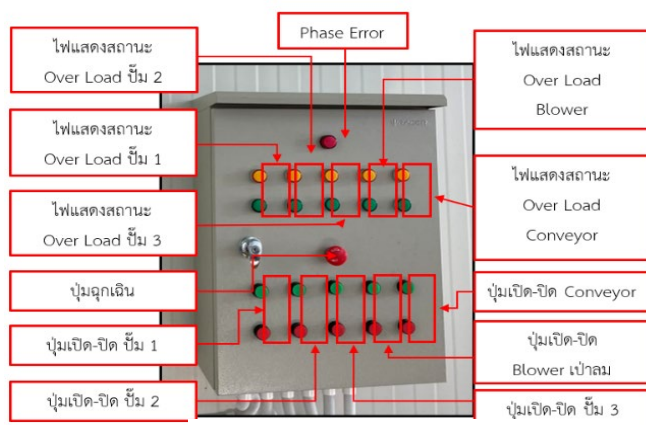
รูปที่ 15 ระบบโซ่ลำเลียงกล่องจับไก่

3.2.5 ขั้นตอนการสร้างชุดเป่าลมและฝาครอบ ดังรูปที่ 16 สร้างและประกอบส่วนสำคัญหลักๆ อันได้แก่ ท่อเป่าลม ท่อสแตนเลส ,ริงโบลเวอร์ [8] ขนาด 2 แรง,ท่อดูด,หัวฉีดเป่าลม Clamp Clip ,หัวฉีดสเปรย์บอล รุ่น CMP ,Pipe Clamp และ ฝาครอบเป่าลม



รูปที่ 16 ชุดเป่าลมและฝาครอบ

3.3 ขั้นตอนการสร้างชุดตู้ควบคุม



รูปที่ 17 ตู้ควบคุมการทำงาน

ชุดควบคุมการทำงานเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม ได้คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งาน รวมถึงการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่อุปกรณ์ควบคุมที่ได้เลือกมาใช้งาน จะถูกติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมและเป็นไปตามมาตรฐาน [17] ดังรูปที่ 17

3.4 ขั้นตอนการทดลองของเครื่องล้างกล่องจับไก่กลม

ในการออกแบบและสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมขึ้นมานั้นจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดโดยมีปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญในการทำงานของเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมรวมถึงอุปกรณ์ และขั้นตอนในการทดลอง

3.4.1 เปรียบเทียบเวลาการทำงานแบบเดิมกับแบบใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม เก็บตัวอย่าง Flow Chart วิธีการล้างกล่องจับไก่แบบเดิมของโรงงานสร้างตาราง Flow Chart บันทึกขั้นตอนการการล้างกล่องจับไก่แบบเดิมของ โรงงานแล้วจึงทำการจับเวลาในแต่ละขั้นตอนการทำงานและ เปรียบเทียบกับเก็บตัวอย่างวิธีการล้างกล่องจับไก่แบบใหม่

3.4.2 ทดลองเพื่อหาค่าความเข้มข้นของคลอรีน[10] [18] น้ำผสมคลอรีนที่ใช้ในขั้นตอนฆ่าเชื้อ จะผสมคลอรีน 1 หน่วยต่อ น้ำ 100 หน่วย จะได้ความเข้มข้นของคลอรีนที่ 50ppm เนื่องจากระบบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมเป็นระบบน้ำวนเมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง ความเข้มข้น ของน้ำผสมคลอรีนจะมีค่าลดลงจึงต้องทำการเก็บผลเพื่อหาระยะเวลาที่ต้องเติมน้ำยาคลอรีนไม่ให้น้ำผสมคลอรีนมีค่าความเข้มข้นที่ต่ำเกินไป

3.4.3 ทดลองหาประสิทธิภาพการล้างโดยใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม โดยวิธีการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการล้าง โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบเดิมและแบบใหม่ใช้เครื่องล้าง

3.4.4 ทดสอบผลการตกค้างของเชื้อจุลินทรีย์ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยการ เก็บผลเชื้อจุลินทรีย์จากกล่องจับไก่ที่ผ่านเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม โดยจะเก็บผลตามระยะของกล่องจับไก่เริ่มจากกล่องที่ 1, 240, 480 และน้ำที่ตกค้างบนรถ

นำมาเก็บผลเชื้อและจดบันทึกเพื่อทดสอบของเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมว่าสามารถทำ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้หรือไม่ และ ส่งตัวอย่างเชื้อให้แล็บของโรงงานตรวจเชื้อเพื่อยืนยันผลการทดสอบ

3.4.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยการ หาค่าใช้จ่ายทั้งหมด,ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและต้นทุนในการล้างกล่องจับไก่โดยใช้คนเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องล้าง

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 เปรียบเทียบเวลาการทำงานแบบเดิมกับแบบใช้เครื่องล้าง

จากการเก็บตัวอย่างและสร้าง Flow Chart เปรียบเทียบเวลาการทำงานแบบเดิมดังรูปที่ 18 กับแบบใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม ดังรูปที่ 19 ผลที่ได้เป็นไปตามตารางที่ 18 และ 19 ตามลำดับ



รูปที่ 18 การล้างแบบเดิม



รูปที่ 19 วิธีการล้างกล่องจับไก่แบบกลมแบบใช้เครื่องล้าง

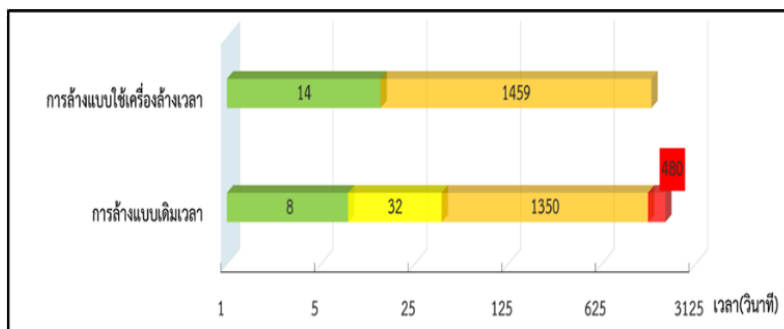
ตารางที่ 1 Flow Chart วิธีการล้างซีไ้แบบเดิมของโรงงาน

ขั้นตอนที่	กระบวนการ	จำนวน (กล่อง)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	จำนวนพนักงาน (คน)
1	ขนกล่องซีไ้ลงจากรถ	8	17	○ → □ △	2
2	ป้อนกล่องซีไ้เข้าเครื่องล้าง	1	4	● → □ △	2
3	ลำเลียงไปยังจุดแขวนไ้	1	21	○ → □ △	0
4	แขวนไ้	1	20	● → □ △	3
5	ลำเลียงไปยังจุดเรียงกล่องซีไ้	1	8	○ → □ △	0
6	เรียงกล่องซีไ้	8	32	● → □ △	2
7	ลำเลียงกล่องซีไ้ขึ้นรถ	513	1,350	○ → □ △	2
8	ล้างกล่องไ้	513	480	● → □ △	1
	รวม		1,932	4 4 - -	12

ตารางที่ 2 Flow Chart วิธีการล้างแบบใช้เครื่องล้าง

ขั้นตอนที่	กระบวนการ	จำนวน (กล่อง)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	จำนวนพนักงาน (คน)
1	ขนกล่องซีไ้ลงจากรถ	8	17	○ → □ △	2
2	ป้อนกล่องซีไ้เข้าเครื่องล้าง	1	4	● → □ △	2
3	ลำเลียงไปยังจุดแขวนไ้	1	21	○ → □ △	0
4	แขวนไ้	1	20	● → □ △	3
5	ลำเลียงไปยังเครื่องล้างกล่องซีไ้	1	14	○ → □ △	0
6	ล้างกล่องซีไ้และลำเลียงกล่องซีไ้ขึ้นรถ	513	1,459	● → □ △	2
	รวม		1,595	3 3 - -	9

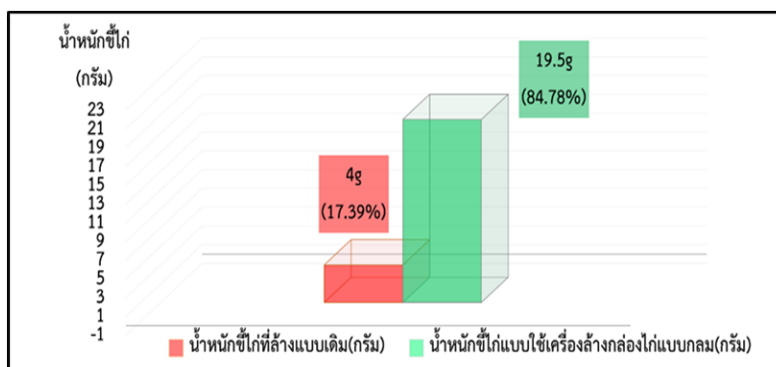
จากตารางที่ 1 แสดง Flow Chart กระบวนการต่างๆของวิธีการล้างซีไ้แบบวิธีการล้างเดิมของโรงงาน ตั้งแต่การลำเลียงกล่องลงจากรถจนไ้จะใช้เวลาอยู่ในการลำเลียงลงจากรถบรรทุกอยู่ที่ 17 วินาทีต่อจำนวนกล่อง 8 กล่อง ขั้นตอนที่ 2 จะใช้เวลาในการลำเลียง 4 วินาที/กล่อง ขั้นตอนที่ 3 ลำเลียงไปยังจุดแขวนไ้ใช้เวลา 21 วินาที/กล่อง ขั้นตอนที่ 4 จะใช้เวลาแขวนไ้ 20 วินาที/กล่อง ขั้นตอนที่ 5 ลำเลียงไปยังจุดลำเลียงกล่องซีไ้ใช้เวลาอยู่ไ้ 8 วินาที/กล่อง ขั้นตอนที่ 6 เรียงกล่องซีไ้ 32 วินาทีต่อจำนวนกล่องไ้ 8 กล่อง ขั้นตอนที่ 7 เรียงกล่องซีไ้ขึ้นรถ 513 กล่องใช้เวลาลำเลียงอยู่ไ้ 1,350 วินาที ขั้นตอนที่ 8 ล้างกล่องซีไ้ ใช้เวลาล้างอยู่ไ้ 480 วินาที หรือ 8 นาที/คน รวม 8 ขั้นตอนจะใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ทั้งหมด 1,932 วินาที และใช้จำนวนพนักงานทั้งหมด 12 คน ในการดำเนินวิธีการต่างๆ ตามตำแหน่งที่จัดโรงงานจัดไ้ให้



แผนภูมิที่ 1 การเปรียบเทียบเวลาและการทำงานของเครื่องล้างกล่องซีไ้แบบกลม

แผนภูมิที่ 1 จากการเก็บผลและเปรียบเทียบ Flow Chart วิธีการล้างแบบวิธีการเดิมตารางที่ 1 กับวิธีการใช้เครื่องล้างกล่องซีไ้แบบกลมตารางที่ 2 แบบเดิมของโรง พบว่า สามารถลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานไ้ได้ 2 ขั้นตอน และยังสามารถลดจำนวนพนักงาน 3 คน โดยใช้เวลาในระบบการล้างที่น้อยกว่าวิธีการล้างแบบเดิมของโรงงาน 337 วินาทีต่อคันรถ หรือคิดเป็น 0.66 วินาทีต่อกล่อง หรือคิดเป็น 17.55%

4.2 ทดลองหาประสิทธิภาพการล้างโดยใช้เครื่องล้างกล่องซีไ้แบบกลม



แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างของน้ำหนักรับที่หลุดออกจากกล่องซีไ้แบบกลม

จากการเปรียบเทียบตามแผนภูมิที่ 2 ระหว่างการล้างกล่องไก่แบบกลมแบบเดิมของโรงงานกับแบบใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม พบว่า การใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมตามแท่งกราฟสีเขียวมีการหลุดของซีไ้ไก่ ที่มากกว่าวิธีการล้างกล่องไก่แบบกลมแบบเดิมของโรงงานที่เป็นแท่งกราฟสีแดงเฉลี่ย 15.5 กรัมต่อกล่อง หรือคิดเป็น 67.39%

4.4 ผลการทดลอง การทดสอบผลการตกค้างของเชื้อจุลินทรีย์ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

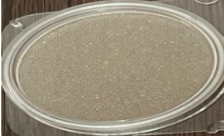
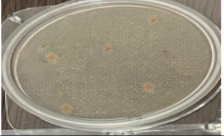
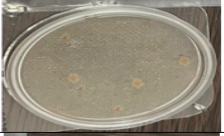
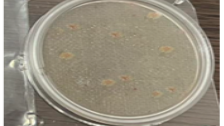
เนื่องจากการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ตามแบบของโรงงานมีค่าใช้จ่ายสูง ทางคณะผู้จัดตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการตรวจเชื้อเองคร่าวๆก่อน เมื่อได้ผลที่น่าพึงพอใจแล้วจึงจะส่งตัวอย่างให้โรงงานส่งตรวจแลปเพื่อยืนยันผลการทดสอบ โดยทางคณะผู้จัดทำได้ทำการกำหนดการเก็บตัวอย่างผลเชื้อจุลินทรีย์จากวิธีการล้างแบบเดิมของโรงงานเป็น 4 ตัวอย่างดังนี้ การเก็บผลจากกล่องที่ไม่ได้ล้าง การเก็บผลจากกล่องที่ล้างแบบเดิมของโรงงาน การเก็บผลจากกล่องที่ล้างเศษซีไ้ไก่ออกทั้งหมด และการเก็บผลจากน้ำที่ตกค้างบนรถบรรทุก

ตารางที่ 3 การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากวิธีการล้างแบบเดิมของโรงงาน

รายการ	รูป	จำนวนจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์/ ชิ้นภาชนะ
กล่องที่ไม่ล้าง		34 CFU/100cm ²	5,372 CFU
กล่องที่ล้างแบบเดิมของโรงงาน		26 CFU/100cm ²	4,108 CFU
กล่องที่ล้างเศษซีไ้ไก่ออกทั้งหมด		12 CFU/100cm ²	1,896 CFU
น้ำที่ตกค้างบนรถบรรทุก		29 CFU/1ml	-

จากตารางที่ 3 การเก็บตัวอย่างเชื้อโรจุลินทรีย์ที่ติดอยู่กล่องจับไก่ที่ไม่ได้ล้าง พบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์อยู่ที่ 34 CFU ต่อ100cm² หรือประมาณ 5,372 CFUต่อกล่อง จากกล่องที่ล้างด้วยวิธีการล้างแบบเดิมของโรงงาน พบว่ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์อยู่ที่ 26 CFUต่อ100cm² หรือประมาณ 4,108 CFUต่อกล่อง จากกล่องที่ล้างเศษซีไ้ไก่ออกทั้งหมด พบว่ามีเชื้อที่ติดอยู่ที่บริเวณกล่องอยู่ที่ 12 CFUต่อ100cm² หรือประมาณ 1,896 CFUต่อ ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่อง เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร[6] และภาวะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 หน้าที่ 6 ระบุไว้ว่า ภาวะสัมผัสอาหาร ต้องพบจุลินทรีย์น้อยกว่า 1,000 CFUต่อชิ้นภาชนะ ซึ่งหมายความว่าต่อให้ทำการล้างกล่องจับไก่ให้ซีไ้ไก่หลุดออกทั้งหมดก็ยังไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยา [13] ของอาหารและภาวะสัมผัสอาหาร

ตารางที่ 4 เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากกล่องจับไก่ที่ผ่านเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม

รายการ	รูป	จำนวนจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์/ ชิ้นภาชนะ
กล่องที่ 1		0 CFU/100cm ²	0 CFU
กล่องที่ 240		6 CFU/100cm ²	948 CFU
กล่องที่ 480		6 CFU/100cm ²	948 CFU
น้ำที่ตกค้างบน รถบรรทุก		9 CFU/1ml	-

จากการเก็บตัวอย่างเชื้อจากกล่องจับไก่แบบกลมที่ผ่านเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมตามตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมในการล้างกล่องจับไก่แบบกลมมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อมากพอที่จะจำกัดจำนวนเชื้อให้ไม่เกิน 1,000 CFU ต่อชิ้นภาชนะ หรือ 6.33 CFU ต่อ 100cm² ผลเชื้อสูงสุดที่ตรวจพบจะมีจำนวน 948 CFU ต่อชิ้นภาชนะ ซึ่งพบเชื่อน้อยกว่าวิธีล้างแบบเดิม 76.92% และยังทำให้จำนวนเชื้อที่ตรวจพบจากน้ำที่ตกค้างบนรถบรรทุกเพียง 9 CFU ต่อ 1ml หรือลดลง 68.96%

4.5 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

4.5.1 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลมในการสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม จะมีค่าใช้จ่ายและต้นทุนสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม สนับสนุนโดย บริษัท ฟาร์ม 9 ไก่ ฟู้ดส์ จำกัด รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด 222,000 บาท อีกทั้งการใช้งานในทุกๆ วันจะมีค่าเสื่อมราคาของเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม โดยมีการคำนวณต้นทุนการก่อสร้าง [19] แสดงดังต่อไปนี้

$$4.5.2 \text{ ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร , ค่าเสื่อมราคา} = (B - SV) / N$$

เมื่อ B คือ ราคาต้นทุนสินทรัพย์ มีหน่วยเป็นบาท
SV คือ ราคาขายสินทรัพย์เมื่อหมดอายุ มีหน่วยเป็นบาท
N คือ อายุการใช้งาน 5 ปี

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = (222,019.8 - 22,201.9) / 5 = 39,963.58 \text{ บาทต่อปี หรือ } 128.09 \text{ บาทต่อวัน}$$

4.5.3 ต้นทุนในการล้างกล่องจับไก่โดยใช้คน

การคำนวณต้นทุนในการดำเนินงานและค่าใช้จ่ายเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม โดยพิจารณาจากการใช้คนงาน 5 คน ล้างกล่องจับไก่จำนวน 6,488 กล่อง ล้างด้วยปั้มน้ำ[4] ลูกสูบแรงดันรุ่น TF-45A ที่มีปริมาณการใช้น้ำ 3,651.34 ลิตรต่อวัน และใช้เวลาเฉลี่ยในการล้าง 3.64 วินาทีต่อกล่อง เท่ากับ 0.321 บาทต่อกล่อง

วิธีการล้างกล่องจับไก่โดยใช้คนล้างมีต้นทุนในการล้าง 0.321 บาทต่อกล่อง แต่ไม่สามารถทำความสะอาดได้มากพอที่จะทำให้ผ่านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาได้

4.5.4 ต้นทุนในการใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม

การคำนวณต้นทุนในการดำเนินงานและค่าใช้จ่ายเครื่องล้างกล่องจับไก่แบบกลม โดยพิจารณาจากการใช้คนงาน 2 คน ล้างกล่องจับไก่จำนวน 6488 กล่อง ปั้มน้ำ[4] รุ่น WCM-3705FT 5HP 2ตัว รุ่น WCM-2205FT 3HP 1ตัว มอเตอร์เกียร์ NMRV050 1/2HP เป็นระบบน้ำวนเปลี่ยนถ่ายน้ำ 1 ครั้งต่อวันที่มีอัตราการใช้น้ำ 3,192 ลิตรต่อวันและใช้คลอรีน 140 ลิตร/วัน

เวลาเฉลี่ย 2.86 วินาทีต่อการล้าง 1 กล่อง เท่ากับ 0.767บาทต่อกล่อง ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นต่อกล่องเมื่อใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลม = $0.767 - 0.321 = 0.446$ บาทต่อกล่อง โดยวิธีการล้างกล่องจับไก่อโดยใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลม มีต้นทุนในการล้างสูงขึ้น 0.446 บาทต่อกล่อง แต่สามารถทำความสะอาดได้มากกว่าที่จะทำให้ผ่านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาได้

4.6 การวิเคราะห์ผล

การเปรียบเทียบเวลาการทำงาน ผลการทดลองพบว่าการใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมสามารถลดเวลาการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยลดเวลาการทำงานลงถึง 337 วินาทีต่อคันรถ คิดเป็น 17.55% เมื่อเทียบกับวิธีการล้างแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังลดจำนวนพนักงานที่ต้องใช้ในกระบวนการล้างลงได้ถึง 3 คน ช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

ประสิทธิภาพการล้าง ผลการวิเคราะห์น้ำหนักรังไข่ที่หลุดออกจากกล่องหลังการล้างพบว่า เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมสามารถล้างรังไข่ได้ออกได้เฉลี่ย 19.5 กรัม หรือคิดเป็น 84.78% ของปริมาณรังไข่ทั้งหมด ซึ่งมากกว่าวิธีการล้างแบบดั้งเดิมถึง 67.39% แสดงถึงประสิทธิภาพในการล้างที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

การลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์พบว่า เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเชื้อสูงสุดที่ตรวจพบอยู่ที่ 948 CFU ต่อชิ้นภาชนะ ลดลงจากวิธีการล้างแบบดั้งเดิมถึง 76.92% และในน้ำที่ตกค้างบนรถลดเหลือ 9 CFU ต่อ 1 มิลลิลิตร ลดลงจากวิธีดั้งเดิมถึง 68.96% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

การประเมินต้นทุนการล้าง ต้นทุนการสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมอยู่ที่ 222,020 บาท และค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร 39,963.58 บาทต่อปี ทำให้ต้นทุนในการล้างเพิ่มขึ้นเป็น 0.767 บาทต่อกล่อง ซึ่งมากกว่าวิธีการล้างแบบดั้งเดิม 0.446 บาทต่อกล่อง แม้ว่าต้นทุนจะสูงขึ้น แต่ประสิทธิภาพในการล้างและการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้กระบวนการนี้คุ้มค่าในระยะยาว

5. สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างและทดสอบเครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลม ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์และเปรียบเทียบกับวิธีการล้างแบบเดิมของโรงงาน ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้:

เมื่อเปรียบเทียบเวลาการทำงานระหว่างวิธีการล้างแบบเดิมกับการใช้เครื่องล้างกล่อง พบว่าสามารถลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานได้ 1 ขั้นตอน ลดจำนวนพนักงานได้ 3 คน และลดเวลาการทำงานได้ 337 วินาทีต่อคันรถ หรือคิดเป็น 17.55% ของเวลาการทำงานเดิม ในด้านประสิทธิภาพการล้าง จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักรังไข่ พบว่า การใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมทำให้น้ำหนักรังไข่ที่หลุดออกจากกล่องเฉลี่ยอยู่ที่ 19.5 กรัม หรือคิดเป็น 84.78% ของปริมาณรังไข่ทั้งหมด ซึ่งมากกว่าวิธีการล้างแบบเดิมถึง 67.39% ในการเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า การใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจำนวนเชื้อสูงสุดที่ตรวจพบอยู่ที่ 948 CFU ต่อชิ้นภาชนะ ลดลงจากวิธีการล้างแบบเดิมถึง 76.92% และในน้ำที่ตกค้างบนรถลดเหลือ 9 CFU ต่อ 1 มิลลิลิตร ซึ่งลดลงจากวิธีเดิมถึง 68.96% อย่างไรก็ตาม ควรส่งตัวอย่างให้ห้องแล็บของโรงงานตรวจเชื้อเพื่อยืนยันผลอีกครั้ง ในด้านการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนการสร้างเครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมอยู่ที่ 222,020 บาท ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรอยู่ที่ 39,963.58 บาทต่อปี และต้นทุนในการล้างเพิ่มขึ้นเป็น 0.767 บาทต่อกล่อง ซึ่งมากกว่าวิธีเดิมถึง 0.446 บาทต่อกล่อง

สรุปได้ว่า การใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการล้างกล่องจับไก่อ ลดเวลาการทำงาน ลดจำนวนพนักงาน และลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แม้ต้นทุนจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นทำให้เป็นทางเลือกที่ดีในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมไก่สด อย่างไรก็ตาม แม้ว่าต้นทุนในการล้างจะสูงขึ้น 0.446 บาทต่อกล่อง แต่การใช้เครื่องล้างกล่องจับไก่อแบบกลมสามารถทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำให้ผ่านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาได้

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ ขอขอบคุณ คุณพงษ์จันท์ เจริญรัมย์ ประธาน บริษัท ฟาร์ม 9 ไก่ฟู้ดส์ จำกัด ที่คอยสนับสนุนให้ด้านกำลังทรัพย์ ส่งผลให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

1. อินเวอร์เตอร์. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 16 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก: <https://www.mmthailand.com/inverter>
2. มอเตอร์. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 16 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก:
<https://www.nanasupplier.com/KpbGroup/p>
3. Spray Nozzle. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 16 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก: <https://www.thaispraynozzle.com/>
4. ปืนน้ำ. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 16 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก: <https://itoolmart.com/product/7ia69/>
5. กล่องจับไก่พลาสติก รุ่นมาตรฐาน. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 16 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก:
<https://www.mitrkasetphand.com/17273614/>
6. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 25 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก:
<http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/index.php/bio/>
7. หัวฉีด. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 25 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก:
<https://misumitechnical.com/technical/tools/type-of-nozzle/>
8. ริงโบลเวอร์. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 25 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก: <https://industrypro.co.th/knowledge-gearing-blower-root-blower/>
9. ระบบลำเลียง. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 27 ตุลาคม 2564. สืบค้นจาก:
<https://www.boschrexroth.com/en/th/industrial-automation/>
10. คลอรีน. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มกราคม 2565. สืบค้นจาก: <https://www.hydroproperty.com/>
11. กิติกร มีทรัพย์. (2563). การจัดการฟาร์มสัตว์ปีก. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิชาการ.
12. สมชาย วัฒนา. (2562). วิศวกรรมกระบวนการในอุตสาหกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
13. นภาพร สงวนธรรม. (2561). จุลชีววิทยาอาหาร. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
14. วิชัย พิษิตชัย. (2560). เครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมการเกษตร. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
15. อำนวย วงศ์สุข. (2559). การสุขาภิบาลในอุตสาหกรรมอาหาร. นครราชสีมา: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
16. สมบัติ อุดมกิจ. (2558). วิศวกรรมการผลิต. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
17. นรินทร์ ศักดิ์สิทธิ์. (2557). การออกแบบระบบควบคุมในโรงงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
18. พิมพ์ใจ ทวีสุข. (2556). เครื่องทำความสะอาดและฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมอาหาร. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
19. ทวีศักดิ์ สังข์ทอง. (2554). การประเมินต้นทุนและประสิทธิภาพในอุตสาหกรรม. ภูเก็ต: มหาวิทยาลัยภูเก็ต.

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ เครื่องปั้นดินเผา ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา บริษัท สยามศิลาดล

รัชนีวรรณ สันลาด^{1*} จุราพรณ พิมูลชาติ¹

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

* ratchaneewan.s@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและเก็บข้อมูลขั้นตอนกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ด้วยแผนภูมิการไหล พบว่าเกิดเวลารอคอยที่กระบวนการแม่พิมพ์ต้นแบบ ที่ต้องใช้แรงงานฝีมือที่ปราณีตในการแกะสลักกลดลาย แต่ในช่วงจะขาดแรงงานฝีมือ ซึ่งบางครั้งอาจมีการผลิตเปลี่ยนแรงงานที่มีอายุ ทำให้ลักษณะการทำงานที่ไม่คงที่ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เครื่องปั้นดินเผา กรณีศึกษา บริษัท สยามศิลาดล โดยใช้ทฤษฎี Why-Why Analysis วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ใช้หลักการ ECRS ช่วยออกแบบแนวคิดการทำแม่พิมพ์ต้นแบบ ด้วยเครื่องปั้น 3 มิติ และแนวคิดการเคลือบผิวด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flex Sim และวิเคราะห์การลงทุนด้วยหลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม จากการเสนอแนวทางแก้ไขที่ให้ความคุ้มค่าการลงทุนพบว่า ที่กระบวนการแม่พิมพ์ต้นแบบมีการลงทุนสำหรับเครื่องปั้น 3 มิติ สามารถลดจำนวนพนักงานจากเดิม 4 คน เหลือ 2 คน ลดค่าใช้จ่ายลง 218,400 บาทต่อปี มีระยะคืนทุน 2 ปี 7 เดือน โดยสามารถลดระยะเวลาในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา จากเดิม 261,612 วินาที ลดลงเหลือ 194,082 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 25.78 ลดระยะทางในการทำงานจากเดิม 374 เมตร ลดลงเหลือ 351 เมตร คิดเป็นร้อยละ 6.15

คำสำคัญ แม่พิมพ์ต้นแบบ, การจำลองสถานการณ์, การเพิ่มประสิทธิภาพ

Improving the efficiency of the clay-master mould production process by integrating simulation, Case study of Siam Celadon Co. Ltd.

Ratchaneewan Sanlad^{1*} Jurapun Phimoolchart¹

¹ Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* ratchaneewan.s@rmutl.ac.th

Abstract

This study focuses on analyzing and gathering data on the sequential steps involved in the ceramic molding process, as depicted in the flow chart. The findings indicate that the majority of waiting operations take place during the master mold creation process. Master molds require highly skilled craftsmanship. The responsibilities of making these molds are determined by their age and availability, which contributes to the instability of this process. The objective is to enhance the manufacture of ceramic molding by Celadon co.ltd., using Why-Why Analysis to identify root cause of the issue. The ECRS principle was applied to design the concept of creating Master Mold using 3D printing and the concept of semi-automatic surface coating. The scenarios were simulated using FlexSim software, and cost-benefit analysis was performed. . The study found that the concept of making the Master Mold using 3D printing could reduce the workforce from 4 to 2 employees, resulting in labor cost savings of 218,400 Baht per year. The payback period is 5 years 9 months, with a break-

even point of 25,816 units per year. Moreover, the production time for ceramic molding was reduced from 261,612 seconds to 194,082 seconds, representing a 25.78% reduction, and the work distance decreased from 374 meters to 351 meters, a reduction of 6.15%.

Keywords: Master mold, Simulation, Productivity

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

“ซิลาลด” เป็นเครื่องสังคโลก หรือเครื่องปั้นดินเผาที่มีเอกลักษณ์อันโดดเด่นมีสีเขียวหยกใส พื้นผิวแตกกลายงา ทำจากดินสีดำ ปั้นขึ้นรูปและนำเข้าไปเผาด้วยความร้อนสูง ทำให้ผิวเคลือบร้าวแตกกลายงาบนผิว ดูแตกต่างจากเครื่องปั้นชนิดอื่น เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของเครื่องปั้นดินเผาซิลาลดทำให้ดูสวยงามมาก เมื่อเคาะจะมีเสียงดังก้องกังวาล ซิลาลด จึงถือเป็นเครื่องปั้นดินเผาเคลือบที่เก่าแก่ชนิดหนึ่งในโลกเป็นผลงานจากความพยายามของมนุษย์ที่จะเลียนแบบหยกในธรรมชาติ ในอดีตใช้ทำเป็นภาชนะรูปทรงต่าง ๆ เช่น จาน ชาม โถ คนโทใส่น้ำ เป็นต้น ปัจจุบันใช้สำหรับตกแต่งบ้าน หรือของขวัญของที่ระลึกอย่างกว้างขวาง [1] จากการศึกษาพบว่าที่กระบวนการทำแม่พิมพ์ต้นแบบ (Master Mold) นั้นต้องอาศัยความชำนาญของแรงงานฝีมือในท้องถิ่นในการแกะสลักกลายของแม่พิมพ์ ที่มีความละเอียดอ่อน ความอ่อนช้อยและความพิถีพิถันในการบรรจงกลายงานฝีมือ และค่อนข้างใช้เวลาหลายวันในการแกะสลักชิ้นงานในแต่ละชิ้น ซึ่งจากสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด 19 ที่ผ่านมาทำให้ไม่มีพนักงานแกะสลักแม่พิมพ์ต้นแบบประจำ ทำให้ทางโรงงานต้องจ้างแรงงานในละแวกชุมชนใกล้เคียง ซึ่งในบางช่วงแรงงานเหล่านี้ก็จะมีการรับงานอื่นๆแทรกเข้ามาทำให้การผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบในแต่ละชิ้นงานเกิดเวลารอคอยที่ไม่แน่นอน ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาตามมา

จากปัญหากระบวนการทำแม่พิมพ์ต้นแบบด้วยแรงงานฝีมือที่ใช้เวลาค่อนข้างหลายวัน ทางคณะผู้จัดทำจึงใช้แผนภูมิการไหลแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart) เก็บข้อมูลกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดเพื่อวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการ Why-Why Analysis แล้วใช้หลักการ ECRS ลดขั้นตอนและปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบและให้จ่ายขึ้น โดยการเสนอแนวคิดที่จะนำมาทดแทนในกระบวนการและการจำลองสถานการณ์การทำงานของแต่ละแนวคิด เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปฏิบัติจริงโดยใช้โปรแกรมฟล็กซิม (Flex Sim) เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบเพื่อเลือกแนวคิดที่จะนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการนำเครื่องปั้น 3 มิติมาทดแทนแรงงานฝีมือ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โปรแกรม Flex Sim เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยการเลียนแบบสถานการณ์การปฏิบัติของระบบการทำงานต่าง ๆ เช่น ระบบการผลิตในอุตสาหกรรม การบริการ ระบบขนส่ง รวมไปถึงการสร้างแบบจำลองสายห่วงโซ่อุปทานขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องทราบถึงประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของกระบวนการการปฏิบัติงานเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข เมื่อทราบแนวทางแก้ไขแล้วก็สามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานได้ทันทีลงในตัวแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น โดยที่ไม่ต้องปฏิบัติจริงเพื่อลดต้นทุน ระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ (พงศธร วงษ์สกุล, 2563) ได้ทำการวิเคราะห์การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำดื่มเพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในการออกแบบกระบวนการผลิตเพื่อลดเวลาในการผลิตน้ำดื่มชนิดถัง ที่มีปริมาณการผลิตจำนวนมากที่สุด จึงสร้างทางเลือกขึ้นมา 3 ทางเลือก เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตน้ำดื่มชนิดถังด้วยโปรแกรม Flex Sim และทำการทดสอบแต่ละทางเลือก จากผลการศึกษาพบว่าทางเลือกแบบเพิ่มพนักงาน 1 คน และเพิ่มเครื่องบรรจุน้ำดื่ม ทำให้ลดเวลาเหลือ 17,093.80 วินาทีต่อปริมาณการผลิต 400 ถังหรือ 42.73 วินาทีต่อถัง เวลาที่ลดไปจากปัจจุบัน คือ 9,873.54 วินาที หรือ 2 ชั่วโมง 44 นาที และเฉลี่ย 24.68 วินาทีต่อถัง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.61 (จิรัชยา ปานะศรี, 2565) ก็ได้หาแนวทางปรับปรุงผลิตภัณฑ์และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยศึกษา รวบรวมข้อมูลพร้อมบันทึกเวลาในแต่ละขั้นตอน จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาปัญหาและแนวทางแก้ไขโดยการจำลองสถานการณ์การผลิตและจำลองสถานการณ์การผลิตด้วยโปรแกรม Flex Sim ทางเลือกแรกคือการเลือกพอยล์ที่มีคุณสมบัติที่ดี ประการที่สองคือการเพิ่มเตาอบเพื่อเพิ่มผลผลิต ประการที่สามคือการเพิ่มเครื่องจักรสำหรับการอัดขึ้นรูป สถานการณ์จำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของตัวเลือกโซลูชันโดยสามตัวเลือกในโปรแกรม Flex Sim สรุปได้ว่าตัวเลือกแรกเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดเพราะให้สินค้ามากกว่าโดยการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องจักรเดิมจาก 1,637 ชิ้นต่อวันเป็น 1 ชิ้น และ (วุฒิพร ศรีไพโรจน์, 2558) ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตและกำลังคนต่อสายการผลิตเพื่อลดต้นทุนแรงงานนี้ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและกำหนดมาตรฐานจำนวนพนักงานที่ใช้ต่อ

สายการผลิตให้เหมาะสม กรณีศึกษา คือการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ายืดหยุ่นได้ ได้นำหลักการการศึกษางานและศึกษาเวลาในการทำงานมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิการทำงานของคนและเครื่องจักร และนำหลักการ ECRS เข้ามาวิเคราะห์และหาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียจากการทำงานจากผลการศึกษาพบว่า กระบวนการที่สนใจในการแก้ปัญหาสามารถปรับปรุงและกำหนดมาตรฐานของจำนวนพนักงานได้โดยพิจารณาจากจำนวนพนักงานเดิมที่ใช้ 23 คน ต่อสายการผลิตที่ลดลงเหลือ 13 คนต่อสายการผลิต ซึ่งคิดเป็น 43.47% ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนแรงงานลงจากประมาณ 2 ล้านบาทต่อเดือนเหลือ 1.1 ล้านบาทต่อเดือน หรือ ประมาณ 45% ถึงแม้ว่าการปรับปรุงมีการลงทุนซื้อเครื่องจักร แต่จากการลดต้นทุนแรงงานทำให้มีจุดคุ้มทุน ระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งในการปรับปรุงสามารถประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นในระยะยาวได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เครื่องปั้นดินเผา กรณีศึกษา บริษัท สยามศิลาดล คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาภาพรวมของโรงงาน

ข้อมูลของเครื่องปั้นดินเผาที่เลือกปรับปรุง เลือกเครื่องปั้นดินเผาทรงถ้วยข้าวต้ม ดังรูปที่ 1 เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก จึงต้องผลิตอยู่บ่อยครั้ง ทำให้ลวดลายที่มีอยู่บนแม่พิมพ์เริ่มที่จะจางลง และมีการเปลี่ยนแม่พิมพ์ต้นแบบอยู่บ่อยครั้ง



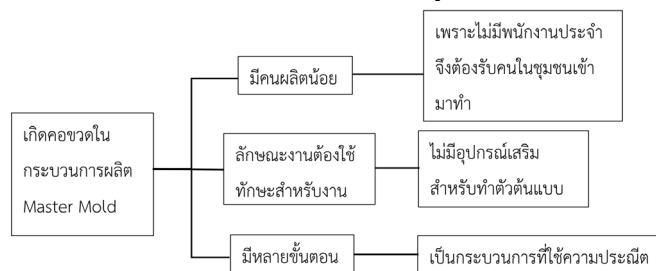
รูปที่ 1 แม่พิมพ์แกะสลักและเครื่องปั้นดินเผาทรงถ้วยข้าวต้ม

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิต

ทำการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาในปัจจุบัน คณะผู้จัดทำได้ทำการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตแล้วนำมาสร้างแผนภูมิการไหลแบบต่อเนื่อง ดังรูปที่ 3

3.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

จากการศึกษาภาพรวมของโรงงาน และเก็บข้อมูลของกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทรงถ้วยข้าวต้ม ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ โดยใช้หลักการ Why -Why Analysis ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหา หัวข้อ กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ ด้วยหลักการ Why-Why Analysis

เนื่องจากการเกิดสถานการณ์โรคโควิด 19 ระบาดทำให้ไม่มีพนักงานประจำแกะสลักแม่พิมพ์ต้นแบบ จึงต้องรับคนในชุมชนเข้ามาทำ แต่เนื่องด้วยลักษณะงานต้องใช้ทักษะที่ละเอียดอ่อนและมีหลายขั้นตอน ทำให้การอัตราการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบช้าไม่พอสำหรับความต้องการ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กระบวนการทำแม่พิมพ์ต้นแบบ

3.4 หาแนวคิดแก้ไข้ปัญหาในกระบวนการผลิต

ในการออกแบบแนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ ได้ใช้หลักการ ECRS คือ การกำจัด การรวมกัน การจัดใหม่ และการทำให้ง่ายขึ้น ช่วยในการแก้ไข้ปัญหาและปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น พบว่าบางขั้นตอนสามารถตัดและรวมขั้นตอนเข้าไว้ด้วยกันได้ ดังตารางที่ 1

3.5 ออกแบบแนวคิดที่จะนำมาแก้ไข้ปัญหา

แนวคิดกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบด้วยเครื่องปั้น 3 มิติ โดยการนำโปรแกรมออกแบบลวดลายใหม่หรือเครื่องสแกนเนอร์ 3 มิติ สแกนเครื่องปั้นดินเผาที่เสียหาย มาแก้ไข้ในโปรแกรมให้สมบูรณ์ดังเดิม การนำเครื่องปั้น 3 มิติ เข้ามาเพื่อลดเวลาและพนักงานในกระบวนการแกะสลักด้วยมือ เนื่องจากเครื่องปั้น 3 มิติสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องจนชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการด้วยเครื่องปั้น 3 มิติ

Flow process chart				
<input type="checkbox"/> คน(Man Type) <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ(Material Type) <input type="checkbox"/> เครื่องจักร(Machine Type) <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (Other)				
ชื่อขบวนการ (Subject Charted) กระบวนการผลิต วันที่ (Date).....				
ฝ่าย (Department)..... หมายเลขเอกสาร (Chart No.).....				
สถานะ (Method).....ก่อนปรับปรุง..... หน้าที่ (Sheet No.).....1/4.....				
สรุปผล				
กระบวนการ	ปัจจุบัน	รวมเวลาทั้งหมด (วินาที)	รวมระยะทางทั้งหมด (เมตร)	
ปฏิบัติงาน	○	25		261,612
เคลื่อนย้าย	⇒	11		
รอคอย	D	5		
ตรวจสอบ	□	3		374
การจัดเก็บ	▽	0		
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ระยะ	เวลา	สัญลักษณ์
1	รับคำสั่งผลิต	-	206.0	● ⇒ D □ ▽
2	นำคำสั่งผลิตไปแผนก Mold	76	684	○ ⇒ D □ ▽
3	กลึงแท่น Master Mold ให้เรียบและมีความลึกตามแบบ	-	917.7	● ⇒ D □ ▽
4	ทาน้ำสบูป้องกันบูเน็ชเชื่อมติดกับแท่น	-	22.7	● ⇒ D □ ▽
5	เทปูนเชื่อมที่จะเป็น Master Mold ให้มีความสูงเสมอกับแท่น	-	180.7	● ⇒ D □ ▽
6	นำมาพัก	10	90	○ ⇒ D □ ▽
7	รอให้ปูนเชื่อมแห้ง	-	3600.0	○ ⇒ D □ ▽
8	กลึงหน้าปูนเชื่อมให้เรียบและมีความลึกตามแบบ	-	904.0	● ⇒ D □ ▽

Flow process chart				
<input type="checkbox"/> คน(Man Type) <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ(Material Type) <input type="checkbox"/> เครื่องจักร(Machine Type) <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (Other)				
ชื่อขบวนการ (Subject Charted) กระบวนการผลิต... วันที่ (Date).....				
ฝ่าย (Department)..... หมายเลขเอกสาร (Chart No.).....				
สถานะ (Method).....ก่อนปรับปรุง..... หน้าที่ (Sheet No.).....2/4.....				
สรุปผล				
กระบวนการ	ปัจจุบัน	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	
ปฏิบัติงาน	○	25		261,612
เคลื่อนย้าย	⇒	11		
รอคอย	D	5		
ตรวจสอบ	□	3		374
การจัดเก็บ	▽	0		
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ระยะ	เวลา	สัญลักษณ์
9	แกะปูนเชื่อมออกจากแท่น	-	57.0	● ⇒ D □ ▽
10	นำไปวางโต๊ะเขียนแบบ	5	45	○ ⇒ D □ ▽
11	ใช้ดินสอวาดลายตามแบบที่ได้รับ	-	1526.3	● ⇒ D □ ▽
12	แกะสลัก Master Mold ตามแบบโดยใช้สิ่วแกะสลัก	-	154,800	● ⇒ D □ ▽
13	ตรวจสอบลายแกะสลักของ Master mold	-	167.3	○ ⇒ D □ ▽
14	กลึงหาจุดศูนย์กลาง Master Mold	-	946.7	● ⇒ D □ ▽
15	ทาน้ำสบูป้องกันบูเน็ชแปดคอร์ติด Master Mold แล้วยังแบ่งเป็น 3 ส่วน	-	39.3	● ⇒ D □ ▽
16	นำดินเผาที่ส่วนที่ยังไม่ต้องการเทปูนปาสเตอร์	-	487.0	● ⇒ D □ ▽
17	คลุมรอบ ๆ ด้วยพลาสติกแล้วเทปูนปาสเตอร์ส่วนที่ 1-ตามลำดับ	-	204.0	● ⇒ D □ ▽
18	นำมาพัก	8	72	○ ⇒ D □ ▽

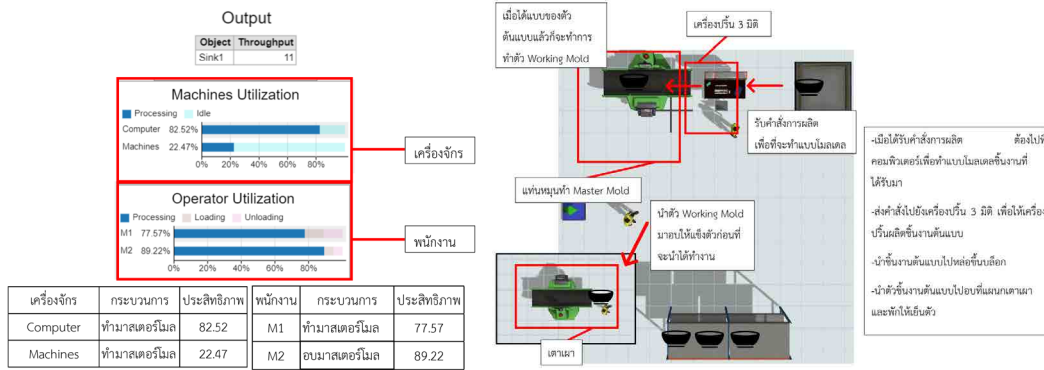
Flow process chart				
<input type="checkbox"/> คน(Man Type) <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ(Material Type) <input type="checkbox"/> เครื่องจักร(Machine Type) <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (Other)				
ชื่อขบวนการ (Subject Charted) กระบวนการผลิต... วันที่ (Date).....				
ฝ่าย (Department)..... หมายเลขเอกสาร (Chart No.).....				
สถานะ (Method).....ก่อนปรับปรุง..... หน้าที่ (Sheet No.).....3/4.....				
สรุปผล				
กระบวนการ	ปัจจุบัน	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	
ปฏิบัติงาน	○	25		261,612
เคลื่อนย้าย	⇒	11		
รอคอย	D	5		
ตรวจสอบ	□	3		374
การจัดเก็บ	▽	0		
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ระยะ	เวลา	สัญลักษณ์
19	รอให้ปูนปาสเตอร์แห้ง	-	5400.0	○ ⇒ D □ ▽
20	นำไปเข้าเตาอบ	35	315	○ ⇒ D □ ▽
21	อบปูนปาสเตอร์	-	7200.0	● ⇒ D □ ▽
22	แกะปูนปาสเตอร์ออก	-	342.0	● ⇒ D □ ▽
23	พนักงานเทดินเข้าเครื่องบดดิน	-	303.0	● ⇒ D □ ▽
24	ใช้จิกเกอร์บดดินเป็นถ้วยข้าวต้ม	-	156.0	● ⇒ D □ ▽
25	ชนเครื่องบดดินเผาไปเตาเผา	41	369	○ ⇒ D □ ▽
26	จัดเรียงเครื่องปั้นดินเผา	-	3600.0	● ⇒ D □ ▽
27	เผาเครื่องปั้นดินเผา	-	36000.0	● ⇒ D □ ▽
28	พักให้เครื่องปั้นดินเผาเย็นตัวลง	-	293.3	○ ⇒ D □ ▽
29	ชนเครื่องปั้นดินเผาไปแผนกเคลือบผิว	36	324	○ ⇒ D □ ▽
30	แยกเครื่องปั้นที่จะชุบหรือพ่นเคลือบ	-	180.0	● ⇒ D □ ▽
31	ตรวจสอบความชื้นของน้ำเคลือบ	-	59.3	● ⇒ D □ ▽
32	ชุบเคลือบเครื่องปั้นดินเผาทรงถ้วยข้าวต้ม	-	173.3	● ⇒ D □ ▽

Flow process chart				
<input type="checkbox"/> คน(Man Type) <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ(Material Type) <input type="checkbox"/> เครื่องจักร(Machine Type) <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (Other)				
ชื่อขบวนการ (Subject Charted) กระบวนการผลิต... วันที่ (Date).....				
ฝ่าย (Department)..... หมายเลขเอกสาร (Chart No.).....				
สถานะ (Method).....ก่อนปรับปรุง..... หน้าที่ (Sheet No.).....4/4.....				
สรุปผล				
กระบวนการ	ปัจจุบัน	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	
ปฏิบัติงาน	○	25		261,612
เคลื่อนย้าย	⇒	11		
รอคอย	D	5		
ตรวจสอบ	□	3		374
การจัดเก็บ	▽	0		
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ระยะ	เวลา	สัญลักษณ์
33	ตรวจสอบผิวเคลือบ	-	61.0	○ ⇒ D □ ▽
34	ตกแต่งผิวเคลือบ	-	150.7	● ⇒ D □ ▽
35	รอเคลือบแห้ง	-	59.0	○ ⇒ D □ ▽
36	ชนเครื่องปั้นดินเผาที่เคลือบผิวไปเตาเผา	34	306	○ ⇒ D □ ▽
37	จัดเรียงเครื่องปั้นดินเผาในเตาเผา	-	394.3	● ⇒ D □ ▽
38	เผาเครื่องปั้นที่เคลือบผิวแล้ว	-	36000.0	● ⇒ D □ ▽
39	นำเครื่องปั้นดินเผาออกจากเตา	5	45	○ ⇒ D □ ▽
40	รอเครื่องปั้นดินเผาเย็นและแตกลายงา	-	3600.0	○ ⇒ D □ ▽
41	ชนไปที่แผนกตรวจสอบคุณภาพ	89	801	○ ⇒ D □ ▽
42	ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องปั้นดินเผา	-	17.7	○ ⇒ D □ ▽
43	ชนเครื่องปั้นดินเผาที่แผนกแพ็คเกจ	35	315	○ ⇒ D □ ▽
44	แพ็คเกจเครื่องปั้นดินเผาให้ลูกค้า	-	197.7	● ⇒ D □ ▽
รวม		374	261,612	25 11 5 3 0

รูปที่ 3 แผนภูมิการไหลแบบต่อเนื่องของกระบวนการผลิตทั้งหมด ก่อนปรับปรุง

3.6 จำลองสถานการณ์แนวคิดในโปรแกรม Flex Sim

จากการออกแบบแนวคิดกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบด้วยเครื่องปั้น 3 มิติ คณะผู้จัดทำได้จำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flex Sim แสดงค่ากำลังการผลิตในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบของเครื่องปั้นดินเผาทรงถ้วยข้าวต้ม สามารถผลิตได้ 11 ชิ้น/เดือน หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็น 85.71% เปรียบเทียบการทำงานของพนักงาน โดยสามารถแสดงประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ 2 คน เฉลี่ยได้เท่ากับ 83.39% จากเดิมที่มีพนักงาน 4 คน และสามารถแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร เฉลี่ยได้เท่ากับ 52.49% แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร จากแบบจำลองสถานการณ์ ของกระบวนการผลิต แม่พิมพ์ต้นแบบ ด้วยเครื่องปรีน 3 มิติ

4. ผลการวิจัย

จากการหาแนวคิดในการแก้ไขปัญหากระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบจากการจำลองสถานการณ์โดยการเลือกใช้เครื่องปรีน 3 มิติทดแทนแรงงานฝีมือ รายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการทดลองใช้เครื่องปรีน 3 มิติ สำหรับทำแม่พิมพ์ต้นแบบ

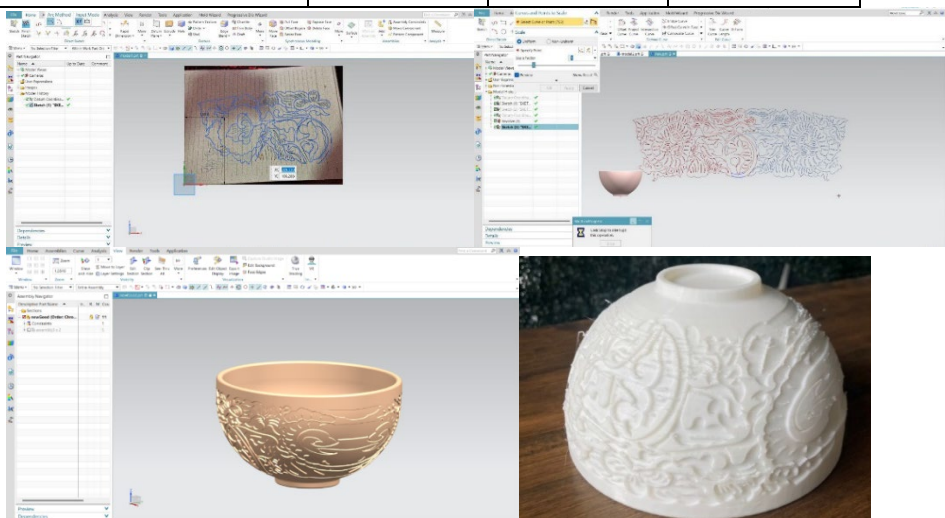
จากการจำลองสถานการณ์แนวคิดการนำเครื่องปรีน 3 มิติมาใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบเพื่อทดแทนแรงงานฝีมือด้วยโปรแกรม flexsim คณะผู้จัดทำได้ทำการทดลองนำแม่พิมพ์ต้นแบบจากการขึ้นรูปด้วย จากการผลิตแบบรวดเร็วด้วยโปรแกรม แล้วนำแบบใส่ในโปรแกรมเครื่องปรีน 3 มิติ และทำการปรีนขึ้นรูป ดังรูปที่ 7 มาทำการทดลองทำเครื่องปั้นดินเผา 1 ชุด จำนวน 30 ชิ้น โดยเก็บข้อมูลดังตารางที่ 2 พบชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 13.33 มีชิ้นงานที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบจำนวน 26 ชิ้น โดยคิดเป็นร้อยละ 86.67 จากทั้งหมด 30 ชิ้น

ตารางที่ 1 วิเคราะห์กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ ด้วยหลักการ ECRS

4.2 แผนภูมิการไหลแบบต่อเนื่องหลังปรับปรุงการผลิต

ในการเสนอแนวคิดการแก้ไขปัญหากระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบด้วยการนำเครื่องปรีน 3 มิติมาทดแทนแรงงานฝีมือพบว่า สามารถช่วยลดเวลาการทำงานที่ล่าช้าของพนักงานในกระบวนการผลิตลง โดยสามารถลดขั้นตอนการทำงาน ลดเวลาการทำงาน และลดระยะทางลงได้ จากแผนภูมิการไหลดังรูปที่ 8

ขั้นตอน	รายละเอียด	ระยะทางก่อนปรับปรุง (เมตร)	หลักการใช้ ECRS	วิธีการปรับปรุง
1	รับคำสั่งผลิต	-		
2	นำคำสั่งผลิตไปแผนก Mold	76		
3	ปรับขนาดแท่นกลึงตามแบบ	-	E	ตัดกิจกรรมออก
4	กลึงแท่น Master Mold ให้เรียบและมีความลึกตามแบบ	-	E	ตัดกิจกรรมออก
5	ผสมน้ำสบู	-	E	ตัดกิจกรรมออก
6	ทาน้ำสบูป้องกันปูนเขียวติดกับแท่น	-	E	ตัดกิจกรรมออก
7	เตรียมปูนเขียว	-	E	ตัดกิจกรรมออก
8	เทปูนเขียวที่จะเป็น Master Mold ให้มีความสูงเสมอกับแท่น	-	E	ตัดกิจกรรมออก
9	นำมาพัก	10	E	ตัดกิจกรรมออก
10	รอให้ปูนเขียวแห้ง	-	E	ตัดกิจกรรมออก
11	นำมาที่แท่นกลึง	8	E	ตัดกิจกรรมออก
12	กลึงหน้าปูนเขียวให้เรียบและมีความลึกตามแบบ	-	E	ตัดกิจกรรมออก
13	แกะปูนเขียวออกจากแท่น	-	E	ตัดกิจกรรมออก
14	นำไปวางโต๊ะเขียนแบบ	5	E	ตัดกิจกรรมออก
15	เตรียมลวดลายแบบที่ได้รับ	-	E	ตัดกิจกรรมออก
16	ใช้ดินสอวาดลายตามแบบที่ได้รับ	-	S	เปลี่ยนเป็นใช้เครื่องสแกน 3 มิติ
17	แช่ปูนเขียวในน้ำให้แก่ง่าย	-	E	ตัดออก
18	แกะสลัก Master Mold ตามแบบโดยใช้สิ่วแกะสลัก	-	S	เปลี่ยนเป็นใช้เครื่องปรีน 3 มิติ



รูปที่ 7 การออกแบบลวดลายแม่พิมพ์ต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และแม่พิมพ์ต้นแบบจากเครื่องปรีน 3 มิติ

ตารางที่ 2 ผลการทดลองใช้แม่พิมพ์ต้นแบบจากเครื่องปรีน 3 มิติ

แผนก	จำนวนชิ้นงาน	ผ่านQC	ไม่ผ่านQC	ร้อยละ
จิก	30	28	2	0.6%
เคลือบ	28	27	1	0.3%
เผา	27	27	-	-
QC	27	26	1	0.3%
รวมทั้งหมด	26	26	4	
		86.67%	13.33%	

4.5 ผลการเปรียบเทียบกระบวนการผลิต ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบก่อนปรับปรุงกับหลังปรับปรุงโดยการทดแทนเครื่องปรีน 3 มิติ พบว่าสามารถลดขั้นตอนลง 11 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 25 เวลาในการทำงานลดลง 22,470 วินาที คิดเป็นร้อยละ 25.78 ระยะทางลดลง 23 เมตร คิดเป็นร้อยละ 6.15 และกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 7 ชิ้นต่อเดือน เพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 57.14 ดังตารางที่ 3

Flow process chart					Flow process chart				
<input type="checkbox"/> คน(Man Type) <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ(Material Type) <input type="checkbox"/> เครื่องจักร(Machine Type) <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (Other)					<input type="checkbox"/> คน(Man Type) <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ(Material Type) <input type="checkbox"/> เครื่องจักร(Machine Type) <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (Other)				
ชื่อขบวนการ (Subject Charted) กระบวนการผลิต Master Mold วันที่ (Date).....					ชื่อขบวนการ (Subject Charted) กระบวนการผลิต Master Mold วันที่ (Date).....				
ฝ่าย (Department).....					ฝ่าย (Department).....				
สถานะ (Method).....หลังปรับปรุง.....					สถานะ (Method).....หลังปรับปรุง.....				
หน้าที (Sheet No.).....1/3.....					หน้าที (Sheet No.).....2/3.....				
สรุปผล									
กระบวนการ		ปัจจุบัน	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)					
ปฏิบัติงาน	○	17	194,082						
เคลื่อนย้าย	⇒	8							
รอคอย	D	4							
ตรวจสอบ	□	4							
การจัดเก็บ	▽	0							
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ระยะ	เวลา	สัญลักษณ์					
1	รับคำสั่งผลิต	-	175.0	●	⇒	D	□	▽	
2	นำคำสั่งผลิตไปแม่แบบ Mold	76	684	○	⇒	D	□	▽	
3	ใช้ เครื่องปรีน 3 มิติ ทำ Master Mold	-	100908.0	●	⇒	D	□	▽	
4	กลึงหาจุดศูนย์กลาง Master Mold	-	924.7	●	⇒	D	□	▽	
5	ทำน้ำสบูป้องกันปูนปลาสเตอร์ติด Master Mold แล้วแบ่งเป็น 3 ส่วน	-	67.3	●	⇒	D	□	▽	
6	นำดินมาปั้นส่วนที่ยังไม่ต้องการเทปูนปลาสเตอร์	-	143.3	●	⇒	D	□	▽	
7	คลุมรอบ ๆ ด้วยพลาสติกแล้วเทปูนปลาสเตอร์ส่วนที่ 1-3ตามลำดับ	-	18.0	●	⇒	D	□	▽	
สรุปผล									
กระบวนการ		ปัจจุบัน	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)					
ปฏิบัติงาน	○	17	194,082						
เคลื่อนย้าย	⇒	8							
รอคอย	D	4							
ตรวจสอบ	□	4							
การจัดเก็บ	▽	0							
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ระยะ	เวลา	สัญลักษณ์					
8	รอให้ปูนปลาสเตอร์แห้ง	-	5400.0	○	⇒	D	□	▽	
9	นำไปเข้าเตาอบ	35	315	●	⇒	D	□	▽	
10	อบปูนปลาสเตอร์	-	1800.0	●	⇒	D	□	▽	
11	แกะปูนปลาสเตอร์ออก	-	327.7	●	⇒	D	□	▽	
12	พนักงานเทดินเข้าเครื่องนวดดิน	-	266.7	●	⇒	D	□	▽	
13	ใช้จิกก่อรูปดินเป็นถ้วยข้าวต้ม	-	159.7	●	⇒	D	□	▽	
14	ชนเครื่องปั้นดินเผาไปเตาเผา	41	369	○	⇒	D	□	▽	
15	จัดเครื่องปั้นดินเผาในเตาเผา	-	3647.7	●	⇒	D	□	▽	
16	เผาเครื่องปั้นดินเผา	-	36000.0	●	⇒	D	□	▽	
17	พักให้เครื่องปั้นดินเผาเย็นตัวลง	-	238.7	○	⇒	D	□	▽	
18	ชนเครื่องปั้นดินเผาไปแผนกเคลือบผิว	36	324	○	⇒	D	□	▽	
19	แยกเครื่องปั้นที่จะชุบหรือพ่นเคลือบ	-	179.7	○	⇒	D	□	▽	
20	ตรวจสอบความชื้นของน้ำเคลือบ	-	58.3	○	⇒	D	□	▽	

Flow process chart				
<input type="checkbox"/> คน (Man Type) <input checked="" type="checkbox"/> วัสดุ (Material Type) <input type="checkbox"/> เครื่องจักร (Machine Type) <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (Other)				
ชื่อกระบวนการ (Subject Charted) กระบวนการผลิต Master Mold วันที่ (Date).....				
ฝ่าย (Department)..... หมายเลขเอกสาร (Chart No.).....				
สถานะ (Method)..... หลังปรับปรุง..... หน้า (Sheet No.)..... 3/3.....				
สรุปผล				
กระบวนการ	ปัจจุบัน	เวลา (วินาที)	194,082	
ปฏิบัติงาน	○	17		
เคลื่อนย้าย	⇒	8		
รอคอย	□	4		
ตรวจสอบ	□	4	ระยะทาง (เมตร)	
การจัดเก็บ	▽	0	351	
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	ระยะ	เวลา	สัญลักษณ์
21	ขุดเครื่องปั้นดินเผาทรงถ้วย	-	218.3	● ⇒ □ ▽
22	ตรวจสอบผิวเคลือบ	-	15.0	○ ⇒ □ ▽
23	ตกแต่งผิวเคลือบ	-	142.0	● ⇒ □ ▽
24	รอเคลือบแห้ง	-	55.3	○ ⇒ □ ▽
25	ขนเครื่องปั้นดินเผาที่เคลือบผิวไปเผาเผา	34	306	○ ⇒ □ ▽
26	จัดเรียงเครื่องปั้นดินเผาในเตาเผา	-	381.3	● ⇒ □ ▽
27	เผาเครื่องปั้นดินเผาที่เคลือบผิวแล้ว	-	36000.0	● ⇒ □ ▽
28	นำเครื่องปั้นดินเผาออกจากเตา	5	45	○ ⇒ □ ▽
29	รอเครื่องปั้นดินเผาเย็นและแตกลายงา	-	3600.0	○ ⇒ □ ▽
30	ขนไปที่แผนกตรวจสอบคุณภาพ	89	801	○ ⇒ □ ▽
31	ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องปั้นดินเผา	-	15.0	○ ⇒ □ ▽
32	ขนเครื่องปั้นดินเผาที่แตกหักทิ้ง	35	315	○ ⇒ □ ▽
33	แพ็คเกจเครื่องปั้นดินเผาให้ลูกค้า	-	181.3	● ⇒ □ ▽
	รวม	351	194,082	17 8 4 4 0

รูปที่ 8 แผนภูมิการไหลแบบต่อเนื่องของกระบวนการผลิตทั้งหมด หลังปรับปรุง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบเวลา ระยะทาง และกำลังการผลิต ก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ร้อยละ
ขั้นตอน (กิจกรรม)	44	33	11	-	25
เวลาในการทำงาน (วินาที)	261,612	194,082	22,470	-	25.78
ระยะทางในการทำงาน (เมตร)	374	351	23	-	6.15
กำลังการผลิต (ชิ้นต่อเดือน)	4	11	-	7	57.14

4.6 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการเสนอแนวคิดปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบด้วยเครื่องปั้น 3 มิติ ได้นำข้อมูลทางด้านการผลิต และข้อมูลทางด้านการเงินมาประเมินผลลัพธ์เปรียบเทียบ ดังตารางที่ 3 พบว่าจากแนวคิดการนำเครื่องปั้น 3 มิติมาทดแทนพนักงาน 2 คน จะช่วยให้การผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 132 ชิ้น/ปี ดังตารางที่ 4 นอกจากนี้ได้ทำการประเมินการเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า สำหรับแนวคิดการนำเครื่องปั้น 3 มิติมาทดแทนฝีมือแรงงาน โดยคิดเงินลงทุนจากค่าแรงงานที่ลดลงต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 7 เดือน และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในของโครงการอยู่ที่ร้อยละ 15.57 ซึ่งมากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการได้รับ แสดงดังตารางที่ 5 ดังนั้นการนำเครื่องปั้น 3 มิติมาทดแทนแรงงานฝีมือจึงกล่าวได้ว่าคุ้มค่ากับการลงทุน

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลด้านการผลิตก่อนปรับปรุงกับแนวคิดการปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ ด้วยการทดแทนแรงงานฝีมือจากเครื่องปรีน 3 มิติ

รายการ	ก่อนปรับปรุง	แนวคิดการปรับปรุง
1. จำนวนคน (คน/วัน)	4	2
2. ค่าแรงงานที่ลดลง (ปี/บาท)	-	218,400
3. อัตราการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ (ชิ้น/ปี)	48	132

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของแนวคิดการปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ ด้วยการทดแทนแรงงานฝีมือจากเครื่องปรีน 3 มิติ

รายการ	แนวคิดการปรับปรุง
1. มูลค่าการลงทุน	494,000 บาท
2. ต้นทุนของเงินหรืออัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการได้รับ	7.82 %
3. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)	70,704.75 บาท
4. อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)	15.57%
5. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการที่มีการปรับแล้ว (Modify Internal Rate of Return : MIRR)	12.73%
6. ระยะเวลาคืนทุน (Discount Payback Period : DPB)	2 ปี 7 เดือน

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เครื่องปั้นดินเผาการศึกษา บริษัท สยามศิลาดล มีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดระยะเวลาในการผลิต เครื่องปั้นดินเผา โดยการวิเคราะห์หาปัญหา ของขั้นตอนกระบวนการผลิตแบบเดิม ด้วยหลักการ Why - Why Analysis และใช้แผนภูมิการไหลแบบต่อเนื่องของงานในการศึกษาขั้นตอนการผลิตทั้งหมด อย่างละเอียด และแก้ปัญหาด้วยหลักการ ECRS เพื่อลดขั้นตอนและทำให้ง่ายขึ้น โดยเสนอแนวคิดการแก้ปัญหาด้วยการนำเครื่องปรีน 3 มิติมาทดแทนแรงงานฝีมือ แล้วจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flex Sim สรุปผลได้ดังนี้ คือ 1) สามารถลดขั้นตอนการทำงานลงจากเดิม 44 ขั้นตอนเป็น 33 ขั้นตอน ลดลงคิดเป็นร้อยละ 25 สามารถลดเวลาการทำงานจากเดิม 261,612 วินาที เหลือ 194,082 วินาที ลดลงคิดเป็นร้อยละ 25.78 และกำลังการผลิตจากเดิม 4 ชิ้นต่อปี เพิ่มขึ้น 11 ชิ้นต่อปี เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 2) สามารถลดแรงงานฝีมือลงได้ 2 คนจากเดิม 4 คนทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานลงได้ 218,400 บาทต่อปี และ 3) เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุน มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2 ปี 7 เดือน มีอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในของโครงการอยู่ที่ร้อยละ 15.57 ซึ่งมากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการได้รับ ดังนั้นการนำเครื่องปรีน 3 มิติมาทดแทนแรงงานฝีมือจึงกล่าวได้ว่าคุ้มค่ากับการลงทุน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท สยามศิลาดล รวมไปถึง ผู้จัดการโรงงานที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เข้าไปศึกษาข้อมูล เพื่อใช้ในการศึกษารวบรวมความรู้จากทางบริษัท และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ และขอขอบคุณ นายธรรมสถิต ศรีวงศ์ และนางสาวประภัสสร เขียวตัน ที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูล และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจศึกษาต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- Center for the Promotion of Fine Arts. Celadon arts and crafts (green ceramic with sesame patterns). Retrieved from URL: <https://www.sacit.or.th/uploads/items/attachments/> October 7, 2023
- Hitoshi OG. Why-Why Analysis for Workplace Improvement: Bangkok: Association for the Promotion of Technology (Thailand-Japan);
- Terrace Company Limited (Head Office). Retrieved from URL: <https://goterrestrial.com/2020/11/12/flow-process-chart/> 8 October 2023.
- HREX.asia. What is ECRS? Why it reduces unnecessary costs at work. Retrieved from URL: <https://th.hrnote.asia/orgdevelopment/220207-what-is-ecrs/> 13 November 2023
- Atikarn Purple Silver. Application of Lean Techniques (ECRS+IT) to Optimize the Automated Book Return Kiosk Work Process Office of Library and Development, National Institute of Development Administration. Received a research award in the science of developing full-time work into research, Office of Library Communication, National Institute of Development Administration.
- Wisdom Samranhan. Choosing the right storage location with simulation techniques Ice Maker Manufacturing Company Case Study. Master Thesis, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Logistics Technology Ban Somdet Chaopraya Rajabhat University.
- Thanapol Wongsuwan, Wataporn Phasom, Sirikul Judiciary. Cost and break-even analysis for Rattan furniture business. Graduate School, Faculty of Business Administration Maejo University.
- Harn Engineering Solutions Plc. Get to know 3D printers. Recovered from: URL: <https://www.harn.co.th/articles/introduction-to-3d-printing/> 2 October 2023.
- Siam Celadon Company Pottery Ltd. Income Statement Retrieved from URL: <https://data.creden.co/company/general/0505543003663> 25 December 2023.

การเชื่อมพอกแผลลัดต้นบริเวณตะเฒ่าของประแจทางหลักด้วยการเชื่อมอาร์คแบบลวดไส้ฟลักซ์

แมน ตู่แพร์^{1*} คาร์ณ แก้วผัด¹ วัชรกร ชัยวัฒน์พิพัฒน์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

E-mail: Tman@rmutl.ac.th*

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและหาวิธีการซ่อมแซมแผลบริเวณตะเฒ่าของประแจทางหลักด้วยการเชื่อมพอกตามหลักวิศวกรรมการเชื่อม ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คลวดไส้ฟลักซ์ และใช้ลวดเติม TRANSLAMANGA ซึ่งมีส่วนประกอบของธาตุโครเมียม (Cr) และแมงกานีส (Mn) ในปริมาณที่สูง และใช้เครื่องเชื่อม FCAW แบบอัตโนมัติ ใช้พารามิเตอร์การเชื่อมที่สำคัญตามคำแนะนำของผู้ผลิตลวดเชื่อมพอก โดยออกแบบการทดลองการเชื่อมพอกบริเวณตะเฒ่าของประแจทางหลักให้มีจำนวนชั้นของการเชื่อมพอก 1 ชั้น 2 ชั้น 3 ชั้น และ 4 ชั้น แนวเชื่อม จากนั้นทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของโครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาค ค่าความแข็ง และส่วนประกอบเคมีของรอยเชื่อมพอก ผลและประโยชน์ของงานวิจัยนี้ จะชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมกระบวนการเชื่อม ที่ทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ค่าความแข็งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแม้ผ่านการเชื่อมหลายชั้น โดยพบว่าความกว้างของบริเวณกระทบร้อนแต่ละแนวเชื่อมนั้นแคบและไม่แตกต่างกันเนื่องจากมีการหล่อเย็นบริเวณรอยเชื่อมขณะเชื่อมตลอดเวลา นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความแข็งในแต่ละบริเวณไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าการเชื่อมอาร์คลวดไส้ฟลักซ์ด้วยลวด TRANSLAMANGA เหมาะสำหรับการซ่อมแซมแผลบนตะเฒ่าของประแจทางหลักในการซ่อมแซมระบบราง

คำสำคัญ การเชื่อมพอก แผลลัดต้น ประแจทางหลัก เหล็กกล้าแมงกานีสสูง โครงสร้างมหภาค

The welding of engine burn occurred on the railroad switch (frog) by flux core arc welding process

Man Tuiprae^{1*} Kamron Keawpad¹ Wacharakorn Chaiwattanapipat¹

¹Department of Industrial Engineering, Faculty Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

E-mail: Tman@rmutl.ac.th*

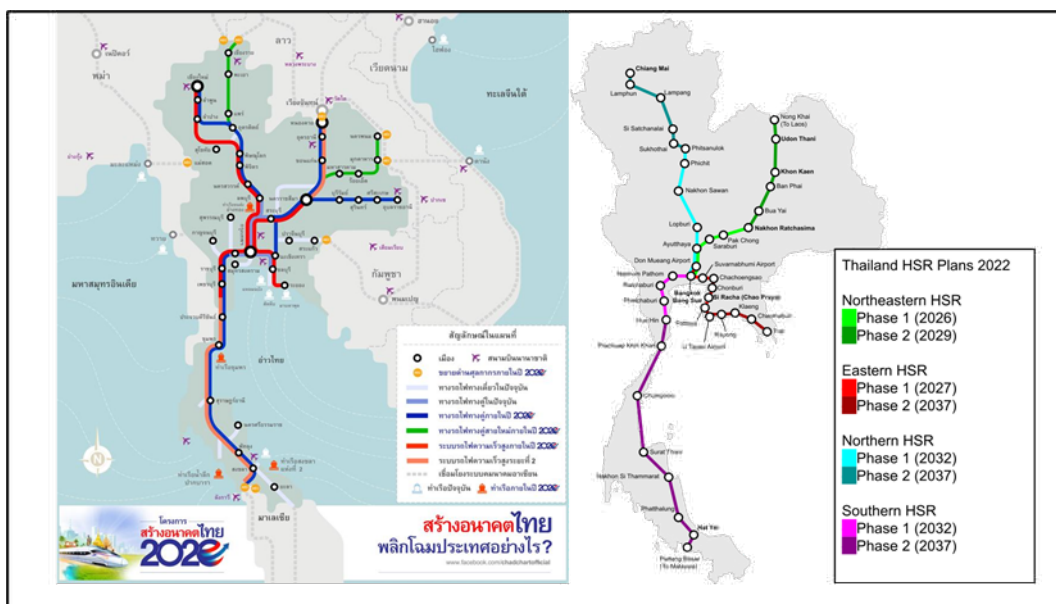
Abstract

This research aims to design and find a method for repairing the engine burn that occurred on the railroad switch (frog). Flux-Cored Arc Welding (FCAW) is the chosen welding process, which selects commonly available electrode wires such as TRANSLAMANGA wire. This wire contained high Cr and Mn in its structures. Th research will also involve using an automated FCAW welding machine and selecting crucial parameters based on manufacturer recommendations. The experimentation will involve welding a frog for multi-layer welding from 1 to 4 passes. Then, study the characterization of macrostructure, microstructure, hardness value, and chemical composition of weldment. The results and benefits of this research will highlight the importance of process control in welding, which ensures that critical structure and properties, such as hardness values, remain unchanged even after multi-layer welding. The research found the heat-affected zone area is very narrow and similar. In addition, the hardness values in each region are insignificantly different. Therefore, the FCAW processing with TRANSLAMANGA wire is suitable for repairing the frog of railroad switch in the railway system.

Keywords: FCAW processing, engine burn, railroad switch, Hadfield steel, macrostructure

1. บทนำ

ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 แผนแม่บทย่อยด้านโครงสร้างพื้นฐาน ระบบโลจิสติกส์ และดิจิทัล ระบุ เป้าหมาย การเพิ่มปริมาณการขนส่งทางราง โดยตั้งเป้าเป้าหมายในปี 2565 ไว้ที่สัดส่วนปริมาณการขนส่งทางราง เพิ่มขึ้นเป็น 4% ซึ่งเมื่อ พิจารณาข้อมูลปี 2562 เฉพาะสัดส่วนการขนส่งสินค้าภายในประเทศพบว่า การขนส่งทางราง มีสัดส่วนเพียง 1.66% ซึ่งห่างจากค่า เป้าหมายอยู่มาก ประกอบกับข้อมูลทางสถิติด้านอุบัติเหตุและความเสียหายที่เกิดจากการซ่อมบำรุงนอกระบบที่มีการสูญเสียทั้ง เรื่องค่าใช้จ่ายและเวลา ซึ่งในรายงานสรุปผลการดำเนินการตาม ยุทธศาสตร์ชาติ ประจำปี 2563 ได้ระบุประเด็นปัญหาที่ต้องเร่ง ปรับปรุงเพื่อให้สามารถบรรลุค่าเป้าหมายนี้ได้ โดยเร็วไว้หลายข้อ หนึ่งในประเด็นหลักคือการสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ประกอบการ หันมาขนส่งสินค้าทางราง ประกอบกับ ระบบขนส่งทางรางของประเทศไทยกำลังมีการขยายตัวและจะมีการเจริญเติบโตอีกมากใน ระยะเวลา 20 ปีข้างหน้า ข้อมูลจากการรถไฟแห่งประเทศไทยพบว่า การสร้างระบบรถไฟแบบทางคู่เฟสที่ 1 จะแล้วเสร็จในปี 2566 และเฟสที่ 2 จะแล้วเสร็จในปี 2570 รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 8,000 กม. นอกจากนี้ รฟท. ต้องการ เพิ่มความเร็วจากเดิม ที่วิ่งประมาณ 60 กม./ชม. ไปเป็น 100-140 กม./ชม. ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เป้าหมายยุทธศาสตร์ชาติของระบบขนส่งทางราง

แม้ว่าระบบการขนส่งทางรางจะคิดเพียง 1.66% ของการขนส่งทั่วประเทศ แต่ระบบขนส่งทางรางเป็นระบบขนส่งทางเดียวที่อยู่คู่ กับประเทศไทยมาเป็นระยะเวลานาน และเป็นการขนส่งที่ประหยัดที่สุด เนื่องจากสามารถขนส่งผู้โดยสารและสิ่งของที่มีน้ำหนัก มากและสามารถขนส่งในระยะทางไกล เช่น การขนส่งสินค้าประเภท ปูนซีเมนต์ น้ำมัน เครื่องจักรหนัก เป็นต้น เมื่อระบบรางได้รับ น้ำหนักสูงและถูกใช้งานเป็นระยะเวลานาน ประกอบกับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ทำให้รางรถไฟเกิดการ ข้ำรุดเสียหาย เนื่องจากการเสียดสีของล้อรถไฟ การออกตัวของรถไฟ การเข้าทางโค้งและการขึ้นเขา ทำให้เกิดการสึกหรอหรือ เรียกว่า “แผลลัดดินบนสันราง” ซึ่งเกิดขึ้นกับรางและชุดประแจทางหลัก ดังรูปที่ 2 ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงต้องมีการซ่อมแซม แผลลัดดินบนสันรางและชุดประแจทางหลักที่สึกหรอดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการเชื่อมพอกแผลลัดดินบนชุด ประแจทางหลัก ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คแบบลวดไส้ฟลักซ์คอร์ด์โนมัติ (Flux Cored Arc Welding: FCAW) โดยศึกษาถึง ผลกระทบของกระบวนการเชื่อมต่อสมบัติเชิงกล ส่วนประกอบเคมี และโครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อม

การเชื่อมแผลลัดดินนั้น จำเป็นต้องปรับแต่งบริเวณแผลให้ลึกถึงเนื้อโลหะโดยไม่พบบร่รอยแผลหรือรอยแตก แล้วทำการ เชื่อมทับกันหลายชั้นจนเต็มรอยถึงจะปรับผิวให้เรียบด้วยการเจียรนัยต่อไป ดังนั้นการเชื่อมทับกันหลายชั้นจะส่งผลให้เกิดความ ร้อนสะสมแล้วกระทบต่อโครงสร้างผลึกและคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ความแข็ง จึงน่าสนใจที่จะควบคุมกระบวนการเชื่อมด้วยการ หล่อเย็นบริเวณรอยเชื่อมขณะเชื่อมตลอด



รูปที่ 2 ลักษณะแผลลัดตีนบนสันรางและประแจทางเหล็กบริเวณตะเข้ (frog)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการเชื่อมพอกแผลลัดตีนบนชุดประแจทางเหล็ก ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คแบบลวดไส้ฟลักซ์อัตโนมัติจำเป็นต้องใช้องค์ความรู้ด้านวัสดุศาสตร์และวิศวกรรมมาใช้ในการวิจัยเพื่อแก้ไขแผลลัดตีนบนสันรางและประแจทางเหล็ก โดยเฉพาะทฤษฎีและความรู้ทางด้านวิศวกรรมการเชื่อม (Welding engineering) และต้องศึกษารายละเอียดมาตรฐานสากลของสมาคมการเชื่อมของอเมริกา (American Welding Society: AWS) ซึ่งได้แนะนำกระบวนการเชื่อมรางและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอจากการใช้งานโดยเฉพาะแผลลัดตีนบนสันราง (Engine Burned Rail) ซึ่งได้กำหนดรายละเอียดไว้ใน D15.2/D15.2:2013 [1] ที่ได้แนะนำกระบวนการเชื่อมต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการซ่อมแซมแผลลัดตีนดังกล่าวคือ การเชื่อมอาร์คด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ (Shield Metal Arc Welding: SMAW) การเชื่อมด้วยแก๊สปกคลุม (Gas Metal Arc Welding: GMAW) และกระบวนการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (Flux core arc welding: FCAW) นอกจากนี้ยังมีกระบวนการเชื่อมแบบ Thermit Welding และ การเชื่อมแบบ Flash Welding ที่สามารถนำมาใช้ในการซ่อมแซมแผลลัดตีนหรือจุดบกพร่องในระบบรางได้ [2-3] เมื่อพิจารณาเฉพาะการซ่อมแซมแผลลัดตีนบนสันรางและประแจทางเหล็กนั้น ส่วนใหญ่เป็นการทำงานนอกสถานที่ ดังนั้นการเพิ่มความสามารถ การแข่งขัน และลดการพึ่งพาในการพัฒนาเทคโนโลยีการซ่อมบำรุงและการทดลองผลิตภัณฑ์งานขนส่งระบบรางนั้น การเชื่อมอาร์คแบบลวดไส้ฟลักซ์ และการเชื่อมแบบ FCAW จึงเหมาะสม และสะดวกแก่การปฏิบัติงานนอกสถานที่ [4] และงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้กระบวนการเชื่อมแบบ FCAW ทำการเชื่อมซ่อมแซมแผลลัดตีนบนชุดประแจทางเหล็ก และตะเข้ (frog) เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของประแจรถไฟหรือจุดสับราง (Railroad switch, turnout) และหมายถึงจุดหักมุมของรางเหล็ก ระหว่างทางตรงและทางเลี้ยว ซึ่งตะเข้จะต้องเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงเนื่องจากต้องรับแรงเสียดทานจากขบวนรถไฟ เหล็กแมงกานีสสูง (Hadfield steel) เป็นเหล็กที่นิยมนำมาผลิตเป็นตะเข้ของชุดประแจทางเหล็กหรือจุดสับรางของรถไฟ เนื่องจากเหล็กแมงกานีสมีคุณสมบัติที่ดี คือ มีความต้านทานการเสียดสูง มีความทนทาน (มีความเหนียว) มีค่าความแข็งแรงสูง ซึ่งเหล็ก Hadfield steel สามารถนำมาเชื่อมได้ [5] แต่ต้องให้ความสำคัญต่อกระบวนการเชื่อมโดยการใช้ลวดเติมที่มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนที่ต่ำกว่าเหล็ก Hadfield steel การให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนทำการเชื่อมพอกจะต้องใช้ความร้อนต่ำที่สุด เพื่อป้องกันการตกตะกอนของอนุภาคคาร์ไบด์ แม้ว่าอนุภาคคาร์ไบด์ที่พบตรงบริเวณรอยเชื่อมจะเป็นที่ยอมรับก็ตาม [6-7] และหลังเชื่อมเสร็จควรมีการทำให้อายุงานเชื่อมเย็นตัวอย่างรวดเร็ว [5]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

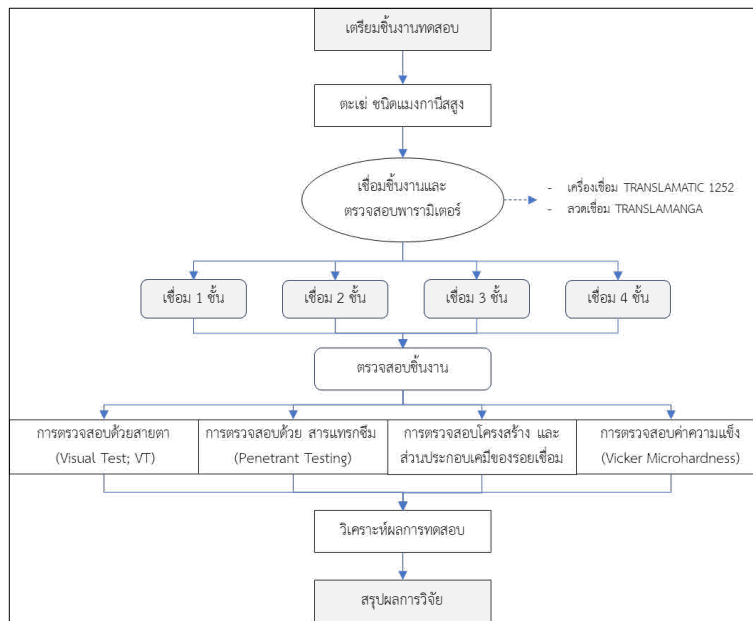
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการเชื่อมพอก และลักษณะเฉพาะของรอยเชื่อม ที่ได้จากกระบวนการเชื่อมด้วยลวดไส้ฟลักซ์ (Flux Cored Arc Welding Process: FCAW) แบบอัตโนมัติเพื่อทำการซ่อมแซมแผลลัดตีนบนชุดประแจทางเหล็กที่เป็นเหล็กกล้าแมงกานีสสูง และใช้ลวดเติมเป็น TRANSLAMANGA ขนาด 1.6 mm โดยการเชื่อมพอกจำนวน 1 ชั้น 2 ชั้น 3 ชั้น และ 4 ชั้น ด้วยเครื่องเชื่อม TRANSLAMATIC 1252 เนื่องจากขนาดความลึกของการสึกหรอที่ปรากฏบนชุดประแจทางเหล็กมีขนาดความลึกไม่เกิน 5-10 มิลลิเมตร ดังนั้นควรทำการเชื่อมไม่ควรเกิน 4 ชั้น ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเชื่อมแบบ 1 ชั้น, 2 ชั้น, 3 ชั้น และ 4 ชั้นของชุดประแจทางหลัก

การศึกษาลักษณะเฉพาะของรอยเชื่อมจะพิจารณาถึง ลักษณะโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค ค่าความแข็ง และส่วนประกอบทางเคมีของรอยเชื่อม เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของรอยเชื่อม ซึ่งมีขั้นตอนของการทดลองและรายละเอียดแสดงข้างล่างนี้ และดังรูปที่ 4

- 1) ผลการทดสอบรอยเชื่อมประแจทางหลักด้วยสายตา (Visual Test; VT) และการตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetrant Testing; PT)
- 2) ผลการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาคของประแจทางหลักเมื่อผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์
- 3) ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของประแจทางหลักเมื่อผ่านการเชื่อมพอก ด้วยไส้ฟลักซ์จำนวน 1 ชั้น, 2 ชั้น, 3 ชั้น และ 4 ชั้น
- 4) ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของรอยเชื่อมประแจทางหลัก



รูปที่ 4 แผนการดำเนินงานของการทดลองและทดสอบ

3.1 การออกแบบการทดลองการเชื่อมพอกประแจทางหลัก

เป็นการจำลองชิ้นงานการซ่อมแซมผิวชุดประแจทางหลัก เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของรอยเชื่อมที่ได้จากกระบวนการเชื่อมพอกด้วยลวดไส้ฟลักซ์ โดยนำประแจทางหลักมาทำการเจียรเปิดหน้าด้วยเครื่องเจียร์มีอตามขนาดที่กำหนด ดังตารางที่ 1 จากนั้นทำการเตรียมรอยเชื่อมก่อนนำชิ้นงานไปเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดการเตรียมชิ้นงานประแจทางหลัก เพื่อการเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

ชิ้นงานทดสอบ	ความลึกของการเจียรนัย	ขนาดของลวด	จำนวนชั้นในการเชื่อม
1	3	1.6	1 ชั้น
2	5	1.6	2 ชั้น
3	7	1.6	3 ชั้น
4	9	1.6	4 ชั้น

3.2 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1 ประแจทางหลัก

ประแจทางหลักเป็นหลักที่ใช้ในการเชื่อมพอกด้วยกระบวนการเชื่อมพอกผลลัดดิน คุณสมบัติที่ทนต่อการสึกหรอที่เกิดมาจากการกระแทกและเสียดสีอย่างรุนแรงได้ดีกว่าเหล็กกล้าชนิดอื่นๆ โครงสร้างพื้นฐานในขณะที่ใช้งานเป็นออสเทนไนท์ (Austenite) ส่วนผสมเคมีของประแจทางหลักแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนผสมเคมีของประแจทางหลักชนิด (High Mn) โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน EN 15689

Chemical Composition of High Manganese Steel									
% Element	C	Mn	Si	P	Ni	Mo	Cr	Cu	Al
	0.96-1.3	11.5-14.0	0.65	0.005	1.75	0.75	0.50	0.30	0.045

3.2.2 ลวดเชื่อม TRANSLAMANGA

ลวดเชื่อม TRANSLAMANGA ที่ใช้นี้จะเป็นชนิดฟลักซ์คอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอที่เกิดจากการกระแทกและเสียดสีอย่างรุนแรงได้ดี ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อม TRANSLAMANGA แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อม TRANSLAMANGA

Chemical Composition of TRANSLAMANGA							
% Element	C	Cr	Mn	Si	Ni	Mo	S
	0.3-0.5	11-16	13-18	< 1	< 2	< 0.8	< 0.1

3.2.3 เครื่องเชื่อมพอกผลลัดดิน และ พารามิเตอร์การเชื่อมพอกชุดประแจทางหลัก

งานวิจัยนี้จะใช้ เครื่องเชื่อม Pluton Arc 250P CTF พร้อมชุดควบคุมอัตโนมัติ TRANSLAMATIC 1252 ซึ่งมีความสามารถในการเชื่อมผลลัดประแจพื้นที่ครอบคลุมประมาณ 1200 x 300 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน EN 15594 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากประเทศฝรั่งเศส และใช้พารามิเตอร์ในการเชื่อมพอกดังตารางที่ 4

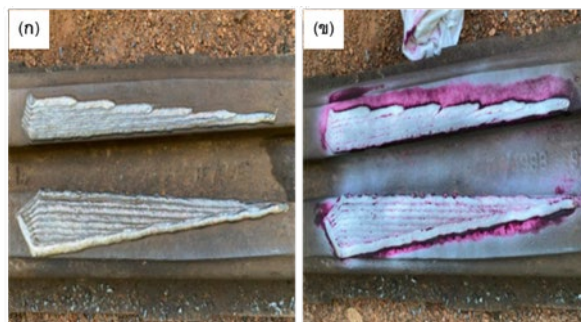
ตารางที่ 4 ค่าพารามเตอร์ในการเชื่อมพอกแผ่นลวดดินของชุดประแจทางหลัก ชนิด (High Mn)

Parameter	TRANSLAMANGA Dia. 1.6 mm
1. Volt	27
2. Depth (mm)	5
3. Ampere	180
4. Travel Speed Layer 1 (cm/mm)	30
5. Travel Speed Layer 2 (cm/mm)	30
6. Travel Speed Layer 3 (cm/mm)	30
7. Travel Speed Layer 4 (cm/mm)	30
8. อุณหภูมิก่อนการเชื่อม (องศาเซลเซียส)	250
9. Working Distance (mm)	20-25
10. Welding Position	1G
11. ความยาวของแนวเชื่อม (cm)	15
12. การเชื่อมแบบ	อัตโนมัติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบรอยเชื่อมประแจทางหลักด้วยสายตา (Visual Test; VT) และการตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetrant Testing; PT)

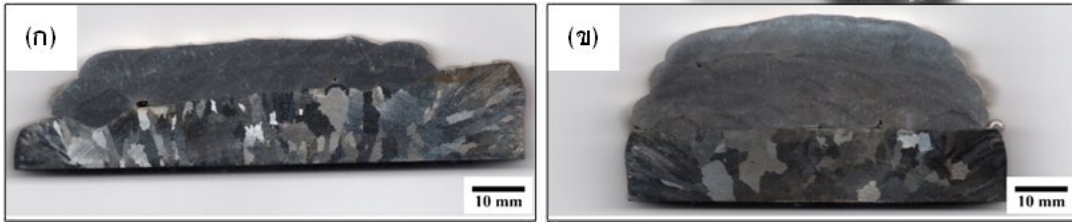
จากการตรวจสอบบริเวณรอยเชื่อมของชุดประแจทางหลัก หลังผ่านการเชื่อมพอกจำนวน 1 ชั้น, 2 ชั้น, 3 ชั้น, และ 4 ชั้น ด้วยสายตา และสารแทรกซึม ไม่พบจุดบกพร่องบนผิวรอยเชื่อม ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 (ก) การตรวจสอบด้วยสายตา (ข) การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม

4.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาคของประแจทางหลักเมื่อผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์

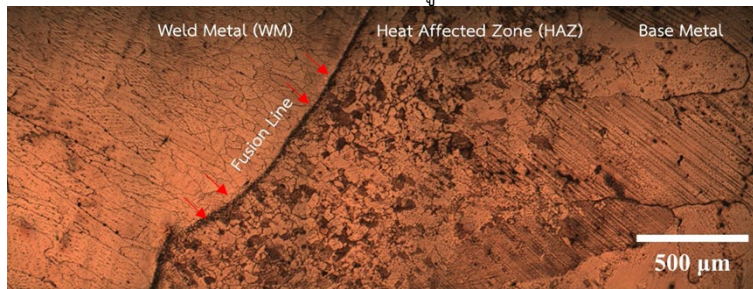
จากการสังเกตโครงสร้างมหภาคของตัวอย่างประแจทางหลักเมื่อผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์จำนวน 2 ชั้น และ 4 ชั้น แสดงดังรูปที่ 6 (ก-ข) พบว่าบริเวณ Base Metal ของทั้ง 2 ตัวอย่างมีขนาดเกรนที่ใหญ่มากในระดับ มิลลิเมตร ซึ่งเป็นคุณสมบัติทั่วไปของเหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยกระบวนการหล่อ และบริเวณรอยต่อระหว่างรอยเชื่อมแต่ละชั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะที่บริเวณรอยต่อระหว่าง Base Metal และ Weld Metal มีการหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันหรือเข้ากันได้ดีหรือไม่ นั้น ยากที่จะสังเกตได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาค ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบและวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคเพิ่มเติม



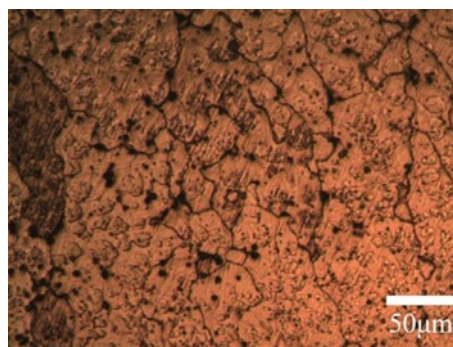
รูปที่ 6 ภาพโครงสร้างมหภาคของประแจทางเหล็กเมื่อผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์ (ก) 2 ชั้น (ข) 4 ชั้น

4.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของประแจทางเหล็กเมื่อผ่านการเชื่อมพอก ด้วยไส้ฟลักซ์จำนวน 1 ชั้น, 2 ชั้น, 3 ชั้น และ 4 ชั้น

จากการจากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงของประแจทางเหล็กเมื่อผ่านกระบวนการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์แบบ 1 ชั้น พบว่าแต่ละบริเวณมีโครงสร้างเกรนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งบริเวณ Base Metal จะปรากฏโครงสร้างเกรนขนาดใหญ่ในระดับมิลลิเมตร ซึ่งเป็นธรรมชาติของโครงสร้างเกรนที่พบในเหล็กที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ส่วนบริเวณกระทบบร้อนจะมีโครงสร้างเกรนขนาดเล็กในระดับไมครอน เนื่องจากได้รับอิทธิพลของความร้อนที่ใช้ในกระบวนการเชื่อม ที่สูงเกินกว่าอุณหภูมิการเกิดผลึกใหม่ (Recrystallization Temperature) ทำให้เกิดผลึกใหม่หรือเกรนขนาดเล็กบริเวณกระทบบร้อน และบริเวณเนื้อเชื่อมหรือ Weld Metal ตรงตำแหน่งใกล้ Fusion Line (ลูกศรสีแดง) จะปรากฏเกรนขนาดเล็กเนื่องจากอยู่ใกล้กับ Base Metal จึงทำให้มีอัตราการเย็นตัวเร็วทำให้มีขนาดเกรนเล็กละเอียดกว่าเนื้อเชื่อมบริเวณถัดจาก Fusion Line ที่มีลักษณะเกรนเป็นคอลัมน์าร์เกรน (Columnar grain) ที่มีโครงสร้างเดนไดรท์แทรกอยู่ภายในเกรน มีทิศทางของเกรนเข้าสู่ใจกลางของรอยเชื่อม และบริเวณตรงกลางของรอยเชื่อมจะมีลักษณะเกรนสม่ำเสมอ (Equiaxed Grain) เพราะน้ำโลหะบริเวณกึ่งกลางบ่อหลอมของการเชื่อมจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน จึงมีการถ่ายเทความร้อนอย่างช้าๆ และถ่ายเทได้ทุก ทิศทาง ทำให้ผลึกขยายตัวได้ทุกทิศทาง จึงส่งผลให้มีลักษณะที่เป็นทรงสมมาตร ดังรูปที่ 8



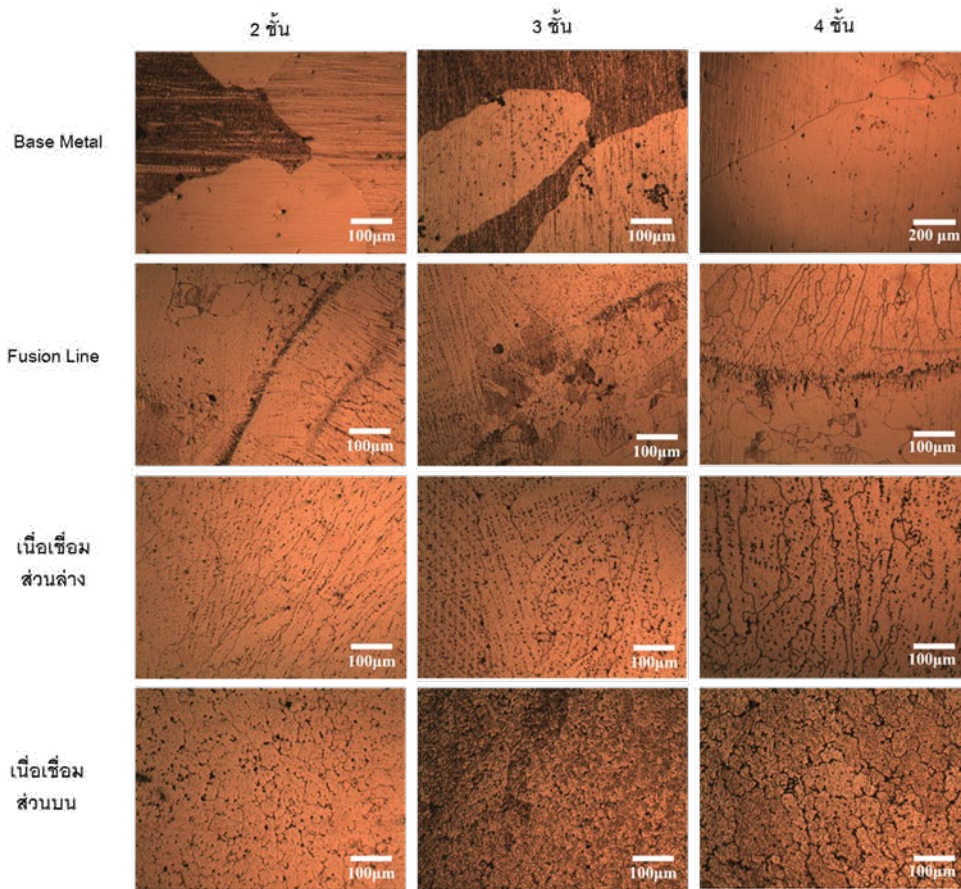
รูปที่ 7 โครงสร้างจุลภาคของประแจทางเหล็กเมื่อผ่านเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์จำนวน 1 ชั้น



รูปที่ 8 โครงสร้างจุลภาคแสดงลักษณะเกรนสม่ำเสมอ (Equiaxed grain) ตรงตำแหน่งตรงกลางของรอยเชื่อม

จากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของประแจทางเหล็กเมื่อผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์จำนวน 2, 3, และ 4 มีลักษณะเหมือนกันกับโครงสร้างจุลภาคของประแจทางเหล็กที่ผ่านการเชื่อมพอก 1 ชั้น คือ พบว่า บริเวณ Base Metal มีเกรนขนาดใหญ่ใน

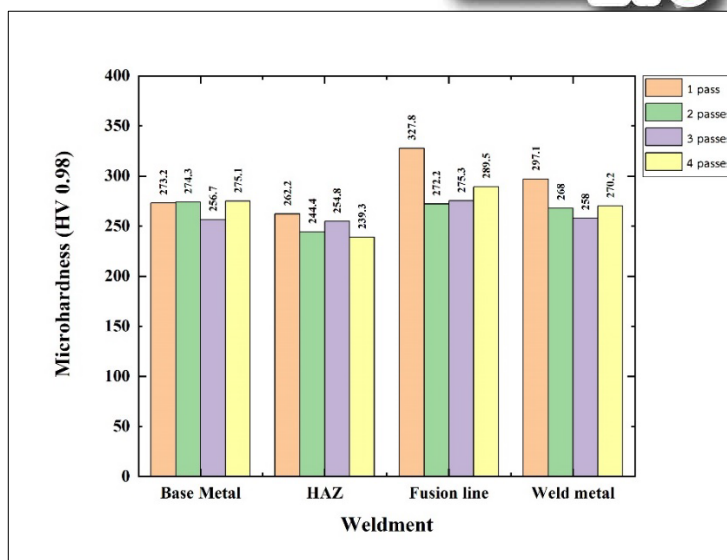
ระดับมิลลิเมตรและเป็นเฟสออสเทนไนต์ ในขณะที่ตรงบริเวณรอยต่อ (Fusion Line) ระหว่างเนื้อเชื่อม และ Base Metal จะปรากฏรอยต่อคล้ายตะเข็บที่มีลักษณะสีดำ และรอยต่อของการเชื่อม 3 ชั้น และ 4 ชั้น มีลักษณะเงามากกว่ารอยต่อระหว่างรอยเชื่อมและเนื้อโลหะเดิมที่ผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์จำนวน 1 และ 2 ชั้น (รูปที่ 9; Fusion line) ซึ่งความร้อนสะสมที่เกิดจากการเชื่อมกัน 3 ชั้น และ 4 ชั้น น่าจะช่วยให้มีการเจือจางของธาตุบริเวณรอยต่อเพิ่มขึ้น (dilution) และเกิดบริเวณกระทบร้อน (HAZ) ตรงบริเวณใกล้รอยต่อที่มีเกรนขนาดหยาบและใหญ่กว่าการเชื่อมพอกจำนวน 1 และ 2 ชั้น ซึ่งสังเกตได้จากโครงสร้างเกรนของ Base Metal บริเวณนี้จะมีโครงสร้างเกรนระดับไมครอน เนื่องจากเกิดผลึกใหม่ (recrystallization) และในขณะที่เนื้อเชื่อมที่ถัดจากบริเวณรอยต่อ หรือเนื้อเชื่อมส่วนล่าง (root) จะปรากฏโครงสร้างเกรนที่มีลักษณะเป็นคอลัมน์เกรนที่มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อจำนวนชั้นในการเชื่อมพอกเพิ่มขึ้นภายในเกรนจะปรากฏอนุภาคที่มีสีดำเข้ม ซึ่งสันนิษฐานว่าโครงสร้างดังกล่าวน่าจะประกอบด้วยออสเทนไนต์เดรนไดรท์ (austenite dendrites) และอินเตอร์เดนไดรท์เฟอไรต์ (interdendritic d-ferrite) ดังแสดงในรูป 9 (เนื้อเชื่อมส่วนล่าง) ในขณะที่บริเวณเนื้อเชื่อมส่วนบนมีลักษณะเกรนที่ค่อนข้างสมมาตร (equiaxed grains) ขนาดเล็ก ซึ่งน่าจะเกิดจากการเย็นตัวที่ค่อนข้างเร็ว (รูปที่ 9; เนื้อเชื่อมส่วนบน)



รูปที่ 9 ภาพโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างประแจทางหลักเมื่อผ่านการเชื่อมพอก 2 ชั้น, 3 ชั้น, และ 4 ชั้น

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของรอยเชื่อมประแจทางหลัก

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของตัวอย่างประแจทางหลักที่ผ่านการเชื่อมพอกทั้ง 1 ชั้น 2 ชั้น 3 ชั้น และ 4 ชั้น (รูปที่ 10) พบว่าค่าความแข็งเฉลี่ยของบริเวณ Fusion line มีแนวโน้มสูงกว่าตำแหน่งอื่น ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการ dilution ของธาตุในส่วนผสมของลวดเชื่อมและ Base Metal และบริเวณ HAZ จะมีค่าความแข็งต่ำที่สุด เนื่องจากมีโครงสร้างเกรนไม่สม่ำเสมอ และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าความแข็งในแต่ละบริเวณพบว่า การเชื่อมพอกประแจทางหลักด้วยไส้ฟลักซ์ จำนวน 2 ชั้นมีค่าความแข็งเฉลี่ยตรงบริเวณ Base Metal, Fusion Line และ Base Metal ที่มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าความแข็งเฉลี่ย 274.3, 272.2, และ 268 ตามลำดับ ซึ่งแทบไม่แตกต่างกัน



รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความแข็งของรอยเชื่อม (Weldment) ของประแจทางหลักที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดไส้ฟลักซ์จำนวน 1 ชั้น, 2 ชั้น, 3 ชั้น และ 4 ชั้น

4.5 ผลการวิเคราะห์ส่วนองค์ประกอบเคมีของรอยเชื่อมประแจทางหลัก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของรอยเชื่อมตรงตำแหน่ง Base Metal และ Weld Metal ในตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ในส่วนผสมของ Base Metal และ Weld metal มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงไว้ได้มีการเจือจาง (Dilution) ระหว่างลวดเชื่อม และชิ้นงานเชื่อมซึ่งค่า C อาจไปรวมกับธาตุอื่นกลายเป็นอนุภาคคาร์ไบด์ กระจายตัวตามตะเข็บรอยต่อ ขอบเกรน และภายในเกรนของเนื้อโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9

ตารางที่ 5 องค์ประกอบเคมีของรอยเชื่อมประแจทางหลัก

ธาตุ	Base Metal					ลวด	Weld metal				
	ผู้ผลิต	1 ชั้น	2 ชั้น	3 ชั้น	4 ชั้น		ผู้ผลิต	1 ชั้น	2 ชั้น	3 ชั้น	4 ชั้น
C	0.96 - 1.3	1.231	0.9983	1.017	0.9541	0.3 - 0.5	0.5761	0.3991	0.4256	0.3778	
Si	0.65	0.5523	0.5419	0.5348	0.5391	< 1	0.5940	0.5367	0.5315	0.5307	
Mn	11.5 - 14.0	14.41	14.31	14.35	14.27	13 - 18	15.10	16.37	16.74	16.52	
P	0.05	0.0279	0.0285	0.0282	0.0288		0.0199	0.0251	0.0244	0.0270	
S	-	0.0028	0.0039	0.0038	0.0050	< 0.1	0.0056	0.0155	0.0129	0.0166	
Cr	0.50	0.0524	0.0526	0.0542	0.0553	11-16	15.72	14.42	14.50	14.23	
Mo	0.75	0.0211	0.0253	0.0254	0.0250	< 0.8	0.0284	0.1836	0.1854	0.1861	
Ni	-	0.0435	0.0441	0.0423	0.0485	< 2.0	1.222	1.237	1.246	1.248	
Al	0.045	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005		0.0305	0.0343	0.0410	0.0412	
Co	-	0.0010	0.0112	0.0112	0.0120		0.02313	0.0233	0.0234	0.0238	
Cu	0.30	0.0606	0.0626	0.0601	0.0669		0.0215	0.0247	0.0239	0.0270	
Fe	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมกระบวนการเชื่อม ที่ทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ค่าความแข็งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแม้ผ่านการเชื่อมหลายชั้น โดยมีการหล่อเย็นบริเวณรอยเชื่อมขณะเชื่อมตลอดเวลา พบว่าความกว้างของบริเวณกระทบร้อนแต่ละแนวเชื่อมที่แคบและไม่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของประแจทางหลักที่ผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์จำนวน 1 ชั้น 2 ชั้น 3 ชั้น และ 4 ชั้น มีลักษณะโครงสร้างจุลภาคที่มีทิศทางไปทางเดียวกัน บริเวณ (Base Metal) จะพบโครงสร้างเกรนขนาดใหญ่ในระดับมิลลิเมตร บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อเชื่อม (Fusion line) และบริเวณกระทบร้อน (Heat Affected Zone) จะปรากฏโครงสร้างเฟสที่ดำขึ้นตามแนวตะเข้บรอยเชื่อม ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าน่าจะเกิดการ dilution ของธาตุในส่วนผสมของ (Base Metal) และลวดเชื่อมหลอมรวมกัน ส่วนบริเวณเนื้อเชื่อมส่วนฐานล่างจะมีลักษณะเป็น คอแลมน์เกรน ที่มีลักษณะคล้ายเกรนไครต์ของ ออสเทนไนท์เฟส และ เติลต้าเฟอร์ไรท์ และเมื่อพิจารณาถึงค่าความแข็งของชุดประแจทางหลักที่ผ่านการเชื่อมพอกด้วยไส้ฟลักซ์ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากอย่างมีนัยสำคัญ ประกอบกับการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยสายตาและสารแทรกซึมไม่พบจุดบกพร่องบนผิวชิ้นงานเชื่อมชุดประแจทางหลัก ดังนั้นสรุปได้ว่า ลวดเชื่อม TRANSLAMANGA และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อมอาร์คลวดไส้ฟลักซ์นี้ มีความเหมาะสมสำหรับการซ่อมแซมแผลล้อคั้นบนตะเข้บของชุดประแจทางหลักโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อรอยเชื่อม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ต้องขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้ทุนการวิจัย ตามสัญญาเลขที่ 2565FF005 บริษัท มีทิลแลปรีเคเด็ค จำกัด ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ และจัดสร้างชิ้นงานตัวอย่างเชื่อมพอกสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณทางหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนบุคลากรในการทำวิจัย ทั้งในและนอกสถานที่ ตลอดจนให้การอนุเคราะห์เครื่องจักร และเครื่องมือสำหรับการทดลองและทดสอบสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Recommended Practices for the Welding of Rails and Related Rail Components for Use by Rail Vehicles. 3rd Edition. (2013). The United States of America: American Welding Society.
- Porcaro, R.R., Faria, G.L., Godefroid, L.B., Apolonio, G.R., Candio, L.C., Pinto, E.S. (2019). Microstructure and mechanical properties of flash butt welded pearlitic rail. *Journal of Materials Processing Technology*, 170, 20-27.
- Zhang, F., Bo, L.V., Hu, B., Li, Y. (2007). Flash butt welding of high manganese steel crossing and carbon steel rail. *Materials Science and Engineering A*, 454-455, 288-292.
- Dahl, B., Mogard, B. (ม.ป.ป.). Repair of rails on-site by welding. Swedish National Rail, Borlange, Sweden B Grefot and B Ulander, Esab AB, Gothenburg, Sweden.
- Sabzi, M., Farzam, M. (2019). Hadfield manganese austenitic steel: a review of manufacturing processes and properties. *Materials Research Express*, 6, 1065c2.
- Sabzi, M., Dezfuli, S.M. (2018). Post weld heat treatment of hypereutectoid hadfield steel: characterization and control of microstructure, phase equilibrium, mechanical properties and fracture mode of welding joint. *Journal of Manufacturing Processes*, 34, 313-28.
- Sabzi, M. and Dezfuli S.M. (2018). Drastic improvement in mechanical properties and weldability of 316L stainless steel weld joints by using electromagnetic vibration during GTAW process. *Journal of Manufacturing Processes*, 33, 74-85.

รองเท้ายางอัจฉริยะสำหรับการตรวจวัดการกระจายแรงของกลุ่มผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเท้าแบบเรียลไทม์

^{1*} ธัญพิชชา ล่องดี ^{1*} สุภาพร หนูช่วย ^{1*} ประภัสสร เล็งสุนัน ^{1*} ประชิต สระโมหี และ ^{1*} ศิราพร คักดีพรหม

¹ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบล ไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

thanpitcha.lo@mail.wu.ac.th, supaporn.nu@mail.wu.ac.th and siraporn.sa@wu.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาอุปกรณ์ที่ผลิตจากยางพารา เพื่อมุ่งเน้นการติดตามกลุ่มผู้ป่วยกลุ่มเนื้อขาอ่อนแรง ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีความผิดปกติทางเท้าโดยเฉพาะโรคเท้าแบน การออกแบบรองเท้ายางอัจฉริยะนี้สามารถช่วยในการประเมินค่าของแรงกดในฝ่าเท้าของผู้ป่วยให้สามารถลงน้ำหนักเท้า ขณะยืนหรือเดินได้ตามที่แพทย์แนะนำหรือกำหนดไว้ โดยใช้ระบบการสื่อสารแบบไร้สายมาช่วยในการส่งข้อมูลแทนการใช้สายเคเบิล เพื่อให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ถูกทดสอบในขณะที่เดิน ทำให้สามารถเดินได้เป็นธรรมชาติมาก การออกแบบรองเท้ายางอัจฉริยะนี้เป็นการตรวจวัดแรงที่กระจายบนแผ่นรองเท้าและคำนวณค่าเป็นน้ำหนักที่ลงบนเท้าข้างซ้ายและขวาแต่ละจุด และส่งข้อมูลขึ้นระบบคลาวด์ด้วยการใช้ฟังก์ชัน WiFi ของ ESP32 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ข้อมูลในการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันมือถือต่อไป จากการทดลองพบว่าเซนเซอร์โหลดเซลล์สามารถตรวจวัดการกระจายแรงและผลรวมของน้ำหนักเท้าซ้ายและขวาจากโหลดเซลล์แต่ละจุด และและเก็บผลเพื่อหาค่าชดเชยและแสดงผลต่อไป การประเมินผลการทดลองจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 25 คน ผลของข้อมูลสามารถส่งค่าที่วัดได้ขึ้นไปแสดงผลยัง ThingSpeak (IoT platform) แบบ Real Time สามารถจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือน ต่อผู้ใช้งานได้ ความแม่นยำของเซนเซอร์และระบบที่วัดได้นั้นจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าค่าความผิดพลาดในการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริง มีค่าความผิดพลาดเพียงแค่ 4.18% ซึ่งอยู่ในสัดส่วนที่น่าพึงพอใจและยอมรับได้

คำสำคัญ ผลลัพธ์รองเท้าจากยางพารา ความผิดปกติทางเท้า รองเท้ายางอัจฉริยะ การตรวจวัดแรง โหลดเซลล์ ESP32 ไมโครคอนโทรลเลอร์

Smart Rubber Shoes for Patients with Foot Disorders: A Real-Time Measurement of Force Distribution

^{1*}Thanpitcha Longtee ^{1*}Supaporn Naucauy ^{1*}Praphatson Sangsun ^{1*}Prachid Saramolee and
^{1*}Siraporn Sakphrom

¹ School of Engineering and Technology, Walailak University, 222, Thaiburi, Tha Sala District, Nakhon Si Thammarat, 80160

thanpitcha.lo@mail.wu.ac.th, supaporn.nu@mail.wu.ac.th and siraporn.sa@wu.ac.th*

Abstract

The development of rubber-based footwear is discussed in this paper. It focuses on monitoring patient groups with weak leg muscles, the elderly, and those with anomalies of the foot, particularly flat feet. This smart rubber shoe's design enables the patient to place weight on his foot while measuring the pressure in foot's sole when standing or moving as the physician directs or advises. Using a wireless communication system in place of cables to assist with data transmission in order for the person to be able to walk, their gait can be evaluated and they are able to walk independently. This smart rubber shoe's design computes the weight imparted to each location on the left and right feet by measuring the force spread throughout the shoe plate. and use the ESP32 microcontroller's Wi-Fi feature to transfer data to the cloud. Mobile applications can still be used to present information. The findings demonstrated that the load cell sensor could detect the force and distribution of weight in the left and right feet, make the necessary adjustments, and then display the result through the calibration values. The measured values can be shown in real time on the ThingSpeak IoT platform by sending the data findings. Notifications can be issued to users and data kept. Testing with the total 25 samples revealed an error value in the sensors' and systems' accuracy as measured by the sample. Its error rate is a respectable 4.18%, which is a fair proportion.

Keywords: rubber-based footwear, anomalies of the foot, smart rubber shoe's design, measuring the pressure, ESP32 microcontroller

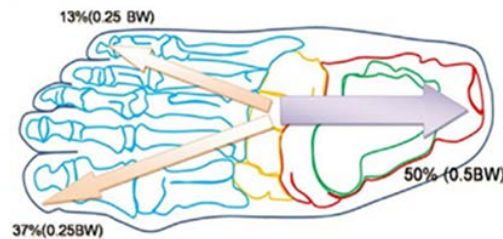
1. บทนำ

ปัญหาของเท้าที่พบมากในปัจจุบันคือความผิดปกติของการกระจายแรงกดในฝ่าเท้า โดยผู้ป่วยมักมาพบแพทย์ด้วยอาการปวดฝ่าเท้าหรือการมีหนังด้านแข็งที่เท้า สาเหตุของอาการเหล่านี้ อาจเกิดจากความผิดปกติของโครงสร้างเท้าแต่กำเนิด การเกิดความผิดปกติของโครงสร้างเท้าจากโรคบางอย่าง ความเสื่อมของร่างกายตามธรรมชาติ ก่อเกิดเป็นโรคข้อเข่าเสื่อม ซึ่งเป็นภาวะที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ และมีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากน้ำหนักตัวมาก หรือใช้เข่านานกว่าปกติ ดังนั้นในการรักษาจึงต้องมีการปรับการกระจายแรงกดในฝ่าเท้าที่ผิดปกติให้สามารถประเมินความผิดปกติของแรงกดในฝ่าเท้า โดยปัจจุบันมีการใช้เครื่องมือตรวจวัดการกระจายแรงกดในฝ่าเท้าที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถตรวจวัดการกระจายแรงกดในฝ่าเท้าได้ละเอียดครอบคลุมทุกพื้นที่ของฝ่าเท้า นอกจากนี้ยังพบปัญหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับกลุ่มคนไทยทุกช่วงวัย มักพบภาวะปัญหาเท้าแบนซึ่งมีผลความผิดปกติของการกระจายแรงกดในฝ่าเท้าด้วยเช่นกัน ภาวะเท้าแบนคือภาวะที่ความสูงของโค้งฝ่าเท้าทางด้านใน (Medial longitudinal arch) มีการลดลงบางส่วนหรืออาจพบว่ามีอยู่ในลักษณะแบนราบ [1] ซึ่งจะแสดงอาการปวดและการจำกัดการเคลื่อนไหวของเท้า เท้าแบนชนิดยืดหยุ่น (Flexible flat foot) เป็นภาวะที่มีความสูงของโค้งฝ่าเท้าทางด้านในลดลงเมื่อมีการลงน้ำหนักที่บริเวณเท้า [2] ซึ่งพบมากถึง 95% ของผู้ที่มีภาวะเท้าแบนทั้งหมด [3] และส่วนใหญ่จะไม่แสดงอาการปวด [4] แต่พบความสัมพันธ์ของภาวะเท้าแบนกับการอักเสบของกล้ามเนื้อบริเวณหน้าแข้ง อาการปวดเข่า [5] และปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับกระดูกสันหลัง [6] นอกจากนี้พบว่าผู้ที่มีภาวะเท้าแบนในขณะเดินจะมีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของกล้ามเนื้อโดยมีการลดลงของความเร็วในการเดินและอัตราการก้าวเท้าต่อนาทีเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่มีรูปเท้าปกติ ซึ่งพบว่าปัจจัยลักษณะรองเท้าที่ใช้ในขณะเดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเดิน [7] ดังนั้นบทความนี้จึงมีจุดประสงค์หลักในการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ที่ผลิตจากยางพาราเพื่อมุ่งเน้นการติดตามกลุ่มผู้ป่วยกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงจากความผิดปกติของเท้าโดยเฉพาะผู้ป่วยกลุ่มเท้าแบนเพื่อสังเกตการลงน้ำหนักของกลุ่มผู้ป่วยดังกล่าว รองเท้ายางอัจฉริยะนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินค่าของแรงกดในฝ่าเท้าของผู้ป่วย สามารถลงน้ำหนักเท้าขณะยืนหรือเดินได้ตามที่แพทย์แนะนำหรือกำหนดไว้ โดยใช้ระบบการสื่อสารแบบไร้สายมาช่วยในการส่งข้อมูลแทนการใช้สายเคเบิล เพื่อให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ถูกทดสอบในขณะเดิน ทำให้สามารถเดินได้เป็นธรรมชาติมากขึ้น โดยไม่มีสายไฟหรือสายเคเบิลมาเป็นอุปสรรคในการเดิน ซึ่งรูปแบบของรองเท้าที่ใช้ในการวัดให้มีลักษณะยืดหยุ่นได้ดี นอกจากนี้ยังเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศ โดยในการพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีการทดสอบทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ และมีการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงและมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบอุปกรณ์สำหรับการวัดแรงกดบนฝ่าเท้า: เมื่อขึ้นรูปรองเท้ายาง โดยทำการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบด้วย 3D printing (3D printer) เมื่อได้แบบภาพลักษณะของผลิตภัณฑ์แล้วก็จะเป็นการ

ดำเนินการจัดเตรียมแม่พิมพ์โลหะ (Mold) แล้วทำออกแบบสูตรยางที่ใช้ในการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ โดยการผสมยางคอมพาวด์ด้วยเครื่องผสมยาง (Two roll mill/Internal mixer) ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดร้อน (Hot plate hydraulic press) โดยให้ส่วนพื้นรองเท้าด้านล่างมีความทนทานต่อการสึกหรอและป้องกันการลื่นไถลได้ดี ส่วนพื้นด้านบนมีความนุ่ม มีความรู้สึกสบายในการสวมใส่ ทดสอบสมบัติของยางคอมพาวด์ ความแข็ง ความแข็งแรง ความต้านทานต่อการสึกหรอ ความต้านทานต่อลื่นไถล และจากนั้นเป็นการออกแบบระบบและอุปกรณ์สำหรับกรวัดแรงกดบนฝ่าเท้าด้วยการใช้เซนเซอร์แรงกด (Force sensor) และทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งราคาไม่แพงและสะดวกในการใช้งานเนื่องจากปัจจุบันเครื่อง Force plate นิยมใช้ใน การวิจัยเพราะมีข้อจำกัดในเรื่องของการใช้เนื่องจากเป็นเครื่องมือขนาดใหญ่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมและดูแล เครื่องมือที่สำคัญมีราคาสูง จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการรักษาพยาบาลทั่วไป จึงออกแบบอุปกรณ์ที่มีราคาถูกลง เพื่อผู้ป่วยได้เข้าถึงอุปกรณ์วัดแรงกดบนฝ่าเท้าได้ง่ายยิ่งขึ้น จากการทำงานของเท้า (Propulsive action of the foot) ในท่ายืน (Standing immobile) น้ำหนักของร่างกาย (Body weight : BW) จะส่งผ่านไปทางเท้าส่วนหลังและหน้า ประมาณอย่างละ 50 % โดยน้ำหนักตัว 50% ของเท้าส่วนหน้านั้นจะแยกส่งไปทางนิ้วหัวแม่เท้า 37 % และ นิ้วก้อยเท้า 13% ดังแสดงในรูปที่ 1



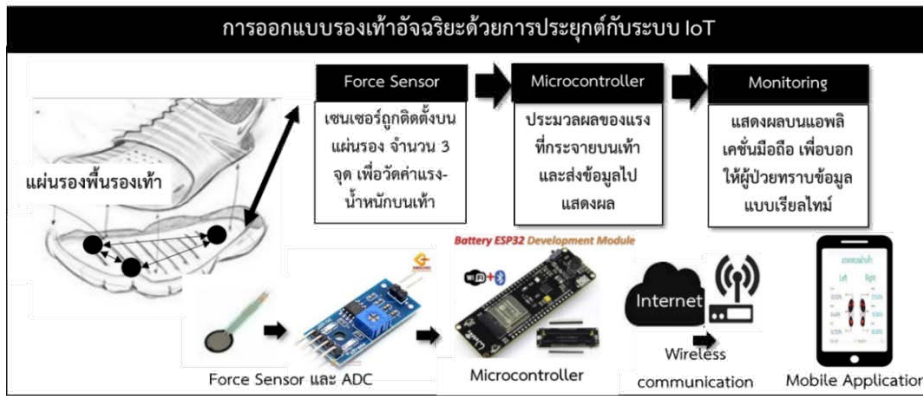
รูปที่ 1 น้ำหนักของร่างกายที่ส่งผ่านไปยังทางเท้าส่วนหลังและหน้า

ทำการออกแบบตำแหน่งของเซนเซอร์ไว้ 3 ตำแหน่งได้แก่กระดูกสันเท้า (HEEL) กระดูกหัวแม่เท้า (1'MTH) และกระดูกนิ้วก้อยเท้า (5'MTH) ตามลำดับ แนวทางในการออกแบบระบบรองเท้าอัจฉริยะด้วยการประยุกต์ใช้กับ IoT แสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งโครงสร้างของระบบประกอบด้วย

เซนเซอร์ Flexi Force: เซนเซอร์วัดแรงกดในฝ่าเท้าอย่างง่าย เป็นเซนเซอร์ที่อาศัยหลักการของปรากฏการณ์เพียโซรีซิสทีฟ ที่สามารถเปลี่ยนแรงที่มากระทำให้อยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้า โดยค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับขนาดของแรงกดหรือแรงดันที่กระทำต่อเซนเซอร์ ค่าการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าถูกแปลงค่าเป็นดิจิทัลเพื่อไปประมวลผลโดยใช้โมดูลเปรียบเทียบแรงดัน Analog Digital Film Pressure Sensor Resistance Voltage Conversion Module ซึ่งเป็นโมดูลเปรียบเทียบ

แรงดัน ทำหน้าที่แปลงค่าความต้านทานที่ได้จากเซนเซอร์ Flexi Force เป็น $V(out)$ ซึ่งเป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตามแรงกด และส่งค่า $V(out)$ ไปยังบอร์ด esp32

บอร์ด ESP32: เป็นชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มาพร้อมกับฟังก์ชันการใช้งานของ WiFi และบลูทูธ ทำหน้าที่ประมวลผลจากเซนเซอร์ที่วัดแรงกดทั้ง 3 จุด และคำนวณค่าในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ ก่อนส่งข้อมูลไปแสดงบนแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อแสดงข้อมูลที่วัดได้ให้แก่ผู้ใช้บนมือถือ



รูปที่ 2 แนวคิดในการออกแบบระบบรองเท้าอัจฉริยะ

การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบประสิทธิภาพ เริ่มจากการสร้างและพัฒนารองเท้าอัจฉริยะ โดยการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมกับแผ่นรองรองเท้ามากที่สุด และสามารถส่งสัญญาณไปแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันมือถือได้ จากนั้นจะนำไปใช้ทดสอบร่วมกับกลุ่มผู้ป่วยและผู้มีปัญหาทางเท้าจริง

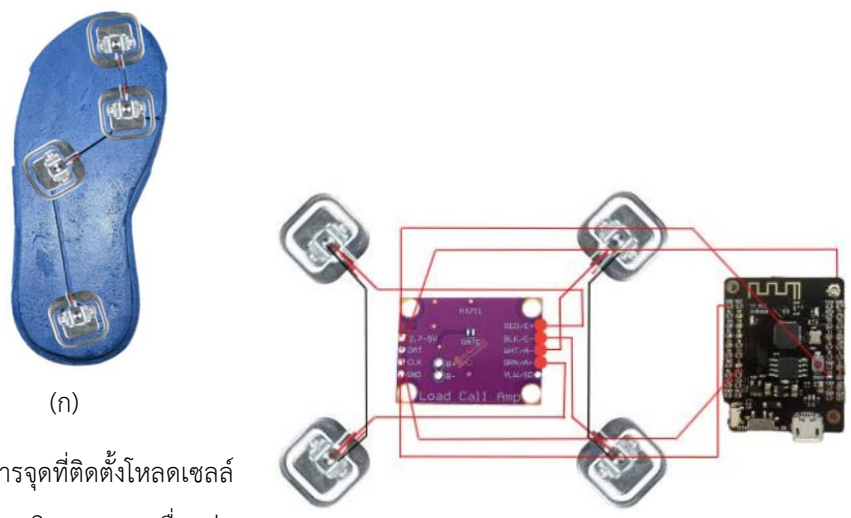
3. การออกแบบระบบและอุปกรณ์สำหรับการวัดแรงกดบนฝ่าเท้า

จากแนวคิดในการออกแบบระบบรองเท้าอัจฉริยะดังรูปที่ 2 การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการออกแบบอุปกรณ์สำหรับชีวการแพทย์เพื่อการตรวจวัดสัญญาณต่าง ๆ บนร่างกาย (Designing of Smart Device for Biomedical) โดยมุ่งเน้นการออกแบบอุปกรณ์แต่ละประเภทที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคนไข้ขณะติดอุปกรณ์บนร่างกายและต้องมีขนาดเล็กกระทัดรัด เนื่องจากถูกสัมผัสกับร่างกายบริเวณต่าง ๆ

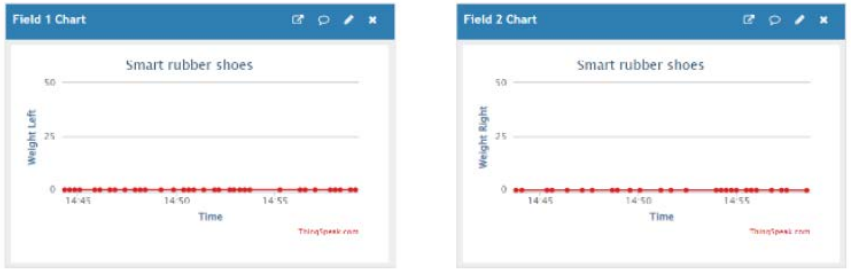
การออกแบบระบบรองเท้าอัจฉริยะในส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือเรียกว่า Smart Device ซึ่งอยู่บนโครงสร้างการออกแบบเครื่องตรวจวัดสัญญาณต่าง ๆ บนร่างกายแบบไร้สายประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนหลักคือ เซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และจอแสดงผล ซึ่งในส่วนของเซนเซอร์จะ 2 ตัว

คือ เซนเซอร์วัดแรงกดในฝ่าเท้าอย่างง่าย (Flexi Force) เป็นเซนเซอร์ที่อาศัยหลักการของปรากฏการณ์ เพียโซรีซิสทีฟ ที่สามารถเปลี่ยนแรงที่มากระทำให้อยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้า โดยค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับขนาดของแรงกดหรือแรงดันที่กระทำต่อเซนเซอร์ ค่าการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าถูกแปลงค่าเป็นดิจิตอลเพื่อไปประมวลผลโดยใช้โมดูลเปรียบเทียบแรงดัน Analog Digital Film Pressure Sensor Resistance Voltage Conversion Module ซึ่งเป็นโมดูลเปรียบเทียบแรงดัน ทำหน้าที่แปลงค่าความต้านทานที่ได้จากเซนเซอร์ Flexi Force เป็น $V(out)$ ซึ่งเป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตามแรงกด และส่งค่า $V(out)$ ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (บอร์ด ESP32) เพื่อทำการประมวลผลตามโค้ดโปรแกรมที่ได้ป้อนไว้ และเมื่อได้ค่าก็จะส่งค่าไปแสดงผลยังจอแสดงผลบนตัวอุปกรณ์รวมถึงส่งค่าขึ้นไปยังระบบ Cloud เพื่อทำการเก็บข้อมูลและแสดงผลต่อไปและอุปกรณ์ทั้งหมดจะได้รับพลังงานไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ (Li-polymer 502530 3.7v 370mAh) การออกแบบรองเท้ายางอัจฉริยะสำหรับการช่วยการเดินของผู้ป่วย การออกแบบอุปกรณ์สำหรับการวัดแรงกดบนโดยส่วนใหญ่จะใช้ Force plate หรือ Force sensor แต่เนื่องจากปัจจุบันเครื่อง Force plate นิยมใช้เฉพาะในการวิจัยเพราะมีข้อจำกัดในเรื่องของการใช้งาน และเป็นเครื่องมือขนาดใหญ่ที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมและดูแล และมีราคาสูง จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการรักษาพยาบาลทั่วไป ดังนั้นการใช้งานเซนเซอร์ซึ่งน้ำหนักโหลดเซลล์ (Load Cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ ดังนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้โหลดเซลล์ โดยทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่ทำหน้าที่ประมวลผลจากเซนเซอร์โหลดเซลล์เพื่อวัดแรงกดของฝ่าเท้าในลักษณะการยืนโดยจะใช้เซนเซอร์ซึ่งน้ำหนักได้ จากการทำงานของเท้า (Propulsive action of the foot) ในท่ายืน (Standing immobile) น้ำหนักของ ร่างกาย (Body weight : BW) จะส่งผ่านไปทางเท้าส่วนหลัง และหน้า ประมาณอย่างละ 50 % โดยน้ำหนักตัว 50% ของ เท้าส่วนหน้านั้นจะแยกส่งไปทางนิ้วหัวแม่เท้า 37 % และ นิ้วก้อยเท้า 13% ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนั้นจึงติดตั้งโหลดเซลล์โดยวัดแรงกดทั้ง 4 จุด ดังรูปที่ 3 (ก) ตามการออกแบบด้วยโปรแกรมและติดตั้งจริง ตามลำดับ รองเท้ายางอัจฉริยะที่ถูกสร้างเป็นต้นแบบสำหรับการช่วยการเดินของผู้มีปัญหาทางเท้า เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE เพื่อควบคุมการทำงาน เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ข้างต้นดังรูปที่ 3 (ข) รับค่าน้ำหนักจากการลงแรง ส่งข้อมูลไร้สายผ่าน Wi-Fi พร้อมแสดงผล Display บนหน้าจอนาฬิกาของผู้ใช้งาน และแสดงข้อมูลที่ได้ผ่าน ThingSpeak cloud ละส่งข้อมูลไปแสดงบน ThingSpeak cloud เพื่อแสดงข้อมูลที่วัดได้ การแสดงผลบนระบบ Cloud ด้วย Dash Board ของ ThingSpeak: ระบบ Cloud ที่ใช้เป็นตัวเก็บข้อมูล โดยในส่วนนี้ได้เลือกใช้ ThingSpeak เพื่อเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่เก็บได้จะแสดงในรูปแบบกราฟของค่าที่ได้ต่อเวลา ซึ่งในรูปแบบการ

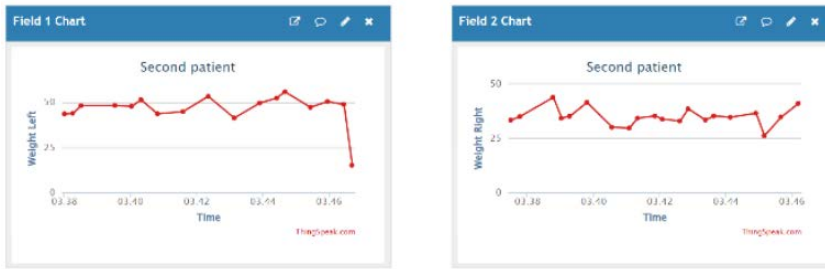
ใช้งานพรินต์นั้นจะสามารถอัปเดตค่าได้ทุก 15 วินาทีและสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ออกมาใช้ได้ ตามรูปที่ 4 และรูปที่ 5 แสดง Dash Board การแสดงผลของการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังระบบคลาวด์โดยรูปที่ 4 แสดงข้อมูลการส่งกรณีที่ใช้ใช้งานอยู่ในสภาวะการยืนนิ่งอยู่กับที่ในขณะที่รูปที่ 5 แสดงการก้าวสแต็ป (step walking) ซึ่งถูกสลับระหว่างซ้ายขวาสลับกันไป Field 1 แสดงข้อมูลการรับน้ำหนักเท้าซ้ายและ Field 2 เท้าขวาตามลำดับ นอกจากนี้ข้อมูลทั้งหมดในระบบคลาวด์ ThingSpeak จะเก็บทุกค่าข้อมูลน้ำหนักเท้าซ้าย ขวา โดยเก็บในรูปแบบไฟล์ excel อีกด้วย ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกดึงเพื่อนำไปวิเคราะห์ความผิดปกติ และแจ้งเตือนสำหรับแอปพลิเคชันอื่นต่อไป



รูปที่ 3 (ก) การจุดที่ติดตั้งโหลดเซลล์ 4 ตัวบนชิ้นงานจริง (ข) การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ของรองเท้ายางอัจฉริยะ



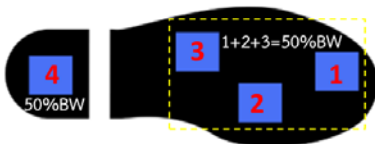
รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าน้ำหนักของเท้าทั้งสองข้างเมื่อยังไม่มีกรเหยียบหรือลงน้ำหนัก



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าน้ำหนักของเท้าทั้งสองข้างมีการเหยียบและเดิน

4. ผลการทดลองการออกแบบระบบและอุปกรณ์สำหรับการวัดแรงกดบนฝ่าเท้า

โครงสร้างของระบบและอุปกรณ์สำหรับการวัดแรงกดบนฝ่าเท้าประกอบด้วย (1) รองเท้าอัจฉริยะ ทำหน้าที่วัดแรงและน้ำหนักของผู้มีปัญหาทางเท้า ทั้งเท้าซ้ายและขวา (2) นาฬิกาแสดงผลการวัดแรง ทำหน้าที่รับค่าแรงและน้ำหนักซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูส่งมาจากรองเท้าอัจฉริยะ (3) ระบบคลาวด์ ทำหน้าที่เพื่อการเก็บข้อมูลและต่อยอดทางด้าน telemetry และ smart medical ในการติดตามผู้ป่วยด้วยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์เป็นต้น ผลการตรวจวัดของเซนเซอร์แต่ละประเภทของอุปกรณ์ smart devices ถูกตรวจวัดค่าการลงน้ำหนักของผู้ใช้จากเซนเซอร์แต่ละจุดทั้ง 4 จุด และหาผลรวมจุดที่ 1 2 และจุดที่ 3 ซึ่งควรมีค่าเท่ากับ 50% ของ Body weight (BW) และจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 50% ของ BW ด้วยเช่นกัน จากนั้นหาผลรวมทั้งหมดของทั้ง 4 จุดเพื่อหาน้ำหนักของเท้าแต่ละข้าง โดยทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ขณะยืนนิ่งแต่ละข้างดังรูปที่ 6 และใช้รองเท้าต้นแบบที่ถูกประกอบอุปกรณ์ดังรูปที่ 6 (ข) การทดลองรองเท้าอัจฉริยะ ทำหน้าที่วัดแรงและน้ำหนักของผู้มีปัญหาทางเท้า ทั้งเท้าซ้ายและขวาถูกตรวจสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดแรงและน้ำหนักของผู้ทดสอบ โดยทดสอบรวมกับการทดสอบโปรแกรมที่ส่งข้อมูลขึ้น ThingSpeak และระบบคลาวด์เพื่อดูข้อมูลเบื้องต้น โดยเก็บผลความแม่นยำจากกลุ่มทดสอบคนปกติ จำนวน 25 คน เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบและอัลกอริทึมของโปรแกรมโดยแสดงผลการทดลองและขั้นตอนการทำงานโดยสังเขปได้ดังนี้



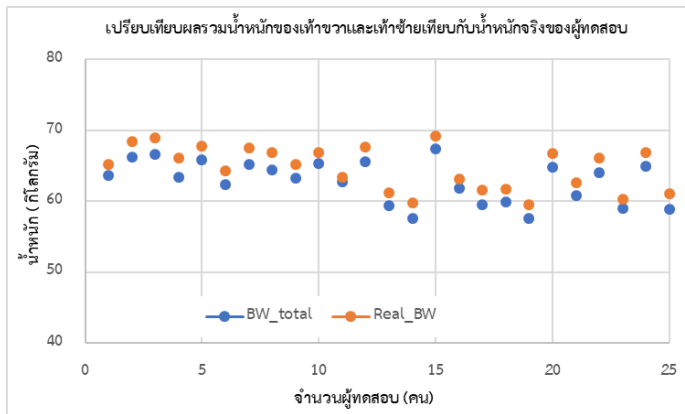
(ก)



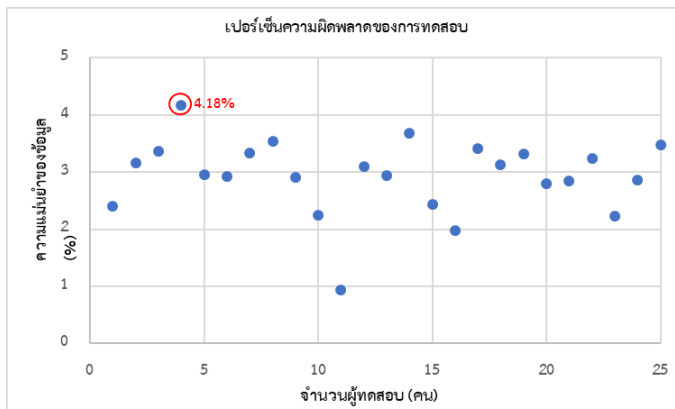
(ข)

รูปที่ 6 (ก) การตรวจวัดค่าการลงน้ำหนักของผู้ใช้จากเซนเซอร์แต่ละจุดทั้ง 4 จุด (ข) ต้นแบบรองเท้าอัจฉริยะ เพื่อนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริง

ผลความแม่นยำการทำงานของระบบและอัลกอริทึมของโปรแกรมจากกลุ่มทดสอบคนปกติ จำนวน 25 คน พบว่าจากผลการทดลองพบว่า ผลรวมการวัดค่าน้ำหนักของเท้าซ้าย (fields 1) และขวา (fields 2) นั่นคือ BW_total มีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักจริง (Real_BW) ซึ่งผลต่างที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ คิดเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุด 4.18% ซึ่งเป็นค่าประมาณ 2 กิโลกรัมดังนั้นค่าดังกล่าวจะถูก calibrate เพื่อรวมกับน้ำหนักที่ควรจะได้จริงดังนั้น การคำนวณหา $A + B = BW_total$ จะถูกเพิ่มค่า calibrate เข้าไปด้วย โดยจะได้เป็น $A + B + 2 = BW_total$ ต่อไป



รูปที่ 7 ผลเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักตัวจริงกับการลงน้ำหนักรวมของเท้าซ้ายและขวาของผู้ทดสอบ



รูปที่ 8 ความแม่นยำของการลงน้ำหนักรูปที่ 7 คิดค่าความผิดพลาดเป็นเปอร์เซ็นต์

5. บทสรุป

รองเท้าอัจฉริยะซึ่งเป็นฝั่งตรวจวัดและส่งข้อมูล ผลที่ได้จากการทดลองนั้น เซนเซอร์สามารถตรวจวัดการกระจายแรงและน้ำหนักของเท้าซ้ายและขวา และนำน้ำหนักขาแต่ละข้างหาผลรวมผ่านได้การชดเชย (calibration values) และบนจอแสดงผลที่ติดตั้งบนตัวอุปกรณ์ที่อยู่ในรูปแบบนาฬิกาข้อมือได้ รวมถึงสามารถส่งค่าข้อมูลที่วัดได้ขึ้นไปแสดงผลยัง ThingSpeak (IoT platform) แบบ Real Time ทั้งในด้านการจัดเก็บข้อมูล แจ้งเตือน และการแบ่งผู้ใช้งาน ได้สำเร็จ และในส่วนของความแม่นยำของเซนเซอร์และระบบที่วัดได้นั้นจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าค่าความผิดพลาดในการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริง มีค่าความผิดพลาดเพียงแค่ 4.89% ซึ่งอยู่ในสัดส่วนที่น่าพึงพอใจและยอมรับได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Lee MS. Vanore JV. Thomas JL. Catanzariti AR. Kogler G. Kravitz SR. et al. 2005. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. 44(2):78-113. J Foot Ankle Surg.
- [2] Flores DV. Gomez CM. Hernando MF. Davis MA. Pathria MN. 2019. Adult Acquired Flatfoot Deformity: Anatomy, Biomechanics, Staging, and Imaging Findings. 39(5):1437-60. Radiographics.
- [3] Yang S. 2016. Lather LA. Pediatric Pes Planus: A State-of-the-Art Review. Pediatrics. Carr JB 2nd. 137(3):1-10.
- [4] Aenumulapalli A. Kulkarni MM. Gandotra AR. 2017. Prevalence of Flexible Flat Foot in Adults: A Cross-sectional Study. 11(6):17-20. J Clin Diagn Res.
- [5] Iijima H. Ohi H. Isho T. Aoyama T. Fukutani N. Kaneda E. et al. 2017. Association of bilateral flat feet with knee pain and disability in patients with knee osteoarthritis: A cross-sectional study. 35(11):2490-8. J Orthop Res.
- [6] Chou MC. Huang JY. Hung YM. Perng WT. Chang R. Wei JCC. 2021. Flat foot and spinal degeneration: Evidence from nationwide population-based cohort study. 120(10):1897-906. J Formos Med Assoc.
- [7] Karimi MT. Tahmasebi RB. Satvati B. Fatoye F. 2019. Influence of foot insole on the gait performance in subject with flat foot disorder. 19(6):1-13. Journal of Mechanics in Medicine and Biology.

การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคนิคระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ แบบต่อตรงแบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดและชนิดลิเทียมไอออน

วศิน เอี้ยวเอียง^{1*} รติศ เพชรานนท์² ณัฐวัฒน์ พัลวัล³ กัญจน์ นาคเอี่ยม⁴ ภูรชญา วิรัตน์ศิริ⁵ มนตรี เงามเดช⁶
โกศล โอฬารไพโรจน์⁷ จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน⁸ อนนท์ นำอิน⁹ นพพร พัชรประภคิต¹⁰ ศรินธร มูลงาม¹¹
กาญจนา เฉลียว¹² วิวัฒน์ ทิพจร¹³ วรจักร เมืองใจ¹⁴ กิตตินัน สรรเสวย¹⁵ สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์¹⁶
และ ชีระศักดิ์ สมศักดิ์^{17*}

หน่วยวิจัยพลังงานสะอาด ที่อยู่ 98 98 ป่าสักหลวงหมู่3 ซอย 8 ตำบล ป่าป้อง อำเภอคอยสะแก จังหวัด เชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50220
wasin_aiaoheng@hotmail.co.th, 087-355-5388

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคนิคของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ ในการทดลองจะใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 Watt ป้อนน้ำหยด 24 Volt 300 Watt แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 24 Volt 12 Ah และ แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนขนาด 24 Volt 12 Ah ใช้เครื่องควบคุมการชาร์จชนิด MPPT ขนาด 40 Amp โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 กรณี ดังนี้ 1) ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง 2) ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด 3) ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน โดยทำการคำนวณค่าที่ได้ให้เป็นค่าพลังงานเปอร์ยูนิตต่อหน่วย และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ซึ่งปั้มน้ำทำงานเต็มประสิทธิภาพ จะมีพลังงาน 1 เปอร์ยูนิต เท่ากับ 0.057 หน่วย ผลปรากฏว่าระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง มีพลังงานเปอร์ยูนิต 1 หน่วย เท่ากับ 0.049 หน่วย ประสิทธิภาพการทำงาน 88 % ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดมีพลังงานเปอร์ยูนิต 1 หน่วย เท่ากับ 0.052 หน่วย ประสิทธิภาพการทำงาน 92 % และระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน มีพลังงานเปอร์ยูนิต 1 หน่วยเท่ากับ 0.055 หน่วย ประสิทธิภาพการทำงาน 96 % สรุปได้ว่า ในระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรงที่จะทำให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพสูง คือในช่วงเวลา 10.00-16.00 น. นอกเหนือจากเวลาดังกล่าว ประสิทธิภาพการทำงานระบบจะต่ำ และเมื่อทำการทดลองต่อกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด และชนิดลิเทียมไอออนเข้าไปในระบบ การทดลองที่มีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนจะมีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่า ซึ่งทั้งสองการทดลองนี้มีการใช้แบตเตอรี่ในการกักเก็บพลังงานมาใช้สำรองได้เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ ทำให้ปริมาณน้ำที่ได้มีค่านั่นคง และปริมาณน้ำที่ได้มีค่ามากกว่าระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง

A comparative study of the technical performance of a direct-connected solar cell pumping system with lead-acid and lithium-ion batteries

Abstract

This research aims to compare the technical performance of the solar cell pumping system. In the experiment used 300 Watt solar panel, 24 Volt 300 Watt centrifugal pump, 24 Volt 12 Ah lead-acid battery and a 24 Volt 12 Ah lithium-ion battery using a 40 Amp MPPT type charge controller. A total of 3 trials were divided as follows. 1) performance test of the direct-connected solar water pumping system. 2) performance test of a solar water pumping system with lead-acid batteries. 3) performance test of solar water pumping system with lithium-ion battery by calculating the value obtained as a percentage of energy per unit. and bring the results to compare the efficiency. When the water pump is running at full capacity, it has 1 percent energy equal to 0.057 units. The results showed that direct-connected solar pumping, the system was found to be 88 percent efficient with a percentage of 1 unit equal to 0.049 units. In the water solar pumping system with solar cells connected with lead-acid batteries, the system was found to be 92 percent efficient with a percentage of 1 unit equal to 0.052 units and The solar water pumping system with solar cells connected with lithium-ion battery, the system was found to be 96 percent efficient with a percentage of 1 unit equal to 0.055 units. It can be concluded that the pumping system with direct solar cells that will make the system work with high efficiency. It start form 10:00 a.m. to 4:00 p.m. In addition to that time, the system performance will be low and when experimenting with lead-acid batteries and lithium-ion types into the system that experiments with lithium-ion batteries are more efficient. In both experiments, batteries were used to store energy as a backup when there was no sunlight resulting in a constant amount of water received and the amount of water received is greater than that of the pumping system with direct solar cells.

1. บทนำ

หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันยังมีพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทานจำนวนมากที่ขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร เกษตรกรบางส่วนใช้วิธีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาเพื่อใช้ในการเกษตรกรรมทำให้มีต้นทุนในการทำเกษตรที่สูงขึ้น ในบางพื้นที่เกษตรกรมีแหล่งน้ำขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังขาดการจัดการบริหารน้ำและระบบส่งน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชชนิดนั้น ๆ ดังนั้นการใช้ระบบสูบน้ำโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสูบน้ำสำหรับใช้งานในพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทานจึงเป็นแนวทางแก้ปัญหาคาดแคลนน้ำเพื่อทำการเกษตร

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคนิคระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด และชนิดลิเทียมไอออน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบโซลาร์เซลล์ ที่นำมาใช้จ่ายไฟฟ้าให้กับปั๊มสูบน้ำในระบบประปา ชลประทานอื่นๆ ทำให้สามารถใช้โซลาร์เซลล์กับระบบสูบน้ำหมู่บ้าน ชุมชน อาคาร ไม่ต้องใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า สามารถประยุกต์ใช้ได้กับปั๊มน้ำในทุกระบบทั้ง 1 เฟส หรือ 3 เฟส โดยสามารถสูบน้ำได้จากทั้งบ่อน้ำ สระ หนอง คลอง บึง หรือ บ่อน้ำบาดาล

2.1.1 ส่วนประกอบของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบหลักของระบบจะประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic, PV) ระบบควบคุมทางไฟฟ้า (Controller) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสำหรับสูบน้ำ (Inverter) และปั๊มสูบน้ำ

2.1.1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง สามารถนำไปประยุกต์กับระบบสูบน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ได้โดยตรง

2.1.1.2 ระบบควบคุมทางไฟฟ้า คือ ระบบที่ใช้การควบคุมการทำงานของระบบสูบน้ำ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องควบคุมการทำงาน แผงวงจรควบคุมการทำงานของระบบสูบน้ำ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่

2.1.1.2.1 เครื่องควบคุมการทำงาน คือ เครื่องใช้ในการควบคุมการทำงานของสูบน้ำ โดยจะ ส่งคำสั่งไปยังแผงวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบสูบน้ำ เพื่อให้เปิด-ปิดการทำงานของ สูบน้ำ

2.1.1.2.2 แผงวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบสูบน้ำ คือ แผงวงจรที่ใช้ในการ เปิด-ปิดการทำงานของสูบน้ำ

2.1.1.2.3 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการ ประจุและคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ รวมถึงทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่จะก่อให้เกิดกับ แบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า

2.1.1.2.4 แบตเตอรี่คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสะสมพลังงานไฟฟ้า สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้า ให้แก่เครื่องควบคุมการทำงานและแผงวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบสูบน้ำ

2.1.1.3 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่แปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้า กระแสตรงเป็นไฟฟ้า กระแสสลับ เพื่อให้ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปได้

2.1.1.4 ปั๊มสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์คือ ปั๊มสูบน้ำที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ ผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.2 จุดเด่นและจุดด้อยของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.2.1 เป็นการประยุกต์ใช้พลังงานจากธรรมชาติซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและไม่มีวันหมด

2.1.2.2 สามารถติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนพื้นโลก

2.1.2.3 ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์รวมถึงไม่มีการเผาไหม้จึงไม่เกิดปัญหา กับสิ่งแวดล้อม

2.1.2.4 ไม่มีอุปกรณ์ใดๆ เคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง

2.1.2.5 การติดตั้งทำได้ง่ายและสะดวก เคลื่อนย้ายได้สะดวก

2.1.2.6 เป็นระบบที่มีการบำรุงรักษาน้อยมาก

2.1.2.7 ลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่าน หิน เป็นต้น

2.1.3 การทำงานของระบบ

2.1.3.1 ในตอนกลางวันเมื่อมีแสงแดด โซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้าและป้อนให้กับปั๊มสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงสูบน้ำใช้งานตอนกลางวัน และเก็บสู้งัดเก็บน้ำที่เตรียมไว้

2.1.3.2 ในตอนกลางคืน ถ้าหากสถานที่ติดตั้งมีไฟฟ้าการไฟฟ้า จะสลับการทำงานของปั๊มไปเป็น ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยใช้อินเวอร์เตอร์

2.1.4 การสูบน้ำโดยใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง

การใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบมีระบบอินเวอร์เตอร์ไปยังปั๊มน้ำนั้น เพื่อใช้งานในการสูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำหรือบ่อบาดาลแล้วนำไปเก็บไว้บนถังพักน้ำที่อยู่บนที่สูงหรือหอน้ำ ซึ่งการใช้ระบบโซลาร์เซลล์แบบมีระบบอินเวอร์เตอร์นั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพราะจะสามารถใช้ไฟฟ้าได้หลากหลายรูปแบบเช่น ระบบ DC , AC , Hybrid ซึ่งจะทำให้สามารถสูบน้ำได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืนและวันที่ไม่มีแสงแดด มีข้อเสียคือ ในการลงทุนติดตั้งนั้นมีต้นทุนค่อนข้างสูงแต่ผลที่ได้รับจะสามารถผลิตปริมาณน้ำได้มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบโซลาร์เซลล์แบบต่อตรงหรือแบบแบตเตอรี่

2.1.5 ความสูงในการสูบน้ำ (Total Dynamic Head)

ความสูงรวมของการสูบน้ำระดับของการยกน้ำ หรือที่เรียกกันในภาษาอังกฤษว่า Total Dynamic Head หรือ THD, เราจะพบกับตัวอักษรย่อตัวนี้ในเนมเพลต หรือฉลากของปั๊มน้ำ หรือ บางทีก็เรียกง่ายๆว่า “ เฮด Head “ ซึ่งก็จะหมายถึงความสามารถของปั๊มน้ำตัวนั้นที่จะมีความสามารถดันน้ำให้ขึ้นสูงได้เพียงใด ที่ข้างตัวปั๊มน้ำจะระบุหน่วยเป็นเมตร หรือ ฟุต (1เมตร = 3.28 ฟุต)

2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell)

ในประเทศไทย เริ่มมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ามาตั้งแต่ปี 2526 จนถึงปี 2553 มียอดติดตั้งรวม 100.39 MW แจกจ่ายไฟฟ้า(เฉพาะเชื่อมกับสายส่งของ กฟผ. แล้ว) ทั้งปี 2553 รวม 21.6 GWh หรือ 0.0134% ของปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 161,350 GWh โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ผลิตไฟฟ้าได้ 2.2 GWh ผู้ผลิตรายย่อย 19.4 GWh ตามพระราชบัญญัติการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน 15 ปีนับจากปี 2552 กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียนไว้ที่ 20.3% ของพลังงานทั้งหมด โดยมีสัดส่วนของพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 6% ดังนั้น ตามแผนงาน ในปี 2565 ประเทศไทยต้องมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีกำลังการผลิตรวม 500 MW ตัวเลขในปี 2554 อยู่ระหว่างดำเนินการติดตั้ง 265 MW และอยู่ระหว่างการพิจารณาจาก กฟผ. อีก 336 MW โรงไฟฟ้าที่สร้างที่จังหวัดลพบุรีด้วยเทคโนโลยี amorphous thin film ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถึง 540,000 ชุด มีกำลังการผลิต 73 MW จะเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก

2.2.1 หลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นสาขาของเทคโนโลยีและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงสว่าง แม้ว่ามันมักจะถูกนำมาใช้เฉพาะเพื่ออ้างถึงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงแดดก็ตาม เซลล์นั้นๆสามารถถูกอธิบายว่าเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ได้แม้ว่าแหล่งกำเนิดแสงไม่จำเป็นต้องเป็นดวงอาทิตย์ (เช่นแสงตะเกียงหรือไฟเทียน ฯลฯ) ในกรณีดังกล่าว เซลล์นั้นบางครั้งจะถูกใช้เป็นตัวตรวจจับแสง (อังกฤษ: photodetector) (เช่น ตัวตรวจจับแสงอินฟราเรด) เพื่อตรวจจับแสงหรือรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆที่อยู่ในทัศนวิสัย หรือใช้วัดความเข้มของแสง เซลล์แสงอาทิตย์หลายๆชุดถูกประกอบเข้าด้วยกันเพื่อทำเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงแดด หลายๆเซลล์รวมเข้ามาเป็นกลุ่มๆ ทุกกลุ่มวางตัวเป็นหนึ่งแผง เรียกว่าแผงโซลาร์เซลล์หนึ่งแผงหรือหนึ่ง "โมดูลของเซลล์แสงอาทิตย์" ซึ่งจะแตกต่างจาก "โมดูล ความร้อนแสงอาทิตย์" หรือ "แผงน้ำร้อนแสงอาทิตย์ ." พลังงานไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นจากโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งถูกเรียกขานว่าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวอย่างของการนำพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ กลุ่มของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆแผงที่เชื่อมต่อกันเรียกว่า "อาเรย์"

2.2.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถูกลง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือปนฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือปนโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วย โฮล ซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.2.3 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลัก คือ

2.2.3.1 Mono crystalline หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้สร้างโดยการนำเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมากถึง 99.999% ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากผลึกตั้งต้น (Seed crystal) ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปจะนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขีดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1000 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก็จะขึ้นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ และชั้นสุดท้ายก็จะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด

2.2.3.2 Poly crystalline หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึกเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึกได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบหลายผลึกก็คือก้อนซิลิคอนที่เกิดจากการรวมตัวกันของชิ้นเล็ก ๆ (ขนาดระดับไมโครเมตร-มิลลิเมตร) ของผลึกเดี่ยวของซิลิคอน ขั้นตอนการผลิตของโพลีซิลิคอน ด้านบนของรูปแสดงการผลิตแบบ cast โดยจะเทซิลิคอนที่หลอมละลายเข้าไปใน crucible แล้วปล่อยให้เย็นลงอย่างช้า ๆ ซึ่งก็จะได้ก้อน ingot ของซิลิคอนหลายผลึกที่มีรูปร่างตาม crucible ที่ใช้ หลังจากนั้นก็นำไปทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ก็คล้ายกับกรรมวิธีของแบบผลึกเดี่ยว คือนำไปตัดเป็นเวเฟอร์หนาขนาด 300-400 ไมโครเมตร แล้วก็ทำ p-n junction ต่อไป ด้านล่างของรูปเป็นการสร้างแผ่นซิลิคอนหลายผลึกที่จะใช้ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงจากสารหลอมเหลวของซิลิคอน เรียกวิธีนี้ว่า ribbon โดยวิธีนี้จะช่วยลดขั้นตอนที่จะต้องหั่นเป็นแผ่นเวเฟอร์ในกรรมวิธี

2.2.3.3 Amorphous silicon หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสมีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบางไม่ใช่เวเฟอร์ ดังรูปที่ 5 แสดงให้เห็นขั้นตอนการผลิต เราจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรองโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนติดอยู่ เช่น ก๊าซซิลิเซน (SiH₄) ผ่านเข้าไปในท่อสุญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีกระแสความร้อน โดยพลาสมาเพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นแก้ว สเตนเลส หรือพลาสติก ที่ได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส ซิลิคอนจะทับถมสะสมบนแผ่นเกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน

2.3 ปัมและมอเตอร์

ปัมหรือเครื่องสูบ เป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามความต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลวนั้นอาจได้มาจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานแหล่งอื่นๆก็ได้ กล่าวได้ว่า ปัมมีส่วนในการพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษยชาติมาตั้งแต่อดีตและจะมีมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคตในอนาคตส่วนใหญ่ต้องอาศัยอยู่ใกล้ๆกับแหล่งน้ำเพื่อความสะดวกกับการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคและทำการเกษตร แหล่งน้ำใดที่อยู่ต่ำจากผิวดินมากไม่สะดวกต่อการใช้ มนุษย์ก็ได้พยายามคิดค้นเครื่องมือซึ่งมีลักษณะเป็นปัมหรือเครื่องสูบชนิดต่างๆเพื่อนำเอาน้ำมาใช้ให้สะดวกขึ้น เพื่อให้สามารถทำการเพาะปลูกได้มากและห่างไกลจากแหล่งน้ำมากขึ้น ปัมหรือเครื่องมือที่คิดค้นขึ้นมาหลายร้อยปีแล้วบางชิ้นก็ยังคงมีอยู่ในหลายๆประเทศในปัจจุบัน ปัมสมัยใหม่ได้เริ่มมีวิวัฒนาการมาตั้งแต่ประมาณปี ค.ศ.1840 โดยเป็นแบบลูกสูบชัก (Reciprocating) ชนิดต่อตรงเข้ากับเครื่องจักรไอน้ำ นับตั้งแต่สมัยนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีวิวัฒนาการมากขึ้นในทุกๆด้านอาจกล่าวได้ว่า ปัมเป็นเครื่องมือสำคัญที่จำเป็นต่อความอยู่ดีกินดีของมนุษยชาติทุกด้าน นับตั้งแต่งานจัดหาและส่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร งานอุตสาหกรรม คมนาคม หรือแม้กระทั่งงานแพทย์ที่ใช้ปัมทำหน้าที่หัวใจเทียม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัมที่จะกล่าวถึงในที่นี้จะเน้นเฉพาะแบบต่างๆไปที่ใช้กันในงานจัดหาน้ำ ส่งน้ำ และระบายน้ำ หรือปัมน้ำเท่านั้น

2.4 แบตเตอรี่ (battery)

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย เซลล์ไฟฟ้าเคมี หนึ่งเซลล์หรือมากกว่า ที่มีการเชื่อมต่อกันภายนอกเพื่อให้กำลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า แบตเตอรี่มี ขั้วบวก (anode) และ ขั้วลบ (cathode) ขั้วที่มีเครื่องหมายบวกจะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้วที่มีเครื่องหมายลบ ขั้วที่มีเครื่องหมายลบคือแหล่งที่มาของอิเล็กตรอนที่เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกแล้วอิเล็กตรอนเหล่านี้จะไหลและส่งมอบพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายนอก เมื่อแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก สาร อิเล็กโทรไลต์มีความสามารถที่จะเคลื่อนที่โดยทำตัวเป็นไอออน ยอมให้ปฏิกิริยาทางเคมีทำงานแล้วเสร็จในขั้วไฟฟ้าที่อยู่ห่างกัน เป็นการส่งมอบพลังงานให้กับวงจรภายนอก การเคลื่อนไหวของไอออนเหล่านี้ที่อยู่ในแบตเตอรี่ทำให้เกิดกระแสไหลออกจากแบตเตอรี่

เพื่อปฏิบัติงาน ในอดีตคำว่า "แบตเตอรี่" หมายถึงเฉพาะอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ แต่การใช้งานได้มีการพัฒนาให้รวมถึงอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว

2.5 ทฤษฎีการไหลในท่อ

2.5.1 คุณสมบัติของของไหล

คุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของของไหล ได้แก่ ความดัน ความหนาแน่นความเร็ว จำนวนเลขเรย์โนลด์ (Reynolds' number) ค่าเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์ต่อการไหลซึ่งจะกล่าวต่อไป

2.5.1.1 ความดัน เนื่องจากความดันมีความสัมพันธ์กับแรงต่อพื้นที่หน้าตัด ดังนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดจะทำให้ค่าความดันเปลี่ยนแปลงไปด้วย เราสามารถนำหลักการนี้ไปใช้เพื่อคำนวณหาความเร็วการไหลของของไหลได้ จากสมการของ Bernoulli ซึ่งเป็นการสาหรับการไหลของ Steady, incompressible, in viscid และใช้ได้ตามเฉพาะการไหล

2.5.1.2 ความหนาแน่น ใช้ในการคำนวณหาความดันของของไหล ณ จุดใดๆ โดยความหนาแน่น บ่งบอกถึงมวลต่อปริมาตร

2.5.1.3 ความเร็ว จะเป็นค่าตัวแปรที่กำหนดพฤติกรรมของการไหลของของไหลว่าจะเป็นไปใน ลักษณะใด กล่าวคือ เมื่อความเร็วเฉลี่ยของของไหลเป็นไปอย่างช้าๆ เราจะเรียกการไหลแบบนี้ว่า การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) แสดงดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าในบริเวณใกล้กับเส้นผ่าน ศูนย์กลางของท่อ ความเร็วของการไหลจะมีค่ามากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป และหากความเร็วมีค่า มากขึ้นถึงระดับหนึ่งจะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ซึ่งการไหลแบบนี้จะพบเห็นกันเป็นส่วนมาก อนึ่งการไหลแบบปั่นป่วนนี้จะเป็นการไหลที่มีรูปแบบไม่แน่นอน

2.5.1.4 จำนวนเลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number) เป็นเลขดัชนีที่บ่งบอกสภาพปรากฏการณ์การไหลของของไหล ซึ่งเป็นสัดส่วนของ inertia/viscous จำนวนเลขเรย์โนลด์จะมีค่าขึ้นอยู่กับความเร็วการไหลความหนืด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ และความหนาแน่นของของไหล

2.5.2 การหาอัตราการไหลของปั๊ม

ปั๊มหรือเครื่องสูบน้ำนั้นจะมีความสามารถในการสูบน้ำเปลี่ยนแปลงไปตาม Head (H) สมรรถนะของปั๊ม (Pump performance curve) โดยสัญลักษณ์ตัว H ย่อมาจาก Head หรือแรงดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบท่อและอุปกรณ์ที่น้ำไหลผ่าน ส่วนตัว m ในวงเล็บย่อมาจาก meter of water ซึ่งก็คือหน่วยความดันในหน่วยเมตรน้ำที่ไม่ใช่หน่วยความสูงหรือความยาวแต่อย่างใด

สัญลักษณ์ตัว Q คืออัตราการไหลของน้ำ และ m³/h ในวงเล็บย่อมาจากลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยเส้นสมรรถนะของปั๊มนั้นจะเป็นมีลักษณะเฉพาะของตัวเอง และปั๊มแต่ละตัวก็จะมีเส้นสมรรถนะที่ไม่เหมือนกัน

2.6 เครื่องควบคุมการประจุ

ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมักรวมฟังก์ชันพิเศษ เข้าไว้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหาย ที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์ อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดัน ของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่, Maximum Power Point Tracking (MPPT) เป็นกระบวนการ ที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ซึ่งเหมาะสมและจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศที่สภาพอากาศหนาวเย็น ฯลฯ

2.6.1 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุคือ มีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำงานเป็นสวิตช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุจนเต็ม วิธีเบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจรโดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิดความเสียหาย เครื่องควบคุมการประจุ จะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็ม แรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 โวลต์และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 13.4 โวลต์

2.6.2 ชนิดของเครื่องควบคุมการประจุ

เครื่องควบคุมการประจุ แบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะหลักการทำงาน คือ

2.6.2.1 PWM (Pulse Width Modulation) หลักการทำงาน ก็คือ ควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ให้คงที่ ด้วยระบบดิจิทัล (Digital) เพื่อให้ประหยัดพลังงาน และสามารถควบคุมการประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี ทำให้แบตเตอรี่ไม่เสื่อมเร็ว มีฟังก์ชันไฟแสดงสถานะการทำงานที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น การทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ ระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ (ไฟเต็ม,ไฟกลาง,ไฟน้อย หรือใกล้หมด) การจ่ายไฟ DC ให้เครื่องใช้ไฟฟ้าDC ที่กำลังต่อเชื่อมวงจร มีระบบการตัดไฟอัตโนมัติ ในกรณีไฟแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over Charge, Over Discharge Protection)

2.6.2.2 MPPT (Maximum Power Point Tracking) หลักการทำงานของตัวนี้ ก็คือ มีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ หรือตัวจับสัญญาณ คอยควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับแรงดันกระแสในแบตเตอรี่ และเลือกสัญญาณไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากแผงเพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ให้เต็มที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงหมดห่วงเมื่อใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ ขณะที่สภาพแสงแดดภายนอกไม่คงที่ แสงแดดอ่อนๆ ในช่วงเช้า ช่วงเย็น หรือตอนครึ้มๆ ก่อน หลังฝนตก

2.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

นอกจากการพิจารณาแหล่งเงินทุน และต้นทุนของเงินทุนที่จะนำมาลงทุนแล้ว การตัดสินใจว่าจะทำหรือไม่ทำโครงการลงทุนนั้นๆ ต้องอาศัยเทคนิคทางการเงินต่าง ๆ ช่วยในการ ตัดสินใจ เทคนิคที่นิยมใช้กันทั่วไปที่จะกล่าวถึงมี 4 วิธีดังนี้ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) อัตราส่วนผลตอบแทน ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: B/C ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 วัชรการ ขนชื่นชมวงศ์ (2546) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาความเหมาะสมของ การเลือกใช้ปั้มน้ำในระบบปั้มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการ พัฒนาปรับปรุงการใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร ผลการวิจัยพบว่า ขนาด ของถังพักน้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.0 เมตร และความสูงของถังพักน้ำเท่ากับ 3.98 เมตร จำนวน 8 ถัง และควรติดตั้งที่ระดับความสูงจากแปลงไม้ดอก 13.83 เมตร สำหรับขนาดปั้มน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานมีอัตราสูบน้ำ 11.036 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และมีระยะเหตรวมเท่ากับ 20.59 เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับระบบจ่ายน้ำ และยังพบว่าปัจจุบันค่าการลงทุนของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์เป็นส่วนที่มากที่สุดของการลงทุนทั้ง ระบบ โดยค่าการลงทุนของระบบสูบน้ำพลังงาน แสงอาทิตย์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานน้ำที่ต้องการ ซึ่งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะประหยัดในกรณีที่เป็ระบบขนาดเล็กเท่านั้น

2.8.2 รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ (2538) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบระบบสูบน้ำด้วย เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงและแบบมีแบตเตอรี่ประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการออกแบบ และติดตั้งระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงและแบบมีแบตเตอรี่ประกอบจากแหล่งน้ำ ผิวดินเพื่อการอุปโภคบริโภค ทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะและความเหมาะสมทางเทคนิคและ เศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงและแบบมีแบตเตอรี่ และเสนอแนวทางปรับปรุงการออกแบบ เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการวิจัยพบว่า ผลการทดสอบสมรรถนะในภาคสนาม สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำ แบบต่อตรงขึ้นกับค่าความเข้มรังสีตกกระทบในช่วงอุณหภูมิของแผงเซลล์ต่ำ (< 40 องศาเซลเซียส) ส่วนประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำแบบมีแบตเตอรี่ขึ้นกับค่าความเข้มรังสีตกกระทบและสภาวะของ แบตเตอรี่ในระบบขณะนั้น ผลการทดสอบสมรรถนะระยะสั้นรายวัน พบว่าระบบสูบน้ำแบบมี แบตเตอรี่ประกอบที่ทำงาน 7 ชั่วโมงต่อวัน สามารถสูบน้ำได้มากกว่าระบบต่อตรงในวันที่มีพลังงาน แสงอาทิตย์ตกกระทบแผงต่ำกว่า 6 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน

ผลการทดสอบสมรรถนะทางเทคนิคระยะยาว พบว่าระบบสูบน้ำแบบมีแบตเตอรี่ ให้ปริมาณน้ำรายปีมากกว่าระบบสูบน้ำแบบต่อตรง

ผลการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของระบบสูบน้ำ พบว่าราคาต่อหน่วยของน้ำ ที่สูบได้จากระบบสูบน้ำแบบมีแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับระบบสูบน้ำแบบต่อตรงที่ทดสอบในงานวิจัยนี้โดยมีราคาต่อหน่วยของน้ำในช่วง 9-10 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สามารถสูบน้ำได้เฉลี่ยวันละ 6-12 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ระยะเหตสถิติ 7-15 เมตร

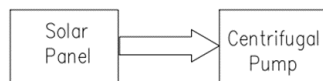
ผลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ มีสมรรถนะการทำงานสูงกว่าระบบสูบน้ำแบบต่อตรงและมีความเหมาะสมทางเทคนิคและ เศรษฐศาสตร์ที่จะนำมาใช้งาน

2.8.3 ดร.ณิ อนันต์โสภณสกุล (2540) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ฐานข้อมูลโครงการระบบสูบน้ำ ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการสำรวจและจัดเก็บรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้กับประชาชนในชนบทใน แต่ละหมู่บ้านทั่วประเทศ ตามนโยบายการกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาคและท้องถิ่น

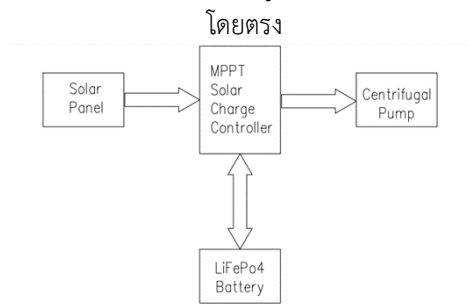
จากการศึกษา พบว่าข้อมูลเหล่านี้ มีความสำคัญมากในการกำหนดแนวทางการพัฒนา หากจัดเก็บข้อมูลไม่ถูกต้องตรงกับสภาพความเป็นจริง จะมีผลทำให้การกำหนดพื้นที่เป้าหมาย เพื่อการพัฒนา การจัดทำแผนงานหรือโครงการ การขออนุมัติโครงการและการจัดสรรงบประมาณ ผิดพลาดได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทำโครงการครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคนิคระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด และชนิดลิเทียมไอออน

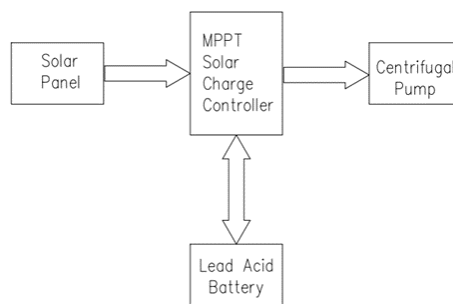


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรการทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อแผงโซลาร์เซลล์กับมอเตอร์



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรการทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อเครื่องมือวัด	ชนิดการวัด	หน่วยวัด
1.Data Logger GL820	ค่าความเข้มแสง (G) และ	w/m ²
	อุณหภูมิ (Tp,Ta)	องศาเซลเซียส
2.Fluke 289 True RMS Multi meter	แรงดันไฟฟ้า	V
3.Fluke 376 Fc TRMS Clamp meter	กระแสไฟฟ้า	A
4.Flow Sensor	อัตราการไหล	L/min

ตารางที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

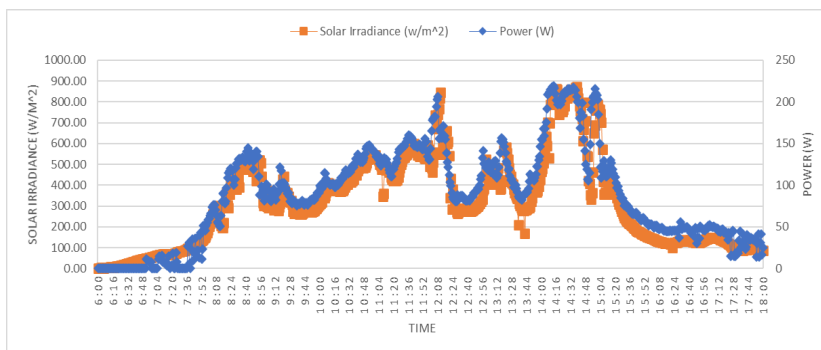
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	รุ่น
1.แผงโซลาร์เซลล์	Module STP6 300/72
2.ปั๊มน้ำหอยโข่ง DC	SQBE2.2/26-D24/300
3.เครื่องควบคุมการชาร์จชนิด MPPT	ML2430 30A 12/24 V Auto
4.แบตเตอรี่ ชนิดลิเทียมไอออน	24V 12Ah
5.แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด	24V 12Ah

4. ผลการวิจัย

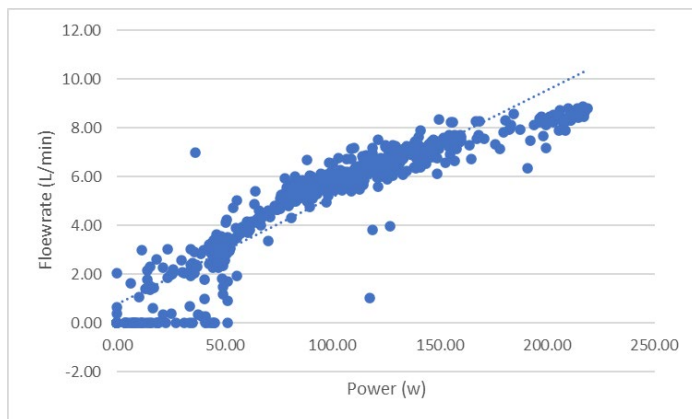
จากการทดสอบสมรรถนะทางเทคนิคของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ มีทั้งหมดสามการทดลอง คือ การทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อแผงโซลาร์เซลล์กับมอเตอร์โดยตรง การทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดและการทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนซึ่งในการทดสอบนี้จะเริ่มทำการทดสอบตั้งแต่วันที่ 06.00 - 18.00 น. ระยะเวลาทำการทดสอบทั้งหมด 3 วัน โดยแบ่งการทดลองละ 1 วัน ทั้งนี้ในการทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสูบน้ำ ซึ่งผลการทดสอบมีดังนี้

4.1 ผลการทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อแผงโซลาร์เซลล์กับมอเตอร์โดยตรง

การทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่อแผงโซลาร์เซลล์กับมอเตอร์โดยตรง ในวงจรจะประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์รุ่น STP6 300/72 ปั๊มน้ำหอยโข่งกระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 300 วัตต์ ขนาดท่อ 1 นิ้วมีอัตราการไหลในช่วง ลิตรต่อนาที มีระยะเฮดน้ำช่วง 0-26 เมตร กำหนดค่าเฮด 18 เมตร



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าอินพุตปั๊ม เทียบกับเวลา และค่าความเข้มแสง แบบต่อแผงโซลาร์เซลล์กับมอเตอร์โดยตรง จากกราฟดังรูปที่ 4.1 จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มแสงของพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะแปรผันกับเวลาและกำลังไฟฟ้าอินพุตปั๊ม เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มแสงจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงเวลา 07.30-12.00 น. และจะเริ่มต่ำลงในช่วงเวลา 12.30 - 14.00 น. จากนั้นจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงเวลา 14.30 - 18.00 น. โดยช่วงเวลาที่ค่าความเข้มแสงสูงสุดคือช่วงเวลา 850 W/m² โดยประมาณ



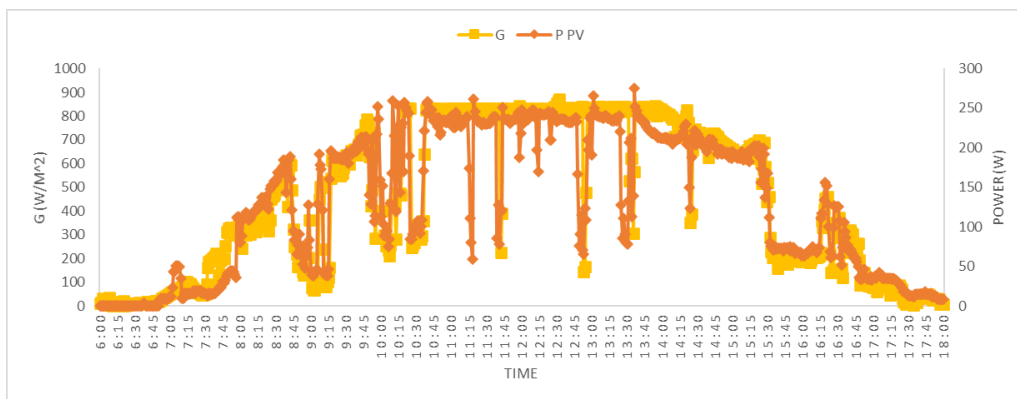
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า เทียบกับอัตราการไหลของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบต่อตรง

จากกราฟดังรูปที่ 4.2 วิเคราะห์ได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าอินพุตที่เข้าปั๊มจะแปรผันกับค่าอัตราการไหล เมื่อมีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราการสูบน้ำต่อนาทีจะเพิ่มขึ้น เมื่อค่ากำลังไฟฟ้า ถึง 190 w ค่าอัตราการสูบน้ำจะได้ 10 ลิตร/นาที ปริมาณน้ำที่สูบได้เท่ากับ 4.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยประมาณ

4.2 การทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

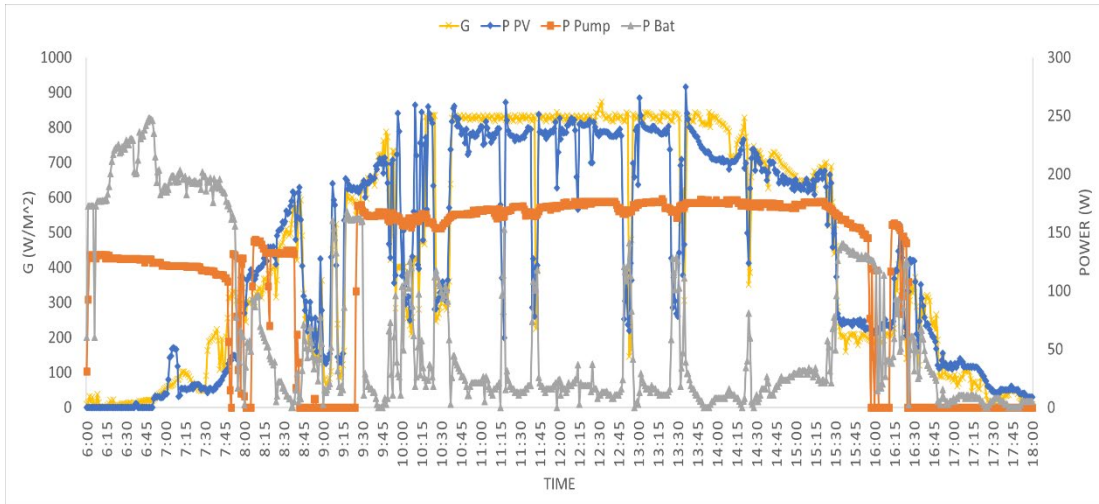
การทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนในวงจรจะประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์รุ่น STP6 300/72 ปั๊มน้ำหอยโข่งกระแสดตรง ขนาด 24 โวลต์ 300 วัตต์ ขนาดท่อ 1 นิ้วมีอัตราการไหลในช่วงลิตรต่อนาที มีระยะเฮดน้ำช่วง 0-26 เมตร กำหนดค่าเฮด 18 เมตรแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน 24 V 12

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า PV เทียบกับเวลา และค่าความเข้มแสง ของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบต่อแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

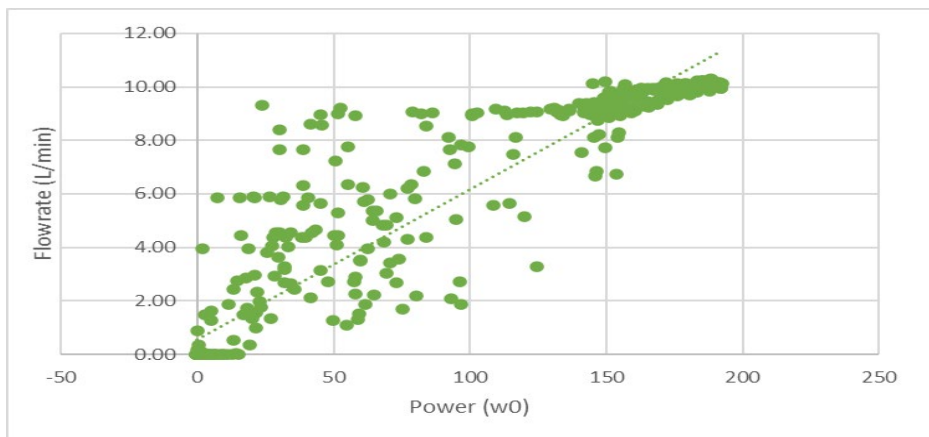


จากกราฟดังรูปที่ 4.3 จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มแสงของพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะแปรผันกับเวลาและกำลังไฟฟ้า PV เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มแสงจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงเวลา 07.04 – 12.00 น. และจะเริ่มต่ำลงในช่วงเวลา 12.30 – 14.00 น. จากนั้นจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งช่วงเวลา 14.30 – 18.00 น. โดยช่วงเวลาที่ค่าความเข้มแสงสูงสุด 900 w/m^2 โดยประมาณ

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า PV กำลังไฟฟ้า Battery ไฟฟ้า Pump เทียบกับเวลาของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน



จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแส PV กระแส Battery กระแส Pump เทียบกับเวลาของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนของช่วงเวลา 6.00-7.45 แอมป์โซลาร์เซลล์ยังผลิตกระแสไม่เพียงพอให้มอเตอร์ทำงาน ในช่วงเวลานั้นจึงใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เป็นหลัก แบตเตอรี่เริ่มต้นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่จะค่อยๆ ลดลง จนเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 8.00น. หลังจากนั้นกระแสที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์จะถูกชาร์จเข้าแบตเตอรี่ ในช่วงแรกที่ แบตเตอรี่มีความจุ 0 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 30 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นที่แบตเตอรี่มีเปอร์เซ็นต์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป กำลังไฟฟ้าที่แผงผลิตได้จะถูกแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งชาร์จให้กับแบตเตอรี่ และอีกส่วนหนึ่งจะจ่ายให้กับโหลด

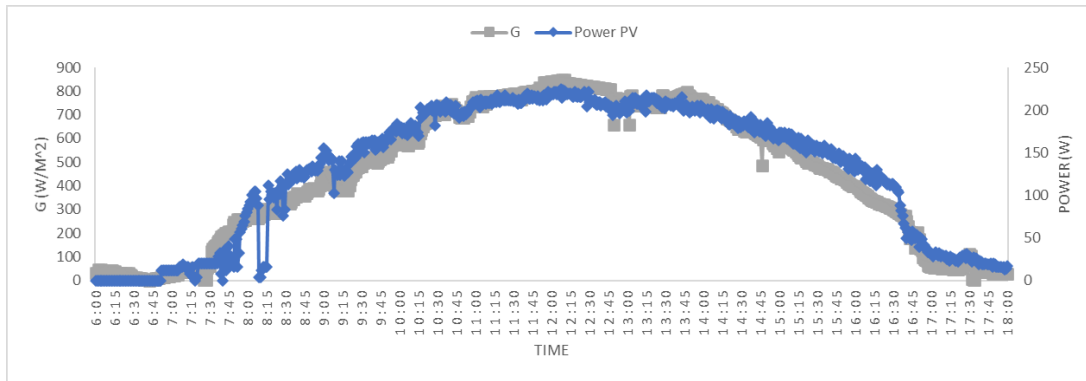


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า Pump เทียบกับอัตราการของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ แบบต่อแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

จากกราฟดังรูปที่ 4.5 วิเคราะห์ได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าอินพุตที่เข้าปั๊มจะแปรผันกับค่าอัตราการไหล เมื่อมีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราการสูบน้ำต่อนาทีจะเพิ่มขึ้น เมื่อกำลังไฟฟ้ามีค่าถึง 190 w ค่าอัตราการสูบน้ำจะได้ 10 ลิตร/นาที ปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้เท่ากับ 5.35 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยประมาณ

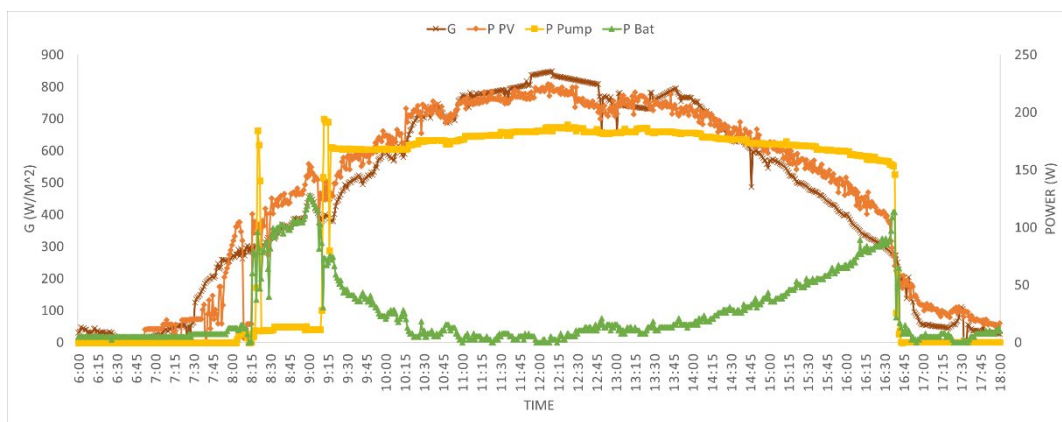
4.3 การทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

การทดสอบสมรรถนะระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนในวงจรจะประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์รุ่น STP6 300/72 ป้อนน้ำหยดโยงกระแสนตรง ขนาด 24 โวลต์ 300 วัตต์ ขนาดท่อ 1 นิ้วมีอัตราการไหลในช่วง ลิตรต่อนาที มีระยะเสตน้ำช่วง 0-26 เมตร กำหนดค่าเฮด 18 เมตรแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด 24 V 12 Ah



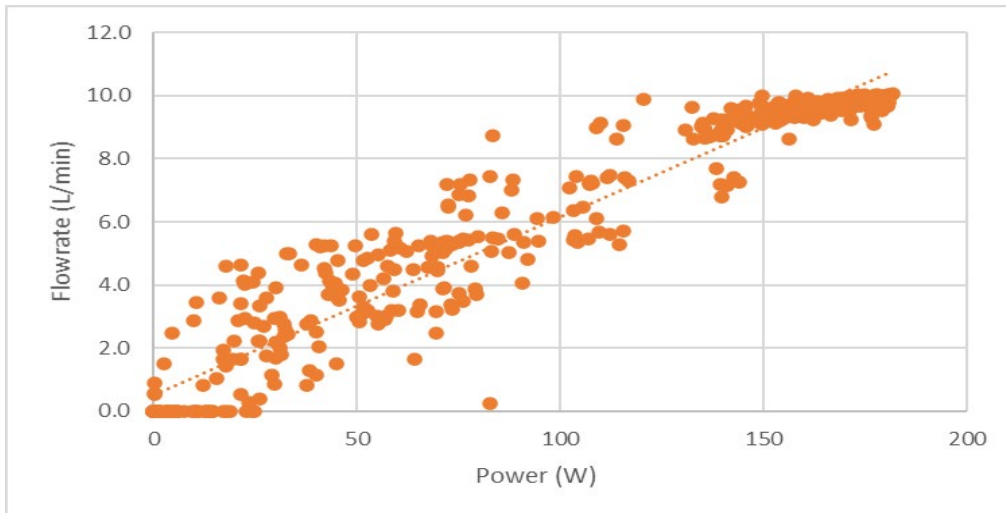
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า PV เทียบกับเวลา และค่าความเข้มแสง ของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

จากกราฟดังรูปที่ 4.6 จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มแสงของพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะแปรผันกับเวลาและกำลังไฟฟ้า PV เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มแสงจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงเวลา 06.32 – 11.00 น.และจะเริ่มต่ำลงในช่วงเวลา 11.10 – 12.00 น. จากนั้นจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งช่วงเวลา 12.10– 14.00 น. โดยช่วงเวลาที่ค่าความเข้มแสงสูงสุด 960 w/m² โดยประมาณ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า PV กำลังไฟฟ้า Battery ไฟฟ้า Pump เทียบกับเวลา ของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

จากรูปที่ 4.7 เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังไฟฟ้า PV กำลังไฟฟ้า Battery กำลังไฟฟ้า Pump เทียบกับเวลา ของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดช่วงเวลา 6.00-7.45 แผงโซลาร์เซลล์ยังผลิตกระแสไม่เพียงพอให้มอเตอร์ทำงาน โดยแบตเตอรี่ที่ใช้จะดิสชาร์จเหลือที่ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่มอเตอร์จะไม่ดึงกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาใช้ งาน ต้องรอจนถึงช่วงที่มีแสงแดด ที่เวลา 8.00 – 9.00 น. มอเตอร์จะทำงานโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ควบคุมกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จนถึงเวลา 9.15 น.กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์จะดึงกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์มาใช้เป็นหลัก กำลังไฟฟ้าที่แผงผลิตได้จะถูกแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งชาร์จให้กับแบตเตอรี่ และอีกส่วนหนึ่งจะจ่ายให้กับโหลด



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า Pump เทียบกับอัตราการไหลของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

จากกราฟดังรูปที่ 4.8 วิเคราะห์ได้ว่าเมื่อค่ากำลังไฟฟ้าอินพุตที่เข้าปั๊มจะแปรผันกับค่าอัตราการไหล เมื่อมีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราการการสูบน้ำต่อนาที่ จะเพิ่มขึ้น เมื่อกำลังไฟฟ้ามีค่าถึง 180 w ค่าอัตราการสูบน้ำจะได้อัตรา 10 ลิตร/นาที่ ปริมาณน้ำที่สูบได้ถึง 4.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยประมาณ

4.4 สรุปผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง โดยใช้ความสูงของบ่อน้ำ 18 เมตร

พารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
พลังงานความเข้มแสงอาทิตย์ทั้งวัน	4.4	kWh/m ² /day
พลังงานของกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ทั้งวัน	1.11	kWh/day
พลังงานที่บ่อน้ำทำงานทั้งวัน (ใช้โซลาร์เซลล์)	1.07	kWh/day
ปริมาณน้ำที่สูบได้ทั้งวัน	4.29	Q

จากตารางที่ 4.1 สามารถสรุปได้ดังนี้พลังงานความเข้มแสงอาทิตย์ทั้งวันมีค่าเท่ากับ 3.83 kWh/m²/day เพื่อให้เปรียบกับกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้จะต้องคำนวณพลังงานของความเข้มแสงอาทิตย์มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งจากผลทดลองดังกล่าวพลังงานของกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ทั้งวันจะมีค่าเท่ากับ 1.11 kWh/day ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าของบ่อน้ำที่ทำงานจะมีค่าเท่ากับ 1.07 kWh/day ทำให้ทราบได้ว่า พลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตมาได้เพียงพอต่อการทำงานของบ่อน้ำและพลังงานที่บ่อน้ำทำงานทั้งวันสามารถสูบน้ำได้ 4.29 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองสมรรถนะทางเทคนิคของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด โดยใช้ความสูงของบ่อน้ำ 18 เมตร

พารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
พลังงานความเข้มแสงอาทิตย์ทั้งวัน	5.44	kWh/m ² /day
พลังงานของกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ทั้งวัน	1.56	kWh/day
พลังงานที่บ่อน้ำทำงานทั้งวัน (ใช้โซลาร์เซลล์)	1.33	kWh/day
ปริมาณน้ำที่สูบได้ทั้งวัน	4.39	Q

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปได้ดังนี้พลังงานความเข้มแสงอาทิตย์ทั้งวันมีค่าเท่ากับ 5.44 kWh/m²/day เพื่อให้เปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้จะต้องคำนวณพลังงานของความเข้มแสงอาทิตย์มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งจากผลทดลองดังกล่าวพลังงานของกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ทั้งวันจะมีค่าเท่ากับ 1.56 kWh/day ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าของบ่อน้ำที่ทำงานจะมีค่าเท่ากับ 1.33 kWh/day ทำให้ทราบได้ว่า พลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตมาได้เพียงพอต่อการทำงานของบ่อน้ำและพลังงานที่บ่อน้ำทำงานทั้งวันสามารถสูบน้ำได้ 4.39 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองสมรรถนะทางเทคนิคของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน โดยใช้ความสูงของบ่อน้ำ 18 เมตร

พารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
พลังงานความเข้มแสงอาทิตย์ทั้งวัน	5.45	kWh/m ² /day
พลังงานของกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ทั้งวัน	1.57	kWh/day
พลังงานที่บ่อน้ำทำงานทั้งวัน (ใช้โซลาร์เซลล์)	1.45	kWh/day
ปริมาณน้ำที่สูบได้ทั้งวัน	5.35	Q

จากตารางที่ 4.3 สามารถสรุปได้ดังนี้พลังงานความเข้มแสงอาทิตย์ทั้งวันมีค่าเท่ากับ 5.45 kWh/m²/day เพื่อให้เปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้จะต้องคำนวณพลังงานของความเข้มแสงอาทิตย์มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งจากผลทดลองดังกล่าวพลังงานของกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ทั้งวันจะมีค่าเท่ากับ 1.57 kWh/day ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าของบ่อน้ำที่ทำงานจะมีค่าเท่ากับ 1.45 kWh/day ทำให้ทราบได้ว่า พลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตมาได้เพียงพอต่อการทำงานของบ่อน้ำและพลังงานที่บ่อน้ำทำงานทั้งวันสามารถสูบน้ำได้ 5.35 ลูกบาศก์เมตร

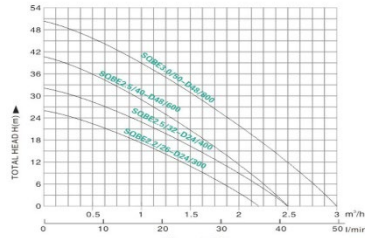
4.5 การหาค่าระบบเปอร์ยูนิต (Per-unit system)

ค่าเปอร์ยูนิต (Per-unit value : pu) คืออัตราส่วนระหว่างค่าจริง (Actual value) ต่อค่าเบสหรือ ค่าฐาน (Base value) ซึ่งระบบเปอร์ยูนิตก็เหมือนกับระบบเปอร์เซ็นต์ (Percent system) แตกต่างกันที่ค่า ระบบเปอร์ยูนิต จะอยู่ในรูปของทศนิยม (Decimal fraction) แทนที่จะเป็นค่าของ เปอร์เซ็นต์ (%) ดังนั้นค่า Base quantities ทั้งหมดจึงมีค่าเป็น 1 (Unity) แทนที่จะเป็นค่า 100% การคำนวณค่าเปอร์ยูนิตหาได้จาก สมการดังนี้

$$\text{Per-unit value} = \frac{\text{Actual value}}{\text{Base value}} \quad (4.1)$$

Working condition:

- 1) Non-corrosive water; the volume ratio of sand content no more than 3%, particle size less than 0.5mm.
- 2) Max medium temperature up to +43°C; PH value remains 5-10.
- 3) Work close to the rated head and must be immersed in water.



Motor Data

Model	Impeller	Supply Voltage (V)	Supply Power (W)	Max flow (m³/h)	Max head (m)	Std. Size (m)	Outlet (inch)	Q19 (kg)	Dimension (mm)
SQBE2.2/26-D24/300	Brass	36	360	2.2	26	8	1"x1"	7	265x135x230
SQBE2.5/32-D24/400		36	660	2.5	32	8	1"x1"	10.5	320x180x290
SQBE2.5/40-D48/500		72	780	2.5	40	8	1"x1"	12	320x180x290
SQBE2.0/50-D48/900		72	1040	3	50	8	1"x1"	13	320x180x290

รูปที่ 4.9 Data Sheet ปั้มน้ำหอยโข่ง SQBE2.2/26-D24/300

จาก Data Sheet สามารถคำนวณหาค่าฐาน (Base value) ได้จากความสูงของปั้มน้ำเทียบกับอัตราการไหลของน้ำ ที่ความสูง 18 เมตร จะได้ปริมาณของน้ำที่ 1 m³/h หรือ 1 ลูกบาศก์เมตร เมื่อปริมาณน้ำคือผลรวมของอัตราการไหลของน้ำทั้งวัน โดยที่ปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีอัตราการไหลของน้ำที่ 16.67 ลิตรต่อนาที ที่กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำที่ 300 วัตต์ คำนวณ Base value = อัตราการไหลของน้ำ, กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำ

$$\text{Base value} = \frac{16.67(\text{L/min})}{300(\text{Watt})} = 0.057 \text{ pu} \quad (4.2)$$

4.5.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ของผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง

จากผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง โดยใช้ความสูงของปั้มน้ำ 18 เมตร สามารถคำนวณหาค่าจริง (Actual value) ได้จากกำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำที่สูงสุดเทียบกับอัตราการไหลของน้ำที่สูงสุดและเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลดลง ผลจากการทดลองพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 218.74 วัตต์ มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 10.17 ลิตรต่อนาที ซึ่งจะเริ่มเปลี่ยนแปลงลดลงที่ กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำเท่ากับ 196.51 วัตต์ มีอัตราการไหลเท่ากับ 9.82 ลิตรต่อนาที คำนวณ Actual value = อัตราการไหลของน้ำที่เปลี่ยนแปลงเริ่มลดลง, กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำที่เปลี่ยนแปลงเริ่มลดลง

$$\text{Actual value} = \frac{9.82 (\text{L/min})}{196.51 (\text{Watt})} = 0.049 \text{ pu} \quad (4.3)$$

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างค่าจริง (Actual value) ต่อค่าเบสหรือ ค่าฐาน (Base value) สามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์ ได้จากสมการที่ (4.1)

$$\text{Per-unit value} = \frac{0.049}{0.057} \times 100 = 88 \% \quad (4.4)$$

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างโซลาร์เซลล์กับปั้มน้ำโดยตรงจะมีประสิทธิภาพ 91 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเปอร์เซ็นต์ 1 หน่วยเท่ากับ 0.049 หน่วย

4.5.2 ค่าเปอร์เซ็นต์ของผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

จากผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว โดยใช้ความสูงของปั้มน้ำ 18 เมตร สามารถคำนวณหาค่าจริง (Actual value) ได้จากกำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำที่สูงสุดเทียบกับอัตราการไหลของน้ำที่สูงสุดและเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลดลง ผลจากการทดลองพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 194.18 วัตต์ มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 10.49 ลิตรต่อนาที ซึ่งจะเริ่มเปลี่ยนแปลงลดลงที่กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำเท่ากับ 190.98 วัตต์ มีอัตราการไหลเท่ากับ 9.97 ลิตรต่อนาที
Actual value = อัตราการไหลของน้ำที่เปลี่ยนแปลงเริ่มลดลง, กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำที่เปลี่ยนแปลงเริ่มลดลง

$$\text{Actual value} = \frac{9.97 \text{ (L/min)}}{190.98 \text{ (Watt)}} = 0.052 \text{ pu} \quad (4.3)$$

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างค่าจริง (Actual value) ต่อค่าเบสหรือ ค่าฐาน (Base value) สามารถหาค่าเปอร์ยูนิตได้จากสมการที่ (4.1)

$$\text{Per-unit value} = \frac{0.052}{0.057} \times 100 = 92\% \quad (4.4)$$

ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด จะมีประสิทธิภาพ 94 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเปอร์ยูนิต 1 หน่วยเท่ากับ 0.052 หน่วย

4.5.3 ค่าเปอร์ยูนิตของผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

จากผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน โดยใช้ความสูงของปั้มน้ำ 18 เมตร สามารถคำนวณหาค่าจริง (Actual value) ได้จากกำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำที่สูงสุดเทียบกับอัตราการไหลของน้ำที่สูงสุดและเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลดลง ผลจากการทดลองพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 185.78 วัตต์ มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 10.30 ลิตรต่อนาที ซึ่งจะเริ่มเปลี่ยนแปลงลดลงที่กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำเท่ากับ 181.74 วัตต์ มีอัตราการไหลเท่ากับ 9.91 ลิตรต่อนาที
Actual value = อัตราการไหลของน้ำที่เปลี่ยนแปลงเริ่มลดลง, กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำที่เปลี่ยนแปลงเริ่มลดลง

$$\text{Actual value} = \frac{9.91 \text{ (L/min)}}{181.74 \text{ (Watt)}} = 0.055 \text{ pu} \quad (4.3)$$

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างค่าจริง (Actual value) ต่อค่าเบสหรือ ค่าฐาน (Base value) สามารถหาค่าเปอร์ยูนิตได้จากสมการที่ (4.1)

$$\text{Per-unit value} = \frac{0.055}{0.057} \times 100 = 96\% \quad (4.4)$$

ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนจะมีประสิทธิภาพ 98 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเปอร์ยูนิต 1 หน่วยเท่ากับ 0.055 หน่วย

4.6 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

โดยจะนำระบบสูบน้ำที่แผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งจ่ายมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่ากับระบบสูบน้ำด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล



รูปที่ 4.10 HD-DE-HD6500LDES HYUNDAI HD6500LDES เครื่องปั่นไฟดีเซล

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล HD6500LDES

รุ่น	HD6500LDES
รุ่นเครื่องยนต์	188FBE
แรงดันไฟฟ้า	220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์
กำลังไฟใช้งานปกติ	5.0 กิโลวัตต์
กำลังไฟสูงสุด	5.5 กิโลวัตต์
กำลังเครื่องยนต์	13 แรงม้า
ชนิดเครื่องยนต์	1 ลูกสูบ, 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยอากาศ, แบบหัวฉีด
ความจุกระบอกสูบ	456 ซีซี
ระบบสตาร์ท	Electric Start
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	16 ลิตร
ความดังของเสียงขณะใช้งาน	69 เดซิเบล
เครื่องยนต์ทำงานได้ต่อเนื่อง	9.5 ชม.
อัตราการสิ้นเปลือง	1.98 ลิตร / ชม.

4.6.1 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์การใช้งานระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง

จากการหาข้อมูลราคาของอุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงดังตารางที่ 4.5 จาก Internet เราสามารถคำนวณความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ราคาวัสดุอุปกรณ์ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง

ลำดับ	รายการณ์อุปกรณ์	หน่วย	จำนวน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่ายในการ ลงทุน (บาท)
1	แผงโซลาร์เซลล์ 300W Poly - Crystalline	แผง	1	3,500
2	ปั้มน้ำหอยโข่ง 300W	ตัว	1	4,700
3	โครงสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	ชุด	1	2,000
รวม				10,200

จากตารางเราจะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับระบบทั้งหมดที่เราได้ทำการออกแบบมา ทั้งหมดมีราคาเริ่มต้นที่ 10,200 บาท

การคำนวณเศรษฐศาสตร์

1) กระแสเงินจ่าย

ปีที่เริ่มต้น = - (ราคาแผงโซลาร์เซลล์ + ปั้มน้ำหอยโข่ง + ราคาติดตั้งทั้งหมด)
= - (3,500 + 4,700 + 2,000)
= - 10,200 บาท

กำหนดให้ปั้มน้ำหอยโข่งมีอายุการใช้งาน 10 ปี

ปีที่ 10 = - (ปั้มน้ำหอยโข่ง)
= - 4,700 (ทุก ๆ 10 ปี)

ทุก 1 ปี = - (ค่าซ่อมบำรุง)
= - 400 (ทุก ๆ 1 ปี)

2) กระแสเงินรับ

คำนวณได้จากการค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล

กำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด = 300 วัตต์
สูบน้ำตั้งแต่เวลา 06.00 - 18.00 น. = 12 ชม.
ปริมาณที่สูบน้ำได้ทั้งวัน = 4.29 ลบ.ม/วัน
ปริมาณที่สูบน้ำต่อชั่วโมง = 4.29/12
= 0.35 ลบ.ม/ชม.

กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลทำงานปกติ = 5.0 กิโลวัตต์
เมื่อเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 W จะใช้จำนวนทั้งหมด = 5000/300
= 16 แผง

ดังนั้นปริมาณของน้ำที่สูบได้ต่อแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 16 แผง = 0.35 x 16
= 5.6 ลบ.ม/ชม.

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใน 1 ชั่วโมง = 1.98 ลิตร/ชม.

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเทียบกับปริมาณของน้ำที่สูบได้ = 1.98/5.6
= 0.35 ลิตร/ลบ.ม

ราคาน้ำมันดีเซลปัจจุบัน (16 ตุลาคม 2564) = 28.64 บาท/ลิตร

ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำที่สูบได้ = 28.64 x 0.35
= 10 บาท/หน่วย

ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำทั้งวัน = 10 x 4.29
= 43 บาท/วัน

ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำทั้งปี	= 43 x 365
	= 15,695 บาท/ปี
ราคาต่อปี (ค่าซ่อมบำรุง + ค่าน้ำมันเครื่อง)	= 350 + 400
	= 750 บาท/ปี
รวมราคาค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 15,695 + 750
	= <u>16,445 บาท/ปี</u>

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ใน Microsoft Excel

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	
รายการ	หน่วย
ค่าน้ำมันที่ใช้ต่อหน่วย (บาท)	7.56
อายุโครงการ (ปี)	20
ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	400
อายุการใช้งานของปั๊มน้ำหอยโข่ง (ปี)	10

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ใน Microsoft Excel

วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	
รายการ	หน่วย
NPV (บาท)	148,043.36
IRR (ร้อยละ)	148%
B/C	10.12
DPB (ปี)	9 เดือน

จากตารางที่ 4.7 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างโซล่าเซลล์กับปั๊มน้ำโดยตรง ที่มีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว มีมูลค่า 148,043.36บาท ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายในมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ร้อยละ 148 ในส่วนของอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย มีค่าอยู่ที่ 10.12 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 และระยะเวลาคืนทุนก็มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เหมือนกัน ซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ 20 ปี ในการทดลองของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างโซล่าเซลล์กับปั๊มน้ำโดยตรง ที่มีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวมันจะมีค่าที่ถูกกว่าและคืนทุนได้ในระยะเวลา 9 เดือน

4.6.2 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์การใช้งานระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

จากการหาข้อมูลราคาของอุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงดังตารางที่ 4.8 จาก Internet เราสามารถคำนวณความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ราคาอุปกรณ์ระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	หน่วย	จำนวนอุปกรณ์	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)
1	แผงโซล่าเซลล์	แผง	1	3,500
2	ปั๊มน้ำหอยโข่ง	ตัว	1	4,700
3	โซล่าชาร์จ MPPT 40 A	ตัว	1	3900
4	แบตเตอรี่ตะกั่วกรด 24 V 12 Ah	ก้อน	1	1200
5	โครงสร้าง	ชุด	1	2,000
รวม				15,300

จากตารางเราจะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับระบบทั้งหมดที่เราได้ทำการออกแบบมา ทั้งหมดมีราคาเริ่มต้นที่ 15,300บาท
การคำนวณเศรษฐศาสตร์

1) กระแสเงินจ่าย

ปีที่เริ่ม = - (ราคาแผงโซลาร์เซลล์ + ปั๊มน้ำหอยโข่ง+โซลาร์ชาร์จ MPPT 40 แอมป์เตอร์ตะกั่ว
กรด 24 V 12 Ah + โครงสร้าง)
= - (3,500 + 4,700 + 3,900 + 1,200 + 2,000)
= - 15,300

กำหนดให้ ปั๊มน้ำหอยโข่ง และโซลาร์ชาร์จเจอร์มีอายุการใช้งาน 10 ปี
ปีที่ 10 = - (ปั๊มน้ำหอยโข่ง + โซลาร์ชาร์จเจอร์)
= - (4,700 + 3,900)
= 8,600 บาท

กำหนดให้ แบตเตอรี่ มีอายุการใช้งาน 5 ปี
ปีที่ 5,10,15 = - (แบตเตอรี่)
= - 1,200 (ทุก ๆ 5 ปี)

ทุก 1 ปี = - (ค่าซ่อมบำรุง)
= - 400 (ทุก ๆ 1 ปี)

2) กระแสเงินรับ

คำนวณได้จากการค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล

กำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด = 300 วัตต์

สูบน้ำตั้งแต่เวลา 06.00 - 18.00 น. = 12 ชม.

ปริมาณที่สูบน้ำได้ทั้งวัน = 4.39 ลบ.ม/วัน

ปริมาณที่สูบน้ำต่อชั่วโมง = 4.39/12
= 0.37 ลบ.ม/ชม.

กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลทำงานปกติ = 5.0 กิโลวัตต์

เมื่อเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 W จะใช้จำนวนทั้งหมด = 5000/300
= 16 แผง

ดังนั้นปริมาณของน้ำที่สูบได้ต่อแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 16 แผง = 0.37 × 16
= 5.92 ลบ.ม/ชม.

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใน 1 ชั่วโมง = 1.98 ลิตร/ชม.

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเทียบกับปริมาณของน้ำที่สูบได้ = 1.98/5.92

= 0.33 ลิตร/ลบ.ม

ราคาน้ำมันดีเซลปัจจุบัน (16 ตุลาคม 2564) = 28.64 บาท/ลิตร

ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำที่สูบได้ = 28.64 × 0.33
= 9.45 บาท/หน่วย

ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำทั้งวัน = 9.45 × 4.39
= 41.49 บาท/วัน

ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำทั้งปี = 41.49 × 365
= 15,144 บาท/ปี

ราคาต่อปี (ค่าซ่อมบำรุง + ค่าน้ำมันเครื่อง) = 350 + 400

= 750 บาท/ปี

รวมราคาค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = 15,144 + 750
= 15,894 บาท/ปี

ตารางที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ใน Microsoft Excel

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	
รายการ	หน่วย
ค่าน้ำมันที่ใช้ต่อหน่วย (บาท)	7.2
อายุโครงการ (ปี)	20
ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	400
อายุการใช้งานของปั้มน้ำหอยโข่ง (ปี)	10

ตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จากโปรแกรม Microsoft Excel

วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	
รายการ	หน่วย
NPV (บาท)	138,450.24
IRR (ร้อยละ)	98%
B/C	6.4
DPB (ปี)	1 ปี 1 เดือน

จากตารางที่ 4.6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดมีมูลค่า 138,450.24 บาท ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายในมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ร้อยละ 98 ในส่วนของอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย มีค่าอยู่ที่ 6.4 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 และระยะเวลาคืนทุนก็มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เหมือนกัน ซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ 20 ปี ในการทดลองของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างโซล่าเซลล์กับปั้มน้ำโดยตรง ที่มีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียววันนั้นจะมีค่าที่ถูกกว่าและคืนทุนได้ในระยะเวลา 1 ปี 1 เดือน

4.6.3 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์การใช้งานระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

จากการหาข้อมูลราคาของอุปกรณ์แต่ละชิ้นแสดงดังตารางที่ 4.11 จาก Internet เราสามารถคำนวณความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.11 ราคาอุปกรณ์ระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	หน่วย	จำนวนอุปกรณ์	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)
1	แผงโซล่าเซลล์	แผง	1	3,500
2	ปั้มน้ำหอยโข่ง	ตัว	1	4,700
3	โซล่าชาร์จ MPPT 40 A	ตัว	1	3900
4	แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน 24 V 12 Ah	ก้อน	1	1800
5	โครงสร้าง	ชุด	1	2,000
รวม				15,900

จากตารางเราจะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับระบบทั้งหมดที่เราได้ทำการออกแบบมา ทั้งหมดมีราคาเริ่มต้นที่ 15,900 บาท

การคำนวณเศรษฐศาสตร์

- 1) กระแสเงินจ่าย

$$\begin{aligned} \text{ปีที่เริ่ม} &= - (\text{ราคาแผงโซลาร์เซลล์} + \text{ปั้มน้ำหอยโข่ง} + \text{โซลาร์ชาร์จ MPPT 40 A} + \text{แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน 24 V 12 Ah} + \\ &\quad \text{โครงสร้าง}) \\ &= - (3,500 + 4,700 + 3,900 + 1,800 + 2,000) \\ &= - 15,900 \end{aligned}$$

กำหนดให้ ปั้มน้ำหอยโข่ง และโซลาร์ชาร์จเจอร์ แบตเตอรี่ มีอายุการใช้งาน 10 ปี

$$\begin{aligned} \text{ปีที่ 10} &= - (\text{ปั้มน้ำหอยโข่ง} + \text{โซลาร์ชาร์จเจอร์}) \\ &= - (4,700 + 3,900 + 1,800) \\ &= - 10,400 \text{ บาท (ทุก ๆ 10 ปี)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ทุก 1 ปี} &= - (\text{ค่าซ่อมบำรุง}) \\ &= - 400 \text{ (ทุก ๆ 1 ปี)} \end{aligned}$$

2) กระแสเงินรับ

คำนวณได้จากการค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล

$$\text{กำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด} = 300 \text{ วัตต์}$$

$$\text{สูบน้ำตั้งแต่เวลา 06.00 - 18.00 น.} = 12 \text{ ชม.}$$

$$\text{ปริมาณที่สูบน้ำได้ทั้งวัน} = 5.35 \text{ ลบ.ม./วัน}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณที่สูบน้ำต่อชั่วโมง} &= 5.35 / 12 \\ &= 0.45 \text{ ลบ.ม./ชม.} \end{aligned}$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลทำงานปกติ} = 5.0 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{เมื่อเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 W จะใช้จำนวนทั้งหมด} = 5000/300$$

$$= 16 \text{ แผง}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นปริมาณของน้ำที่สูบได้ต่อแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 16 แผง} &= 0.45 \times 16 \\ &= 7.13 \text{ ลบ.ม./ชม.} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใน 1 ชั่วโมง} = 1.98 \text{ ลิตร/ชม.}$$

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเทียบกับปริมาณของน้ำที่สูบได้} = 1.98/7.13$$

$$= 0.28 \text{ ลิตร/ลบ.ม.}$$

$$\text{ราคาน้ำมันดีเซลปัจจุบัน (16 ตุลาคม 2564)} = 28.64 \text{ บาท/ลิตร}$$

$$\text{ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำที่สูบได้} = 28.64 \times 0.28$$

$$= 7.95 \text{ บาท/หน่วย}$$

$$\text{ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำทั้งวัน} = 7.95 \times 5.35$$

$$= \text{บาท/วัน}$$

$$\text{ราคาน้ำมันเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองของปริมาณน้ำทั้งปี} = 42.5 \times 365$$

$$= 15,524 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ราคาต่อปี (ค่าซ่อมบำรุง + ค่าน้ำมันเครื่อง)} = 350 + 400$$

$$= 750 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{รวมราคาค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} = 15,524 + 750 = \underline{\underline{16,274 \text{ บาท/ปี}}}$$

ตารางที่ 4.12 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ใน Microsoft Excel

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	
รายการ	หน่วย
ค่าน้ำมันที่ใช้ต่อหน่วย (บาท)	6
อายุโครงการ (ปี)	20
ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	400
อายุการใช้งานของปั้มน้ำหอยโข่ง (ปี)	10

ตารางที่ 4.13 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จากโปรแกรม Microsoft Excel

วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	
รายการ	หน่วย
NPV (บาท)	144,681.53
IRR (ร้อยละ)	94%
B/C	8.39
DPB (ปี)	1 ปี 1 เดือน

จากตารางที่ 4.13 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีมูลค่า 12,231.90 บาท ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายในมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีความมากกว่าอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ร้อยละ 94 ในส่วนของอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย มีค่าอยู่ที่ 8.39 ซึ่งมีความมากกว่า 1 และระยะเวลาคืนทุนก็มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เหมือนกัน ซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ 20 ปี ในการทดลองของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างโซลาร์เซลล์กับปั้มน้ำโดยตรงที่มีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียววันนั้นจะมีค่าที่ถูกกว่าและคืนทุนได้ในระยะเวลา 1 ปี 1 เดือน

4.7 การคำนวณอัตราค่าน้ำที่ได้จากการสูบน้ำ

ในส่วนของ การคำนวณราคาน้ำที่ต้องจ่ายต่อปี มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ระบบสูบน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ว่าคุ้มทุนในปีที่เท่าไร และเป็นวัตถุประสงค์ของโครงการขึ้นนี้ โดยการคำนวณ ราคาน้ำนั้น จะต้องทำการนำปริมาณที่ได้จากการสูบน้ำ มาคำนวณเป็นราคาน้ำต่อปี โดยอ้างอิงราคา น้ำดิบจากกรมชลประทานตาม พ.ร.บ.การชลประทานหลวง 2485 โดยราคาน้ำดิบจะอยู่ที่ 0.5 บาท ต่อลูกบาศก์เมตร

4.7.1 การคำนวณอัตราค่าน้ำที่ได้จากการสูบน้ำของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง

$$\begin{aligned}
 \text{ต้นทุนในการติดตั้งระบบสูบน้ำ} &= \text{แผงโซลาร์เซลล์} + \text{ปั้มน้ำ} + \text{โครงสร้าง} \\
 &= 3,500 + 4,700 + 2,000 \\
 \text{รวมใช้งบประมาณทั้งหมด} &= \underline{10,200 \text{ บาท}} \\
 \text{คำนวณหาชั่วโมงการสูบน้ำ} &= \text{สูบน้ำตั้งแต่วันที่ 06.00-18.00 น.} \\
 &= 12 \text{ ชั่วโมง ต่อ วัน} \\
 &= 12 \times 30 \\
 &= 360 \text{ ชั่วโมง ต่อ เดือน} \\
 \text{ปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 วัน} &= 4.29 \text{ ลบ.ม.} \\
 \text{ปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 เดือน} &= 4.29 \times 30 \\
 &= 128.7 \text{ ลบ.ม.} \\
 \text{ราคาน้ำชลประทาน} &= 0.5 \text{ บาท/ลบ.ม.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ราคาน้ำที่ต้องจ่ายต่อเดือน} &= 128.7 \times 0.5 \\ &= 64.35 \text{ บาท/เดือน} \\ \text{ราคาน้ำที่ต้องจ่ายต่อปี} &= \underline{772.2 \text{ บาท/ปี}} \end{aligned}$$

จากการคำนวณหาอัตราค่าน้ำของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบต่อตรง เมื่อทำการสูบน้ำ 12 ชั่วโมงต่อวัน ปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้ 4.29 ลบ.ม ต่อวัน โดยราคาน้ำชลประทานราคา 0.5 บาท ต่อ ลบ.ม. พบว่าจะต้องจ่ายค่าน้ำ 772.2 บาท ต่อปี

4.7.2 การคำนวณอัตราค่าน้ำที่ได้จากการสูบน้ำของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

ต้นทุนในการติดตั้งระบบสูบน้ำ = แผงโซล่าเซลล์ + ปั้มน้ำ + โซล่าชาร์จ MPPT + แบตเตอรี่ตะกั่วกรด + โครงสร้าง

$$\begin{aligned} &= 3,500 + 4,700 + 3,900 + 1,200 + 1,000 \\ \text{รวมใช้งบประมาณทั้งหมด} &= \underline{15,300 \text{ บาท}} \\ \text{คำนวณหาชั่วโมงการสูบน้ำ} &= \text{สูบน้ำตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น.} \\ &= 12 \text{ ชั่วโมง ต่อ วัน} \\ &= 12 \times 30 \\ &= 360 \text{ ชั่วโมง ต่อ เดือน} \\ \text{ปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 วัน} &= 4.39 \text{ ลบ.ม.} \\ \text{ปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 เดือน} &= 4.39 \times 30 \\ &= 131.7 \text{ ลบ.ม.} \\ \text{ราคาน้ำชลประทาน} &= 0.5 \text{ บาท/ลบ.ม.} \\ \text{ราคาน้ำที่ต้องจ่ายต่อเดือน} &= 131.7 \times 0.5 \\ &= 65.85 \text{ บาท/เดือน} \\ \text{ราคาน้ำที่ต้องจ่ายต่อปี} &= \underline{790.2 \text{ บาท/ปี}} \end{aligned}$$

จากการคำนวณหาอัตราค่าน้ำของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด เมื่อทำการสูบน้ำ 12 ชั่วโมงต่อวัน ปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้ 4.39 ลบ.ม ต่อวัน โดยราคาน้ำชลประทานราคา 0.5 บาท ต่อ ลบ.ม. พบว่าจะต้องจ่ายค่าน้ำ 790.2 บาท ต่อปี

4.7.3 การคำนวณอัตราค่าน้ำที่ได้จากการสูบน้ำของระบบสูบน้ำด้วยโซล่าเซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

ต้นทุนในการติดตั้งระบบสูบน้ำ = แผงโซล่าเซลล์ + ปั้มน้ำ + โซล่าชาร์จ MPPT + แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน + โครงสร้าง

$$\begin{aligned} &= 3,500 + 4,700 + 3,900 + 1,800 + 2,000 \\ \text{รวมใช้งบประมาณทั้งหมด} &= \underline{15,900 \text{ บาท}} \\ \text{คำนวณหาชั่วโมงการสูบน้ำ} &= \text{สูบน้ำตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น.} \\ &= 12 \text{ ชั่วโมง ต่อ วัน} \\ &= 12 \times 30 \\ &= 360 \text{ ชั่วโมง ต่อ เดือน} \\ \text{ปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 วัน} &= 5.35 \text{ ลบ.ม.} \\ \text{ปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 เดือน} &= 5.35 \times 30 \\ &= 160.5 \text{ ลบ.ม.} \\ \text{ราคาน้ำชลประทาน} &= 0.5 \text{ บาท/ลบ.ม.} \\ \text{ราคาน้ำที่ต้องจ่ายต่อเดือน} &= 160.5 \times 0.5 \\ &= 80.25 \text{ บาท/เดือน} \\ \text{ราคาน้ำที่ต้องจ่ายต่อปี} &= \underline{963 \text{ บาท/ปี}} \end{aligned}$$

จากการคำนวณหาอัตราค่าน้ำของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ตะกั่วกรด เมื่อทำการสูบน้ำ 12 ชั่วโมงต่อวัน ปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้ 5.35 ลบ.ม ต่อวัน โดยราคาน้ำชลประทานราคา 0.5 บาท ต่อ ลบ.ม. พบว่าจะต้องจ่ายค่าน้ำ 963 บาท ต่อปี

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1. สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง

จากการทดลองสมรรถนะของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง ที่มีพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว จากผลการทดลองพบว่าพลังงานของความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1.14 kWh/day ซึ่งมีค่าเพียงพอให้พลังงานของปั๊มน้ำที่ทำงานเท่ากับ 1.06 kWh/day สามารถสูบน้ำได้ 4.29 ลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบน้ำอยู่ที่ 88 เปอร์เซ็นต์ โดยมีพลังงาน 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.049 หน่วย

จากการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรงมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างโซลาร์เซลล์กับปั๊มน้ำโดยตรง ที่มีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวมีมูลค่า 148,043.36 บาท ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายในมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ร้อยละ 148 % ในส่วนของอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย มีค่าอยู่ที่ 10.12 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 และระยะเวลาคืนทุนก็มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เหมือนกัน ซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ 20 ปีการทดลองของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างโซลาร์เซลล์กับปั๊มน้ำโดยตรงนั้นจะมีค่าที่ถูกลงและคืนทุนได้ในระยะเวลา 9 เดือน

5.1.2 สรุปผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

จากการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่าพลังงานของความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1.63 kWh/day ซึ่งมีค่าเพียงพอให้พลังงานของปั๊มน้ำที่ทำงานเท่ากับ 1.33 kWh/day สามารถสูบน้ำได้ 4.39 ลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบน้ำอยู่ที่ 92% โดยมีพลังงาน 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.052 หน่วย จากการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด มูลค่า 138,450.24 บาท ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายในมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ร้อยละ 98 ในส่วนของอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย มีค่าอยู่ที่ 6.4 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 และระยะเวลาคืนทุนก็มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เหมือนกัน ซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ 20 ปี ในการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรदनั้นจะมีค่าที่ถูกลงและคืนทุนได้ในระยะเวลา 1 ปี 1 เดือน

5.1.3 สรุปผลการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

จากการทดลองสมรรถนะของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน จาก ผลการทดลองพบว่าพลังงานของความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1.63 kWh/day ซึ่งมีค่าเพียงพอให้พลังงานของปั๊มน้ำที่ทำงานเท่ากับ 1.45 kWh/day สามารถสูบน้ำได้ 3.35 ลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสูบน้ำอยู่ที่ 96 เปอร์เซ็นต์ โดยมีพลังงาน 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.055 หน่วย

จากการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน มีมูลค่า 144,681.53 บาท ซึ่งมีความคุ้มค่าในการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายในมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ร้อยละ 94 ในส่วนของอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย มีค่าอยู่ที่ 8.39 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 และระยะเวลาคืนทุนก็มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เหมือนกัน ซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ 20 ปีแล้ว ในการทดลองระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนนั้นจะมีค่าที่ถูกลงและคืนทุนได้ในระยะเวลา 1 ปี 1 เดือน

5.2 อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาเปรียบเทียบและทดสอบสมรรถนะทางเทคนิคของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง แบบมีแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด และชนิดลิเทียมไอออน พบว่า ในระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรงที่จะทำให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพสูง จะเริ่มต้นในช่วงเวลา 10.00-16.00 น. นอกเหนือจากเวลาดังกล่าว การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพต่ำ และเมื่อทำการทดลองต่อกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด และชนิดลิเทียมไอออนเข้าไปในระบบ ทั้งสองการทดลองนี้ มีการใช้แบตเตอรี่ในการกักเก็บพลังงานมาใช้สำรองได้เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ ทำให้ปริมาณน้ำที่ได้มีค่านิ่ง และปริมาณน้ำที่ได้มีค่ามากกว่าระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรง แต่ในทางกลับกัน ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์แบบต่อตรงจะประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าระบบสูบน้ำแบบมีแบตเตอรี่

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] "รูปแบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์" บริษัท โซลาร์ฮับ จำกัด, 10 ธ.ค. 2558. [สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2564] <https://www.solarhub.co.th/solarinformation/solar-information/311-off-grid-solarcell>
- [2] วิชัย เตชะมหพันธ์. การพัฒนาระบบทดสอบสมรรถนะทางเทคนิคของระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์ตามมาตรฐาน IEC 62253 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2560
- [3] พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระบบสูบน้ำด้วยโซลาร์เซลล์, สาขาเทคโนโลยีการพัฒนาชนบท ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2557
- [4] "แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ตลอดปี แต่ละช่วงเดือน" Solar Gen โซลาร์เจน. [สืบค้น เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2564] จาก <http://www.solargen.co.th/th/blog/1012/blog-1012>.
- [5] "บมจ.โรงพิมพ์ตะวันออก EPCO" บริษัท อีสเทอร์น พาวเวอร์ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน). [สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2564] จาก <http://www.epco.co.th/departmentofenergybusiness.php>
- [6] "ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์" ABO Trading Limited Partnership. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2564] จาก <https://www.abotrading.co.th/th/solar-system-pumping>
- [7] "การทำงานของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์," ENERGY NEXT. [สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2564] จาก <https://energynext.co.th/2020/08/การทำงานของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์>.
- [8] "ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์" เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์. [สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2563] จาก http://www4.egat.co.th/re/solarcell/solarcell_pg4.htm.
- [9] "คุณสมบัติตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์" Solar Gen โซลาร์เจน, [สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2564] จาก <http://www.solargen.co.th/th/blog/1004/blog-1004>.
- [10] "หลักการทำงานของปั้มหอยโข่ง" EBARA, [สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2564] จาก <http://www.ktwgroup-ebara.com/หลักการทำงานของปั้มหอยโข่ง>
- [11] "การหาอัตราการไหลของปั้ม" และการอ่าน Name Plate ของปั้ม" คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา [สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2564] จาก <http://www.me.eng.up.ac.th/index.php/2018-12-19-07-19-35/2017-11-22-08-53-08/13-name-plate>

ศึกษาการเพิ่มสัดส่วนสารประกอบซิลิกา Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ของหางแร่ดินขาว จากแหล่งสุโหงปาตี จ.นราธิวาส ด้วยวิธีการลอยแร่

ลัดดาวัลย์ ดุลย์^{1*} นิคม โชติกานนท์² วิจิตร์ อิทธิวงศ์กุล³

^{1,2,3}หลักสูตรวิศวกรรมเหมืองแร่ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่อยู่ 128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

*E-mail ¹ Laddawon_Dul@rmutl.ac.th, ³ wijit_i@rmutl.ac.th 0966973527

บทคัดย่อ

ปัจจุบันแร่สารประกอบซิลิกาเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมต่างๆ ในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ สารประกอบซิลิกา (Si) ที่มีความบริสุทธิ์สูงโดยส่วนมากจะพบปัญหาของสิ่งเจือปนเช่น Al, Ti และ Fe สูงเกินไปไม่สามารถนำไปใช้ได้ จึงมีการศึกษาวิธีการลอยแร่มาใช้ทดลงในหางแร่ดินขาว จากแหล่งสุโหงปาตี จังหวัดนราธิวาส เพื่อเพิ่มศักยภาพการนำทางแร่ไปใช้ประโยชน์ โดยมีคุณสมบัติทางเคมีของสัดส่วน สารประกอบซิลิกา Si/Al เพิ่มจาก 9.13 เป็น 165.57 สัดส่วน Si/Ti จาก 174.54 เป็น 1,159 และ Si/Fe จาก 246.41 เป็น 1,159 โดยใช้วิธีลอยแร่แบบย้อนกลับ (Reverse Flotation) ลอยเอาสิ่งเจือปนออกที่ค่า pH 7 ใช้น้ำยากดแร่ (Na₂SiO₃ และ Starch) และน้ำยาลอยแร่ กรดไขมัน Oleic Acid ผสมกับ Amine ทำให้หางแร่ดินขาวที่ได้มีปริมาณสารประกอบ Al Ti และ Fe เหลือเพียง 0.28% 0.04% และ 0.04% ตามลำดับ

คำสำคัญ การลอยแร่ ดินขาว สัดส่วนซิลิกา (Si) การลอยแร่แบบย้อนกลับ

Processing of Kaolin Tailings from the Sungai Padi Area, Narathiwat Province

Laddawon Dul^{1*}, Nikom Chotikanon² and Wijit Itthiwongkul³

^{1,2} Mining Engineering Course, Mechanical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road, Muang District, Chaing Mai, Thailand 50300.

*E-mail: ¹ Laddawon_Dul@rmutl.ac.th, ³ wijit_i@rmutl.ac.th Tel. +66966973527

Abstract

Silica compound minerals are essential raw materials in various industries, contributing significantly to a country's economic development. High-purity silica (Si) compounds often encounter issues with impurities such as Al, Ti, and Fe, rendering them unusable. This study explores the use of the flotation method on kaolin tailings from the Su-ngai Padi area, Narathiwat Province, to improve their utilization potential. The chemical properties showed a significant increase in the ratios of Si/Al from 9.13 to 165.57, Si/Ti from 174.54 to 1,159, and Si/Fe from 246.41 to 1,159. This improvement was achieved using the reverse flotation method, which removed impurities at a pH of 7 using a depressant (Na₂SiO₃ and starch) and a flotation reagent (oleic acid mixed with amine). Consequently, the kaolin tailings contained only 0.28% Al, 0.04% Ti, and 0.04% Fe.

Keywords: Mineral floatation, kaolin tailings, Reverse Flotation

1. บทนำ

ซิลิกอน (Si) เป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในโลกของอุตสาหกรรม ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลาย ทั้งความแข็งแรง ความทนทานต่อความร้อน และความสามารถในการเป็นสารกึ่งตัวนำ ทำให้ซิลิกอนเป็นองค์ประกอบหลักในแร่ธาตุหลายชนิดที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมก่อสร้าง อิเล็กทรอนิกส์ เซรามิก หรือแม้แต่ อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง แร่ที่มีสารประกอบซิลิกอนเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ดินขาว ไมกา ทัลก์ เซอร์เพนทีน ซีโอไลต์ โอลิวีน เพทาย และเซอร์คอน ซึ่งแร่แต่ละชนิดมีคุณสมบัติและการนำไปใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โดยส่วนใหญ่ในงานที่มีการใช้สารประกอบซิลิกอน (Si) มักจะพบปัญหาของสัดส่วนของแร่ Si/Al Si/Ti และ Si/Fe ที่เจือปนสูง ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมวัสดุศาสตร์และโลหะวิทยา (Zeboudj และ Hamzaoui, 2023) สัดส่วนที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของวัสดุและผลิตภัณฑ์ ซึ่งแหล่งแร่ที่ให้สารประกอบซิลิกอน (Si) ที่ไม่มีมลทินของ Al Ti และ Fe มีน้อยมาก จึงทำให้เกิดแนวทางในการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพสารประกอบซิลิกอน (Si) เพื่อมาใช้ทดแทนในบางอุตสาหกรรมได้

ทางแร่ดินขาวจากแหล่งสุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นอีกผลผลิตหนึ่งที่ได้การล้างเอาแร่ดินขาวไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งมักจะเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีส่วนประกอบของซิลิกาสูงถึง 41.89 %Si เป็นที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างไรก็ตามส่วนประกอบอื่นๆ เช่น Al Ti และ Fe ที่มีสัดส่วนสูงเป็นปัญหาในการนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมกระจก ดังนั้นเพื่อเพิ่มมูลค่าและขยายขอบเขตการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงต้องศึกษาวิธีการเพิ่มสัดส่วนของซิลิกา (Si) ในทางแร่ดินขาวนี้ โดยวิธีการลอยแร่ และกระบวนการทางเคมี การเลือกวิธีการปรับปรุงคุณภาพจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น คุณสมบัติของหัวแร่ ต้นทุน และความต้องการของตลาด

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการเพื่อเพิ่มสัดส่วนซิลิกา (Si) และลดสัดส่วนของแร่มลทินอื่นๆ เช่น Al Ti และ Fe จากทางแร่ดินขาวจากแหล่งสุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา โดยมุ่งเน้นการศึกษาระบวนการลอยแร่ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนานำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยคาดว่าจะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าของทางแร่ดินขาวจากแหล่งสุโขทัย และส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ธรณีวิทยาแหล่งแร่ดินขาวสุโขทัย แหล่งดินขาวสุโขทัย มีทั้งแบบพืดพามาสะสมตัวในที่ลุ่ม (แบบทุติยภูมิ) มีความหนา 0.5-1.0 เมตร และแบบหินแกรนิตผุพังอยู่กับที่ (แบบปฐมภูมิ) มีความหนา 3-4 เมตร เป็นดินดำซึ่งประกอบด้วยเม็ดทรายควอตซ์ขนาดกลาง ถัดลงไปเป็นชั้นดินปนทรายปนกับดินขาวเล็กน้อย หนา 0.5-1 เมตร ทรายมีลักษณะเหมือนชั้นบน เป็นรูปเหลี่ยมถึงค่อนข้างมนส่วนดินขาวเป็นแบบที่ถูกพืดพามา ถัดลึกลงไปเป็นหินแกรนิตที่ผุอยู่กับที่ ดินขาวได้จากชั้นหินแกรนิตนี้ หนา 3-4 เมตร การเกิดแร่ดินขาวของแหล่งแร่ดินขาวอำเภอสุนทรบุรี มีทั้งแบบผุพังอยู่กับที่ (Residual Weathering Deposits) และแบบที่ถูกพืดพามาสะสมตัวในที่ลุ่ม (Transported Deposits) หินแกรนิตที่พบเป็นชนิดควอตซ์ มอนโซไนต์ เม็ดแร่ขนาดกลางถึงละเอียด ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และโปไคโทต์ ผลึกของแร่เฟลด์สปาร์เป็นดอก บางครั้งพบเกาะตัวเป็นกลุ่ม ๆ แร่ฮอร์เนเบลนด์มีน้อยมาก (ธงชัย พึ่งรัตน์, 2515)

การแต่งแร่ดินขาวของโรงแต่งแร่ทั่วไป จะใช้น้ำฉีดกองดินให้แตกละเอียดหลุดออกจากหินกรวดขนาดต่างๆ แล้วปล่อยน้ำดินไหลลงไปตามรางคอนกรีตที่เอียงเล็กน้อย หินกรวดและทรายหยาบจะจมตัวที่พื้นราบอย่างรวดเร็วปล่อยให้น้ำดินไหลวกไปเวียนมาจนเนื้อดินที่ละเอียดมากจะถูกนำไปสะสมปล่อยให้ตกตะกอนในบ่อเกรอะหลายๆบ่อ เพื่อทิ้งให้ตกตะกอนแล้วนำไปตากให้แห้ง บดละเอียดและคัดขนาดอีกครั้งแล้วส่งไปจำหน่าย สำหรับบางโรงจะใช้ไฮโดรไซโคลอนเข้ามาช่วยในการคัดขนาดและปรับปรุงคุณภาพดิน ทางแร่ดินขาวที่ได้จะสะอาดและมีขนาดตั้งแต่ -60 เมช ถึง 120 เมช ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หางแร่ดินขาวจากแหล่งสุโขทัย จ.นราธิวาส

ทฤษฎีการลอยแร่ที่เกี่ยวข้อง

การลอยแร่เป็นกระบวนการแยกแร่ที่มีค่าออกจากแร่ที่ไม่ต้องการ โดยอาศัยหลักการที่ว่าแร่แต่ละชนิดมีความสามารถในการเปียกน้ำ (Hydrophilicity) และไม่เปียกน้ำ (Hydrophobicity) ที่แตกต่างกันปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลอยแร่ ได้แก่ขนาดของอนุภาคแร่ควรมีขนาดที่เหมาะสม ไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป ชนิดของแร่แต่ละชนิดมีความสามารถในการเปียกน้ำและไม่เปียกน้ำที่แตกต่างกัน รวมถึงการแลกเปลี่ยนปฏิกิริยาทางเคมีของพื้นผิวสัมผัสเม็ดแร่ต่อชนิดและปริมาณของสารเคมี (Collector) สารเคลือบฟอง และสารปรับสภาพอื่น ๆ มีผลต่อประสิทธิภาพการลอยแร่ และสภาวะการทำงาน pH อุณหภูมิ ค่าศักย์ซีตา (Zeta potential) ของน้ำและเม็ดแร่ที่จะเกาะติดฟองอากาศ และความเร็วในการกวนสารละลายมีผลต่อการลอยแร่ โดยการประยุกต์ใช้การลอยถูกนำมาใช้ในการแยกแร่ที่มีค่าหลายชนิด เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และนิกเกิล นอกจากนี้ยังใช้ในการแยกแร่โลหะ เช่น แร่ฟลูออไรต์ และแร่แบไรต์ (สายสินธุ์ชัย, 2554)

ได้มีการศึกษาปรับปรุงคุณภาพทรายซิลิกาที่ได้จากหางแร่ดินขาวในประเทศบัลแกเรียโดยใช้วิธีการลอยแร่แบบย้อนกลับ (Reverse Flotation) การลอยแร่ไม่ต้องการออกเพื่อลดปริมาณสิ่งเจือปน โดยเฉพาะเหล็กออกไซด์ ซึ่งทำให้กระจกมีสี ผลการศึกษาสามารถลด Fe_2O_3 ได้น้อยกว่า 0.015% ในการลอยแร่ที่ค่า pH 2.5-2.7 โดยใช้ AERO 825 เป็นน้ำยาลอยแร่เพื่อเอามลทินที่มีส่วนประกอบของแร่เหล็กออกมากับฟองอากาศทำให้ได้หัวแร่เป็นทรายแก้วที่มีค่า SiO_2 เพิ่มมากขึ้น (Valchev, Marinov, Grigorova, และ Nishkov, 2011) ในการแยกแร่ฮีมาไทต์ออกจากแร่ทรายซิลิกานั้นใช้วิธีการลอยแบบ Reverse Flotation Technique เช่นเดียวกัน มีการศึกษาปริมาณการใช้ น้ำยาลอยแร่ที่เหมาะสมที่สุดประมาณ 1.5 กรัม/กิโลกรัมทรายซิลิกา น้ำยาลอยแร่ (Aero 800-series) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มมุมสัมผัสของแร่ฮีมาไทต์มากขึ้นในการลอยแร่ที่ค่า pH 2.5 จากผลการศึกษาการใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) สามารถกำจัดแร่ฮีมาไทต์ออกจากแร่ทรายซิลิกาได้ดีกว่ากรดไฮโดรคลอริก (HCl) (Mowla, Karimi, และ Ostadnezhad, 2008) การแต่งแร่ควอตซ์หรือทรายแก้วมักจะเน้นไปที่การกำจัดแร่มลทินซึ่งส่วนใหญ่เป็นเหล็กออกไซด์โดยใช้วิธีการลอยแร่แบบย้อนกลับในสภาวะกรดแก่ช่วงค่า pH ที่ 2 - 4 และมักจะใช้น้ำยาเคลือบผิวแร่เป็น Aero 825 หรือไซคราโซมัน (American Cyanamid Company, 1989)

ในหางแร่ดินขาวจะมีทรายที่มีส่วนประกอบของซิลิกา (Si) เป็นหลักอยู่ในเม็ดแร่ และแร่ดินขาวมีสารประกอบทางเคมี $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ตักค้างอยู่จากการคัดเอาแร่ดินขนาดเล็ก (-200 ถึง น้อยกว่า 325 เมช) ไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ได้มีการศึกษางานวิจัยการแยกแร่ ($Al_2O_3 + SiO_2$) ออกจากแร่เหล็กเกรดต่ำได้ใช้วิธีการลอยย้อนกลับโดยใช้ Dodecyl Trimethylammonium Bromide และ Dodecylamine เป็นน้ำยาลอยแร่ได้ดีในสภาพค่า pH 8-12 (Bantnasan, Shibayama, & Takeuchi, 2022) ซึ่งอาจทำให้สัดส่วนของ Si/Al, Si/Fe และ Si/Ti มีสัดส่วนที่ต่ำเพิ่มขึ้นได้ รวมถึงการศึกษาใช้โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) เป็นตัวก่อกวนการทดลองลอยแร่ซิลิกาจากตะกอนซิลิคอนเกรดโลหะพบว่า โซเดียมซิลิเกตที่ค่า pH 8 มุมสัมผัสของซิลิเกตลดลงจาก 6.62% เหลือ 0 ทำให้สามารถถนแร่ซิลิเกตลงไว้กันถึงลอยแร่ได้ (TAN, HAN, WU, WEI, & MA, 2023) มีการใช้ Starch ในการก่อกวนและใช้ Dodecylamine เป็นน้ำยาเคลือบผิวแร่ (Al) และใช้ MIBC เป็นน้ำยาเคลือบฟองในการศึกษาการลดแร่ซิลิกา (Si) ในกระบวนการลอยแร่บอกไซต์แบบย้อนกลับจากแหล่ง กาลิมันตันบารัต ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งสามารถเพิ่มสัดส่วนของ Al/Si จาก 7 เป็น 14 โดยได้ค่า pH 8 เหมาะสมที่สุด (Wulanderi, Purwasasmita, & Sanwani, 2017)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการปรับปรุงคุณภาพของสัดส่วนสารประกอบ Si/Al, Si/Fe และ Si/Ti ด้วยวิธีการลอยแร่ในทางแร่ดินขาวที่ได้จากแหล่งสุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา ศึกษาวิธีการลอยแบบย้อนกลับ หัวแร่ที่มีสัดส่วนของซิลิกา (Si) สูงจะถูกกักตมอยู่กันถึงลอยแร่และจะทำการลอยมลทินที่ไม่ต้องการซึ่งมีสารประกอบ อะลูมินา (Al) เหล็ก (Fe) และไทเทเนียม (Ti) ออกมาพร้อมกับฟองอากาศ โดยในการศึกษารังนี้ได้ออกแบบเป็น 2 แบบ คือการศึกษาลอยแร่ที่สภาพความเป็นกรดเข้มข้นที่ pH 2.5 และ 3 ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้โดยทั่วไปในการปรับปรุงคุณภาพแร่ทรายแก้วหรือแร่ควอตซ์ ซึ่งในสภาวะนี้ผิวเม็ดแร่ที่มีสารประกอบซิลิกา (Si) จะถูกกักตมกันถึงและแร่มลทินที่เป็นโลหะออกไซด์จะถูกเคลือบกับน้ำยาลอยแร่เกาะฟองอากาศขึ้นมา เม็ดแร่ที่มีส่วนประกอบของซิลิกา (Si) จะมีแรงยึดเกาะทางเคมีสูง มีพลังงานอิสระที่ผิวมากรวมด้วย Sodium Silicate ที่ช่วยเคลือบผิวไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำยาเคลือบผิวแร่ Petroleum Sulfonate (Aero825) ที่จะใช้เพื่อลอยแร่มลทินออก (Denver Equipment Company, 1990) (Bu และ Evans, 2017)

แบบที่ 2 การศึกษาลอยแร่ในสภาวะค่าเป็นกลาง pH 7.5 และ 8 มักนิยมใช้ลอยดินขาวในอุตสาหกรรมทั่วไปเป็นวิธีการกำจัดแร่มลทินเช่น เหล็กออกไซด์ ไทเทเนียมออกไซด์ โดยใช้กรดไขมัน เช่น Oleic acid (American Cyanamid Company, 1989) , (Wang และ Wu, 2023), (Fueratenau, 1976) ซึ่งจะใช้สารเคมีประเภทเอมีน เป็นน้ำยาเคลือบผิวแร่ที่เป็นสารประกอบในดินขาวออกไป (Nakhaei และ Irannajad, 2018) ซึ่งทางแร่ดินขาวจากแหล่งสุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา เมื่อผสมกับน้ำแล้วจะมีค่า pH 5.5 จึงต้องใช้ Na_2CO_3 ในการปรับสภาพ

3.1 กรรมวิธีการลอยแร่เพื่อเพิ่มสัดส่วน Si/Al, Si/Fe และ Si/Ti ในสภาวะกรด

ทดลองตัวอย่างทางแร่ดินขาวที่ขนาด -60, +120 เมช (0.124 - 0.251 mm) ในสัดส่วนน้ำหนักแร่ต่อน้ำที่ 30 %Solid ใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ในการปรับค่า pH ให้มีค่า 2.5 และ 3 จากนั้นใช้เวลากรองแร่ 2 นาที ใช้น้ำยาลอยแร่เป็นส่วนผสมของ AERO 825 และกรดไขมัน (Oleic Acid) ปริมาณ 1:1 ที่ 500 g/ton แร่ป้อน เพิ่มตัวกวดแร่ด้วยโซเดียมซิลิเกต (Na_2CO_3) และ Starch อย่างละ 500 g/ton แร่ป้อน กวนแร่กับน้ำยาเคมีที่ 5 นาที หยดน้ำมันสน เพื่อให้ฟองอากาศเหนียวขึ้น จากนั้นจึงลอยแร่มลทินที่ไม่ต้องการออกส่วนนี้จะเป็นทางแร่ที่ไม่ต้องการ ส่วนหัวแร่จะอยู่กันถึงลอยแร่ นำไปกรองด้วยเครื่องอัดอากาศ และอบให้แห้ง นำส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ โดยวิธี XRF (X-ray Fluorescence) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์การลอยแร่ที่ค่า pH 2.5 และ 3 ด้วยวิธี XRF (X-ray Fluorescence)

ตัวอย่างแร่	Element Concentration (%)						
	Si	Al	Si/Al	Ti	Si/Ti	Fe	Si/Fe
Feed	41.89	4.59	9.13	0.24	174.54	0.17	246.41
CONC. pH 2	43.01	3.17	13.57	0.28	153.60	0.17	253.00
CONC. pH 2.5	41.23	5.03	8.20	0.31	133.00	0.23	179.23
CONC. pH 3	42.21	4.10	10.29	0.29	145.55	0.20	211.05

3.2 กรรมวิธีการลอยแร่เพื่อเพิ่มสัดส่วน Si/Al, Si/Fe และ Si/Ti ในสภาวะน้ำ Alkaline

การทดลองลอยแร่ในสภาวะน้ำที่มีค่า pH 7.5 และ 8 ปรับสภาพน้ำด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เนื่องจากทางแร่ดินขาวมีสภาพเป็นกรดอ่อน (pH 5.5) จากนั้นใช้เวลากรองแร่ 2 นาที ใช้น้ำยาลอยแร่เป็นส่วนผสมของเอมีน (Amine) และกรดไขมัน (Oleic Acid) ปริมาณ 1:1 ที่ 500 g/ton แร่ป้อน เพิ่มตัวกวดแร่ด้วยโซเดียมซิลิเกต (Na_2CO_3) และ Starch อย่างละ 500 g/ton แร่ป้อน กวนแร่ 5 นาที ใช้น้ำมันสนเป็นน้ำยาเคลือบฟอง หัวแร่จะอยู่กันถึงลอยแร่ นำไปกรองด้วยเครื่องอัดอากาศ และอบให้แห้ง นำส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ โดยวิธี XRF (X-ray Fluorescence) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์การลอยแร่ที่ค่า pH 7.5 และ 8 ด้วยวิธี XRF (X-ray Fluorescence)

ตัวอย่างแร่	Element Concentration (%)						
	Si	Al	Si/Al	Ti	Si/Ti	Fe	Si/Fe
Feed	41.89	4.59	9.13	0.24	174.54	0.17	246.41

CONC. pH 7	44.90	1.60	28.06	0.14	320.71	0.11	408.18
CONC. pH 7.5	44.57	1.87	23.83	0.18	247.61	0.15	297.13
CONC. pH 8	44.52	2.02	22.04	0.14	318.00	0.11	404.73

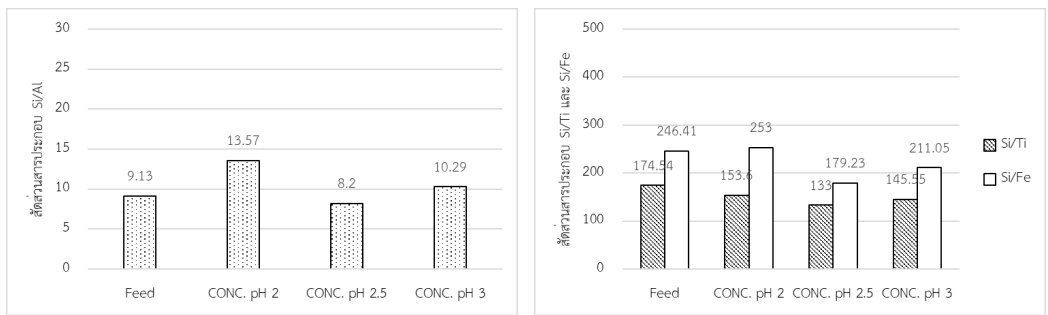
เมื่อทำการวิเคราะห์เคมีจากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 จะพบว่าการลอยแร่แบบที่ 1 ค่า pH 2 ให้สัดส่วนของสารประกอบ Si/Al เพิ่มขึ้นจาก 9.13 เป็น 13.57 และ Si/Fe เพิ่มขึ้นจาก 246.41 เป็น 253 แต่สัดส่วนสารประกอบของ Si/Ti กลับลดลง ในขณะที่ผลการลอยแร่แบบที่ 2 สภาวะน้ำเป็นกลางค่า pH 7 สัดส่วนของสารประกอบ Si/Al เพิ่มขึ้นจาก 9.13 เป็น 28.06 Si/Fe เพิ่มขึ้นจาก 246.41 เป็น 408.18 และ Si/Ti มีสัดส่วน 174.54 เพิ่มเป็น 320.71 จึงทำการลอยแร่ซ้ำอีกครั้งที่ค่า pH 2 และค่า pH 7 โดยเพิ่มขึ้นตอนทำความสะอาดหัวแร่อีก 3 ครั้ง โดยเติมน้ำยาลอยแร่ครั้งละ 200 กรัม/แร่ป้อนด้วย ใช้ AERO 825 ที่การลอยแร่ค่า pH 2 และใช้กรดไขมัน (Oleic Acid) ในการลอยแร่ค่า pH 7 โดยแต่ละครั้งจะเก็บตัวอย่างนำไปวิเคราะห์เคมีโดยวิธี XRF (X-ray Fluorescence)



รูปที่ 2 เม็ดแร่ลพิษที่เกาะฟองอากาศลอยขึ้นมา

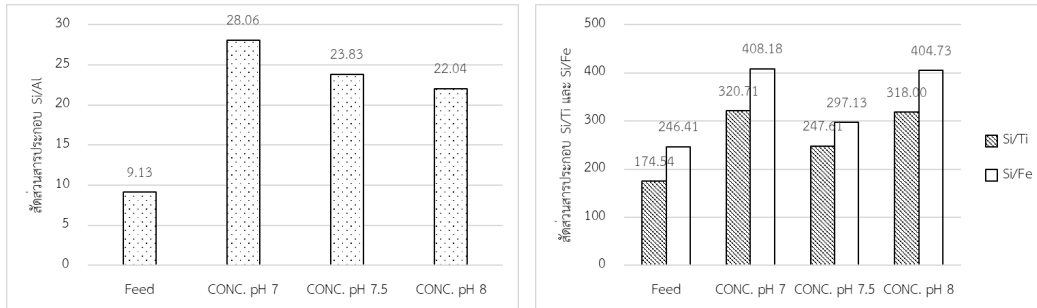
4. ผลการวิจัย

ทางแร่ดินขาวจากแหล่งแร่สุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา ผลวิเคราะห์ทางเคมีด้วยวิธี XRF (X-Ray Fluorescence) ที่ขนาด 60, +120 เมช (0.124 - 0.251 mm) การลอยแร่แบบที่ 1 ค่า pH 2 เป็นสภาวะที่ได้ค่าสัดส่วน Si/Al และ Si/Fe เพิ่มขึ้นจาก 9.13 และ 246.41 เป็น 13.57 และ 253 ตามลำดับ แต่สัดส่วนของ Si/Ti กลับลดลงจาก 174.54 เป็น 153.6 ซึ่งสารประกอบ Ti อาจเกาะติดอยู่กับเม็ดแร่ที่มีสัดส่วนของ Si มาก จึงถูกน้ำยากดแร่ (Na₂SiO₃ และ Strach) เคลือบพื้นผิวทำให้สัดส่วนของ Si/Ti ลดลง และเมื่อเพิ่มค่า pH เป็น 2.5 และ 3 กลับไม่สามารถเพิ่มสัดส่วนของซิลิกา (Si) กับสารประกอบ Al, Ti และ Fe ได้ กลับทำให้อัตราส่วน ลดลงดังแสดงในรูปที่ 3 และยังคงพบปัญหาที่สัดส่วนสารประกอบ Si/Ti ลดลงอย่างมาก เม็ดแร่ที่มีสารประกอบ Al, Ti และ Fe อาจอยู่ในรูปของแร่ดินขาวที่มีมัมผสมน้อยจึงไม่สามารถเกาะติดฟองลอยขึ้นมาได้

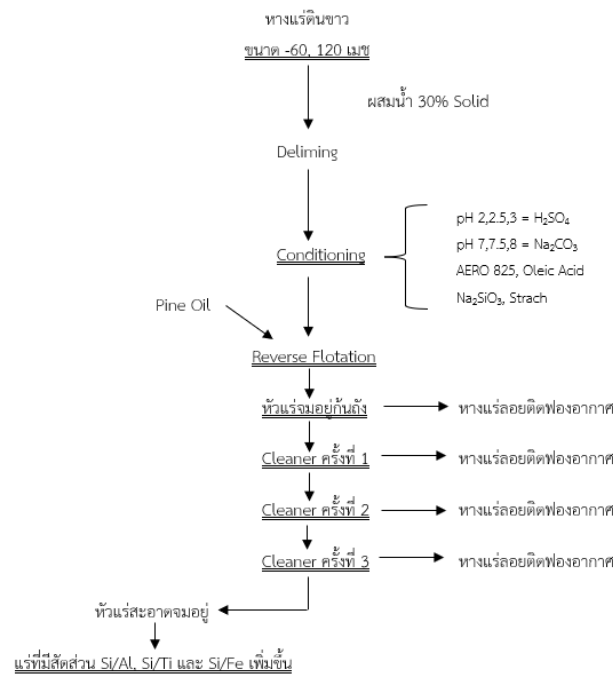


รูปที่ 3 เปรียบเทียบสัดส่วนของ Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ในหัวแร่ที่ได้จากการลอยแร่ที่ค่า pH 2 2.5 และ 3

ผลการศึกษารอยทางแร่ดินขาวแบบที่ 2 สภาวะเป็นกลางมีค่า pH ที่ใช้ในการทดลองคือ 7 7.5 และ 8 พบว่า สารมา รรเพิ่มสัดส่วนของ Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ได้มากที่สุดที่ค่า pH 7 เพิ่มจาก 9.13, 174.54 และ 246.41 เป็น 28.06, 320.71 และ 408.18 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกันเป็นกลุ่มก้อนแสดงให้เห็นว่า การใช้กรดไขมันและเอมีน สามารถเคลือบเม็ดแร่ที่มีสารประกอบของ Al, Ti และ Fe ได้ดีที่ค่า pH 7 และน้ำยากดแร่ (Na₂SiO₃ และ Strach) สามารถลดมุม สัมผัสของสารประกอบ Si ในเม็ดแร่ส่วนใหญ่ได้ และสารประกอบ Al, Ti และ Fe ถูกทำให้เป็น Hydrophobicity ลอยเกาะติดฟอง ขึ้นมา ซึ่งอาจเป็นเม็ดแร่ของดินขาวที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งกระบวนการลอยแร่ทั้งใน 2 แบบ แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 เปรียบเทียบสัดส่วนของ Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ในหัวแร่ที่ได้จากการลอยแร่ที่ค่า pH 7 7.5 และ 8



รูปที่ 5 แสดงแผนผังการศึกษาลอยทางแร่ดินขาวจากแหล่งแร่สุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส

ผลการทดลองลอยแร่ทั้ง 2 แบบ ซ้ำอีกครั้งที่ค่า pH 2 และค่า pH 7 ในปริมาณตัวอย่างแร่เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นตอนการ ทำความสะอาดหัวแร่ ดังแสดงในรูปที่ 5 เพื่อกำจัดสารประกอบ Al, Ti และ Fe มากขึ้น จะเห็นว่าการลอยแร่แบบที่ 2 สภาวะน้ำ เป็นกลาง ค่า pH 7 สัดส่วนของสารประกอบ Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe เพิ่มขึ้นเป็น 165.67 1,159 และ 1,159 ตามลำดับ จากผล วิเคราะห์ด้วยเคมีด้วยวิธี XRF (X-ray Fluorescence) พบในหัวแร่มีสารประกอบเหลือเพียง 0.28 %Al 0.04 %Ti และ 0.04 %Fe แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์เคมีของหัวแร่ที่ผ่านการทำ Cleaner ทั้ง 3 ครั้ง ด้วยวิธี XRF (X-ray Fluorescence)

ตัวอย่างแร่	Element Concentration (%)						
	Si	Al	Si/Al	Ti	Si/Ti	Fe	Si/Fe
Feed	41.89	4.59	9.13	0.24	174.54	0.17	246.41
CONC. pH 2	43.01	3.17	13.57	0.28	153.60	0.17	253.00
pH 2 Cleaner 1	46.10	0.48	96.04	0.07	658.57	0.05	922.00
pH 2 Cleaner 2	45.90	0.67	68.51	0.08	573.75	0.07	655.71
pH 2 Cleaner 3	46.10	0.50	92.20	0.09	512.22	0.05	922.00
CONC. pH 7	44.90	1.60	28.06	0.14	320.71	0.11	408.18
pH 7 Cleaner 1	45.88	0.73	62.85	0.10	458.80	0.06	764.67
pH 7 Cleaner 2	46.00	0.59	77.97	0.09	511.11	0.05	920.00
pH 7 Cleaner 3	46.36	0.28	165.57	0.04	1,159.00	0.04	1,159.00

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวិธีการเพิ่มสัดส่วนของ Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ในหางแร่ดินขาวจากแหล่งสุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา อาศัย ทฤษฎีของศักย์ไฟฟ้าที่ผิวแร่ แรงดึงดูดระหว่างเม็ดแร่กับของเหลว การเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้าของแร่สองชนิดขึ้นไปให้แตกต่างกันจาก ปรับสภาพกรด-ด่างในสารละลาย และใช้ฟองอากาศดึงดูดอนุภาคแร่ที่มีศักย์ไฟฟ้าตรงกับสารละลาย (ผิวแร่จะไม่สัมผัสกับ สารละลาย) ให้ลอยขึ้นมาเพื่อแยกออกจากแร่ที่มีศักย์ไฟฟ้าตรงข้ามกับสารละลาย (Nakhaei และ Iranajad, 2018) ด้วยวิธีการ ลอยแร่แบบย้อนกลับ (Reverse Flotation) แบบที่ 1 โดยการกำจัดแร่เหล็กออกไซด์ออก (Valchev, Marinov, Grigorova, และ Nishkov, 2011) พบว่าค่า pH 2 สามารถลดสารประกอบเหลือเพียง 0.5 %Al, 0.09 %Ti และ 0.05 Fe แต่สัดส่วนของ Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ได้ผลไม่ค่อนใด ในบางอุตสาหกรรม ต้องการ Al < 0.5% และ Fe < 0.05% ถึงแม้ว่าจะทำความสะอาดหัวแร่มาก ถึง 3 ครั้งแล้วก็ตาม อาจเนื่องมาจากสารประกอบของ Al, Ti และ Fe อาจจะอยู่ในรูปแบบของเม็ดแร่ดินขาว (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O) และอิลเมไนต์ (FeTiO₃) ทำให้การลอยแร่ด้วยค่า pH ต่ำ สารประกอบเหล่านี้มีพลังงานอิสระที่ผิวมากทำให้มุมสัมผัสระหว่างผิวเม็ด แร่กับฟองอากาศน้อยมาก

แต่ผลการลอยแร่แบบที่ 2 การลอยแร่ดินขาวในสถานะน้ำเป็นกลางที่ค่า pH 7 สามารถเพิ่มสัดส่วนของ Si/Al ถึง 165.57 และ Si/Ti กับ Si/Fe มากถึง 1,159 โดยที่ในหัวแร่มีปริมาณสารประกอบเหลือเพียง 0.28% Al 0.04%Ti และ 0.04%Fe น้ำยากด แร่ (Na₂SiO₃ และ Strach) ช่วยเคลือบสารประกอบซิลิกา (Si) ให้มีสภาพเป็น Hydrolyzed จึงจมอยู่กันถึงลอยแร่มีสามารถลดมุม สัมผัสของเม็ดแร่และฟองอากาศได้ (TAN, HAN, WU, WEI, และ MA, 2023) จากตัวอย่างการวิจัยของมหาวิทยาลัยอิดูคิเต ประเทศ ญี่ปุ่น ใช้น้ำยาเคลือบผิวแร่ Dodecylamine ลอยเม็ดแร่ที่มีสารประกอบ SiO₂ + Al₂O₃ ออกไปกับฟองอากาศในช่วง pH 4 – 8 (Bantnasan, Shibayama, และ Takeuchi, 2022) ในการวิจัยนี้ใช้เอมีน (Amine) เป็นน้ำยาเคลือบผิวแร่ที่ใช้ลอยดินขาวออกจาก แร่ควอตซ์ (Wang และ Wu, 2023) (Wulanderi, Purwasmita, และ Sanwani, 2017) ซึ่งทำให้เพิ่มสัดส่วนของสารประกอบ Si/Al, Si/Ti และ Si/Fe ด้วยวิธีการลอยแร่เป็นแบบย้อนกลับ (Reverse Flotation) ได้ผลดีในหางแร่ดินขาวที่ได้จากแหล่งสุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา ที่ค่า pH 7 ซึ่งเป็นการลอยเอาสารประกอบแร่ดินขาว (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O) และอิลเมไนต์ (FeTiO₃) ออก ด้วยกรดไขมัน Oleic Acid ผสมกับ Amine และใช้น้ำยากดแร่ (Na₂SiO₃ และ Strach) ทำปฏิกิริยาของผิวเม็ดแร่ซิลิกา (Si) จนทำให้มีพลังงานอิสระที่ผิวแร่

ซึ่งการลอยแร่ด้วยกระบวนการที่ได้จากการศึกษานี้จะอีกทางแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพแร่สารประกอบซิลิกา (Si) ได้ ซึ่งมีต้นทุนที่ไม่สูงและให้ผลผลิตมากและ การลอยแร่ด้วยสารเคมีที่เป็นธรรมชาติ และมีค่า pH ที่เป็นกลาง จะช่วยสนับสนุนการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยไปสู่อุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนได้ อย่างไรก็ตามแร่จากแหล่งแร่ ต่างๆ มีกระบวนการกำเนิด ลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การศึกษาวิธีการลอยแร่ ชนิดและปริมาณน้ำยาย่อมมีความ แตกต่างกันในสถานะค่า pH ที่แตกต่างกันด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- A Vidyadhar, Neha Kumari, และ R P Bhagat. (2012). Flotation of Quartz and Hematite. *IMPC* , (หน้า 548). New Delhi, India.
- Altansukh Bantnasan, Atsushi Shibayama, และ Hiroya Takeuchi. (2022). Removal of Silicon, Aluminum and Phosphorus Impurities from Low-grade Iron Ore by Reverse Froth Flotation and Alkaline Roasting. *Soc. Mater. Eng. Resour. Japan, Vol.25, No.1,*, 122-128.
- American Cyanamid Company. (1989). *Mining Chemicals Handbook*. New Jersey: American Cyanamid Company.
- Andrian Valchev, Miroslav Marinov, Irena Grigorova, และ Ivan Nishkov. (2011). Glass Sand Flotation for Iron Impurity Removal. *Proc. of XIV th Balkan Mineral Processing Congress*, (หน้า 68-72). Tuzla, Bosna and Herzegovina.
- Asmaa Zeboudj, และ Saad Hamzaoui. (13 Dec 2023). Extraction of Silica from Natural Deposits for the Production of Silicon in Photovoltaic Applications. *J Biomed Res Environ Sci*, 1659-1663.
- Dariush Mowla, Gholamreza Karimi, และ K. Ostadnezhad. (15 January 2008). Removal of hematite from silica sand ore by reverse flotation technique. *Separation and Purification Technology*, 419-423.
- Denver Equipment Company. (1990). *Mineral Processing Flowsheets*. Colorado: Denver Equipment Company.
- Fardis Nakhaei, และ Mehdi Irannajad. (2018). Reagents types in flotation of iron oxide minerals: A review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review An International Journal, Volume 39*.
- M.C. Fuerstenau. (1976). *Flotataion A.M. Gaudin Memorial Volume*. New York: American Institute of Mining, Inc.
- Ning TAN, Shi-feng HAN, Dan-dan WU, Kui-xian WEI, และ Wen-hu MA. (2023). Recovery of silicon from metallurgical-grade silicon-refined slag by flotation with sodium silicate as depressant. *Transaction of Nonferrous Metals Society of China*, 1619-1628.
- Ruizhe Wang, และ Dandan Wu. (2023). The combined application of Na₂SiO₃ and Mn²⁺ enhancing the flotation separation of quartz and kaolinite by NaOL. *Separation and Purification Technology*(Volume 345).
- Winnie Wulanderi, Mubiar Purwasasmita, และ Edy Sanwani. (2017). Implementation of reverse flotation method to reduce reactive and non-reactive in bauxite ore from West Kalimantan. *1st International Process Metallurgy Conference*. AIP Advances.
- Xiangning Bu, และ Geoffrey Evans. (July 2017). Removal of fine quartz from coal-series kaolin by flotation. *Applied Clay Science*(Volume 143), 437-444.
- สมศักดิ์ สายสินธุ์ชัย. (2554). *ตำราวิชา Procees Laboratory 1*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การพัฒนาเกมแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยไลดาร์เซ็นเซอร์ : กรณีศึกษาเกม SPACESHIP

นฤเทพ สุวรรณธาดา^{1*} ณัฐกมล หอยสังข์² ศุภฤกษ์ เล็งชีว³ อภิลิทธิ์ สวัสดิ์⁴ และ ฮัสซัน โสสนุญ⁵

¹ คณะดิจิทัลมีเดียและศิลปะภาพยนตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

^{2 3 4 5} ภาควิชาวิศวกรรมมีเดียและเอนเตอร์เทนเมนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

* naruetep.su@bu.ac.th, 095-423-5995

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเสนอการพัฒนากระบวนการปฏิสัมพันธ์รูปแบบเกมที่ใช้เทคโนโลยีไลดาร์เซ็นเซอร์ เพื่อสร้างประสบการณ์การเล่น เกมแบบปฏิสัมพันธ์ที่มีการโต้ตอบของผู้เล่น ร่วมกับการออกแบบเกมสามมิติ โดยเทคโนโลยีไลดาร์เซ็นเซอร์ เป็นระบบที่ใช้แสง เลเซอร์ในการวัดระยะทาง โดยการปล่อยแสงเลเซอร์ไปยังวัตถุเป้าหมายและคำนวณเวลาที่แสงสะท้อนกลับมายังเซ็นเซอร์ ระบบจะ สามารถระบุตำแหน่ง, รูปร่าง และขนาดของวัตถุได้อย่างแม่นยำ ซึ่งสามารถสร้างแผนที่ 3 มิติ เพื่อตรวจจับวัตถุที่กระทบบน จอรับภาพ เพื่อให้ผู้เล่นสามารถโต้ตอบกับเกมได้แบบใกล้เคียงกับการเล่นเกมผ่านคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีความสมจริงมากขึ้น

ทั้งนี้ ผู้วิจัยนำงานวิจัยนี้ ไปจัดแสดงในงานเปิดรับร่วมมหาวิทยาลัยกรุงเทพ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมทดลองเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ด้วยไลดาร์เซ็นเซอร์ อีกทั้งได้ทดสอบการตรวจจับของเซ็นเซอร์โดยการปาลูกบอลใส่ฉากรับภาพแบบตั้งพื้น 120 ครั้ง ตรวจจับได้คิด เป็นร้อยละ 80.83 และค่า (SD) ที่ 1.44 สรุปได้ว่า การพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์รูปแบบเกมฯ สามารถตรวจจับการเล่นของผู้เล่น ได้ในระดับที่ยอมรับได้

คำสำคัญ เกม, เกมแบบปฏิสัมพันธ์, ไลดาร์เซ็นเซอร์, อินเทอร์เน็ตที่ฟ

The Development of Interactive Game with LiDAR sensor: A Case Study of SPACESHIP Game

Naruetep Suwantada^{1*} Natkamol Hoisang² Suphareag Sengsiw³ Apisit Sawasdee⁴
and Hassan Sosanui⁵

¹ School of Digital Media and Cinematic Arts, Bangkok University, Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12120

^{2 3 4 5} Multimedia and Entertainment Engineering, School of Engineering, Bangkok University, Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12120

* naruetep.su@bu.ac.th, 095-423-5995

Abstract

This research presents an interactive game system utilizing LIDAR sensor technology to create an immersive and engaging player experience. The system incorporates 3D game design and leverages LIDAR's ability to accurately detect objects and generate 3D maps, enabling real-time interaction with the game environment.

This system was showcased at Bangkok University's Open House event, where participants tested the interactive gameplay. Additionally, the sensor's detection capabilities were evaluated by throwing a ball at a floor-based screen 120 times, achieving an 80.83% detection rate with a standard deviation of 1.44. The results indicate that the developed system successfully detects player interactions within an acceptable range.

Keywords: game, interactive game, LiDAR sensor, interactive

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมต่างๆ รวมถึงการเล่นเกม ก็เป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง (พลฤทธิ, 2559) เทคโนโลยี LiDAR (Light Detection and Ranging) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้แสงเลเซอร์ในการตรวจจับและวัดระยะทางวัตถุ ได้ถูกนำมาใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น ยานยนต์ไร้คนขับ การสำรวจทางภูมิศาสตร์ และการทำแผนที่ 3 มิติ (Dong, H., & Chen, Q., 2021) นอกจากนี้ LiDAR ยังมีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ในวงการเกม เพื่อสร้างประสบการณ์การเล่นแบบอินเทอร์แอคทีฟที่สมจริงและน่าตื่นเต้นยิ่งขึ้น (Pallipuram, etc., 2022) ที่มาของงานวิจัยนี้ เกิดจากความสนใจในการนำเทคโนโลยี LiDAR มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สำหรับเกม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างประสบการณ์การเล่นเกมที่ผู้เล่นสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับเกมได้อย่างเป็นธรรมชาติและสมจริงมากยิ่งขึ้น โดยใช้ LiDAR ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวและท่าทางของผู้เล่น เพื่อให้สามารถควบคุมตัวละครหรือวัตถุในเกมได้อย่างแม่นยำ

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบเกมที่ใช้ LiDAR sensor ในการตรวจจับวัตถุที่กระทบบนจอร์รับภาพ เพื่อให้ผู้เล่นสามารถโต้ตอบกับเกมได้แบบเสมือนจริง ใกล้เคียงกับการเล่นเกมผ่านคอมพิวเตอร์หรือมือถือ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ ได้นำไปจัดแสดงและทดสอบในงานเปิดรับมหาวิทยาลัยกรุงเทพ (Bangkok University Open House) ประจำปี 2566 ในงานนี้ ผู้เข้าร่วมได้ทดลองเล่นเกมที่พัฒนาขึ้น และมีส่วนร่วมในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ อีกทั้งรูปแบบกิจกรรมในการเล่นแบบปฏิสัมพันธ์คือ เล่นเป็นกลุ่มครั้งละ 2-4 คน รอบละ 3-5 นาที เพื่อกระจายให้ผู้เล่นได้เล่นอย่างครบถ้วน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์รูปแบบเกมที่ใช้เทคโนโลยี LiDAR sensor ในการตรวจจับการตกกระทบของวัตถุจริงร่วมกับวัตถุภายในเกม
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาเกมที่สามารถนำระบบปฏิสัมพันธ์ที่ใช้ LiDAR sensor มาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบปฏิสัมพันธ์รูปแบบเกมที่ใช้ LiDAR sensor ในการตรวจจับการตกกระทบของวัตถุจริงร่วมกับวัตถุภายในเกม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาเกมแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยไลดาร์เซ็นเซอร์ : กรณีศึกษาเกม Spaceship ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ โดยแบ่งตามหัวข้อ ดังนี้

2.1 เกมแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive Games)

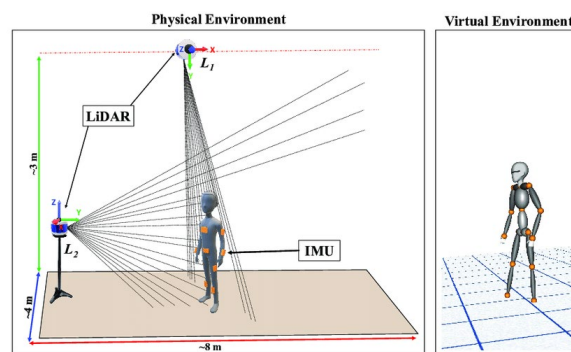
ทฤษฎีการไหล (Flow Theory) Mihaly Csikszentmihalyi (1990) นำเสนอแนวคิด "Flow" ซึ่งเป็นสภาวะจิตใจที่ผู้เล่นรู้สึกดื่มด่ำและมีสมาธิอย่างเต็มที่กับกิจกรรมที่ทำ เกมอินเทอร์แอคทีฟที่ออกแบบมาอย่างดีสามารถดึงผู้เล่นเข้าสู่สภาวะ "Flow" ได้ โดยการปรับสมดุลระหว่างความท้าทายและทักษะของผู้เล่น มีเป้าหมายที่ชัดเจน และให้ผลตอบรับที่ทันท่วงที (Csikszentmihalyi, M., 1990) ทั้งนี้ยังมีทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านการเล่น (Game-Based Learning Theory) ทฤษฎีนี้เน้นการใช้เกมเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ โดยมีหลักฐานว่าการเล่นสามารถกระตุ้นความสนใจ เพิ่มแรงจูงใจ และส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Kapp, K. M., 2012) เกมอินเทอร์แอคทีฟสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ได้หลากหลายสาขาวิชา โดยการออกแบบกิจกรรมและภารกิจที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการสอน ซึ่งเมื่อพิจารณากับการใช้ทฤษฎีการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ (User Engagement Theory) ที่มุ่งเน้นการสร้างความสัมพันธ์เชิงบวกและความผูกพันระหว่างผู้ใช้กับระบบ เกมอินเทอร์แอคทีฟที่ประสบความสำเร็จจะดึงดูดผู้เล่นให้มีส่วนร่วมกับการเล่นเกมได้อย่างต่อเนื่องโดยการสร้างเนื้อหาที่น่าสนใจ มีระบบให้รางวัล และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เล่นคนอื่นๆ (O'Brien, etc., 2010) ทำให้เห็นได้ว่า การออกแบบปฏิสัมพันธ์ (Interaction Design Theory) มีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นธรรมชาติ ในบริบทของเกมอินเทอร์แอคทีฟ สิ่งสำคัญคือ ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI) ที่ใช้จะทำให้เข้าใจง่าย และตอบสนองต่อการกระทำของผู้เล่นได้อย่างรวดเร็ว (Preece, J., etc., 2015) เมื่อทุกองค์ประกอบมารวมกันจะเป็นทฤษฎีการรับรู้ (Perception Theory) ซึ่งสำรวจว่ามนุษย์รับรู้และตีความข้อมูลจากสภาพแวดล้อม

อย่างไร เกมอินเทอร์แอคทีฟควรพิจารณาการออกแบบภาพ เสียง และองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อกระตุ้นประสาทสัมผัสของผู้เล่นและสร้างประสบการณ์การเล่นเกมที่น่าจดจำ (Goldstein, E. B., 2014).

2.2 ไลดาร์เซ็นเซอร์ (LiDAR Sensor)

Light Detection and Ranging (LiDAR) หลักการพื้นฐานคือ การปล่อยพัลส์ของแสงเลเซอร์ไปยังวัตถุเป้าหมายและวัดเวลาที่แสงสะท้อนกลับมายังเซ็นเซอร์ ข้อมูลนี้ใช้ในการคำนวณระยะทางไปยังวัตถุและสร้างแผนที่ 3 มิติของสภาพแวดล้อม (Cho, H., etc., 2019) ในระบบเกมอินเทอร์แอคทีฟ LiDAR สามารถตรวจจับตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของผู้เล่นหรือวัตถุใด ๆ ได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถโต้ตอบกับเกมได้อย่างเป็นธรรมชาติ (Khoshelham, K., 2011) โดย Object Detection and Classification in Gaming เป็นอัลกอริทึมการตรวจจับและจำแนกวัตถุถูกนำมาใช้เพื่อระบุและจำแนกวัตถุในข้อมูล LiDAR (Dewan, A., & Caselitz, T., 2022) ในระบบเกมอินเทอร์แอคทีฟ อัลกอริทึมนี้สามารถใช้เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้เล่น หรือวัตถุที่ใช้ในการโต้ตอบกับเกม เช่น ลูกบอล หรือไม้แร็กเกต นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการตรวจจับท่าทางของผู้เล่นเพื่อควบคุมตัวละครในเกมได้ด้วย (Zhang, J., & Chen, J., 2020).

Sensor Fusion for Enhanced Interaction การหลอมรวมเซ็นเซอร์เกี่ยวข้องกับการรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์หลายตัว เช่น LiDAR, กล้อง และ IMU (Inertial Measurement Unit) เพื่อปรับปรุงการรับรู้สภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวของผู้เล่น (Zheng, L., & Yang, S., 2020) ในระบบเกมอินเทอร์แอคทีฟ การหลอมรวมข้อมูลจาก LiDAR และกล้องสามารถใช้เพื่อสร้างประสบการณ์การเล่นเกมที่สมจริงและแม่นยำยิ่งขึ้น (Gan, C., & Wang, X., 2021) ทั้งนี้เมื่อนำระบบ Real-time Processing and Feedback in Gaming ซึ่งเป็นระบบเกมอินเทอร์แอคทีฟที่ประมวลผลข้อมูล LiDAR แบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการกระทำของผู้เล่นได้อย่างทันท่วงที โดยการประมวลผลแบบเรียลไทม์มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับเกมที่ต้องการความแม่นยำและความเร็วในการตอบสนองสูง เพื่อให้ผู้เล่นได้รับประสบการณ์ที่ลื่นไหลและสมจริง (Chen, etc., 2017) อาทิระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยอาศัยการผสมรวมข้อมูลจากเทคโนโลยีไลดาร์ (light detection and ranging - LiDAR) และหน่วยวัดแรงเฉื่อย (inertial measurement unit - IMU) (Patil, A. K., etc., 2020) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะการทำงานของไลดาร์เซ็นเซอร์

2.3 การออกแบบและพัฒนาเกมสามมิติ

การออกแบบและพัฒนาเกมสามมิติ (3D) ถือเป็นศาสตร์ที่ผสมผสานทั้งศิลปะและเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน โดยมีเป้าหมายในการสร้างประสบการณ์ที่น่าตื่นตาตื่นใจและดึงดูดผู้เล่นให้เข้ามาสู่โลกเสมือนจริงที่สร้างขึ้น เกมสามมิติที่ประสบความสำเร็จนั้นไม่เพียงแต่ต้องมีกราฟิกที่สวยงาม แต่ยังคงต้องมีกลไกการเล่นที่น่าสนใจ ตัวละครที่มีเสน่ห์ และส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย เพื่อให้ผู้เล่นได้รับประสบการณ์การเล่นที่สมบูรณ์แบบ

กรอบการทำงานแบบ MDA Framework (Mechanics, Dynamics, Aesthetics) เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และออกแบบเกม โดยแบ่งองค์ประกอบของเกมออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ กลไก (Mechanics) ซึ่งเป็นกฎและระบบของเกม, ไดนามิกส์ (Dynamics) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นกับกลไก และสุนทรียศาสตร์ (Aesthetics) ซึ่งเป็นประสบการณ์ทางอารมณ์ที่ผู้เล่นได้รับจากเกม ในการออกแบบเกมสามมิติ กรอบ MDA ช่วยให้นักพัฒนาเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

ต่างๆ ของเกม และสร้างประสบการณ์การเล่นที่น่าสนใจและมีความหมาย (Hunicke, etc., 2004) ซึ่งเชื่อมโยงกับแนวคิดการอธิบายความรู้สึกของผู้เล่นเกม (Game Feel) ความรู้สึกที่ผู้เล่นได้รับจากการเล่นเกม ซึ่งรวมถึงความรู้สึกของการควบคุม ความตอบสนอง และความพึงพอใจในเกมสามมิติ Game Feel มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการเคลื่อนไหวในพื้นที่สามมิติมีความซับซ้อนมากกว่าเกมสองมิติ การออกแบบ Game Feel ที่ดีจะช่วยให้ผู้เล่นรู้สึกว่าการเคลื่อนไหวตอบสนองได้ดี และสนุกสนาน (Swink, S., 2008)

การออกแบบด่าน (Level Design) เป็นกระบวนการสร้างสภาพแวดล้อมและความท้าทายภายในเกมสามมิติ การออกแบบด่านต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น รูปทรงเรขาคณิต แสงเงา พื้นผิว และวัตถุต่าง ๆ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่น่าสนใจและมีความท้าทาย นอกจากนี้ การออกแบบด่านยังต้องคำนึงถึงเส้นทางการเล่นของผู้เล่น และการกระจายความยากของด่าน เพื่อให้ผู้เล่นได้รับประสบการณ์การเล่นที่สนุกสนานและไม่น่าเบื่อ (Saltsman, A., 2011)

การออกแบบตัวละคร (Character Design) และแอนิเมชัน (Animation) มีความสำคัญเพราะในการสร้างตัวละครที่น่าสนใจและมีความสมจริง ในเกมสามมิติการออกแบบตัวละครต้องคำนึงถึงสัดส่วนของร่างกาย เสื้อผ้า อุปกรณ์เสริม และการแสดงออกทางสีหน้า เพื่อให้ตัวละครมีความเป็นเอกลักษณ์และน่าจดจำ ส่วนแอนิเมชันจะช่วยให้ตัวละครมีชีวิตชีวาและเคลื่อนไหวได้อย่างเป็นธรรมชาติ (Oxland, K., 2004)

การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface UI) และประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience UX) เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างเกมที่ใช้งานง่ายและเข้าถึงได้ ในเกมสามมิติ UI ต้องได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับมุมมองสามมิติ และไม่บดบังการมองเห็นของผู้เล่น ส่วน UX ต้องคำนึงถึงความสะดวกสบายในการใช้งาน ความชัดเจนของข้อมูล และความพึงพอใจโดยรวมของผู้เล่น (Garrett, J. J., 2010)

3. ขั้นตอนการดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

3.1 การวิเคราะห์ (Analysis)

การศึกษาข้อมูลและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง โลกอาร์เซนเซอร์และเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ประกอบด้วย 1) วัสดุที่ใช้ทำจอยรับภาพ ไม้้อด เป็นไม้ที่มีคุณสมบัติในแง่ของความทนทาน แข็งแรง ที่เลือกใช้เพราะต้องการให้จอยรับภาพฉายจากโปรเจคเตอร์มีความแข็งแรงเพื่อรับแรงกระแทกจากลูกบอลและไม่ให้โลกอาร์เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่ผิดพลาด 2) ผู้วิจัยได้ใช้ PRLiDAR A1M8 เป็นเซ็นเซอร์ LiDAR ที่มีราคาที่สามารถเข้าถึงได้และมีขนาดเล็ก ใช้หลักการของเทคโนโลยี LiDAR เพื่อวัดระยะทางโดยใช้แสงเลเซอร์ 3) ยูนิตี (Unity) ใช้สำหรับการสร้างและพัฒนาเกม แอปพลิเคชัน และการจำลองสภาพแวดล้อม 2D และ 3D

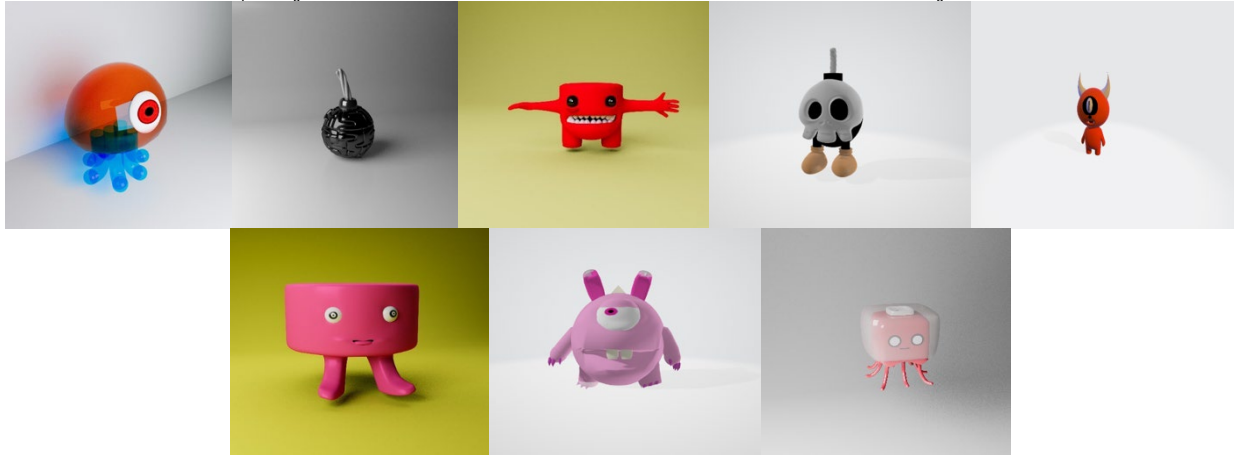
ผลการวิเคราะห์ (Analysis) 1) การใช้ฉากไม้้อดส่งผลต่อการรับค่าที่แม่นยำขึ้น ต่างจากการใช้ฉากรับภาพปกติทั่วไปที่มีโอกาสเคลื่อนไหวจากการรับแรกของลูกบอลที่กระทบ 2) ด้วยข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ทำให้ผู้วิจัยใช้ PRLiDAR A1M8 ซึ่งมีความแม่นยำแต่มีข้อจำกัดด้านความเร็วของรอบหมุนของการสแกนส่งผลให้อาจจะเกิดความผิดพลาดในการรับค่าได้มากกว่าปกติ 3) ผู้วิจัยได้เลือกภาษาซีชาร์ป (C#) สามารถดำเนินการกับฮาร์ดแวร์ได้ เพื่อไม่ให้ซับซ้อนจนเกินไป และสามารถควบคุมระบบเกมได้อย่างดี ร่วมกับใช้เซ็นเซอร์โลกอาร์ PRLiDAR A1M8 ในการเป็นอินพุตของระบบเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสม และควบคุมได้ง่าย RPLIDAR A1 เป็นโซลูชันสแกนเนอร์เลเซอร์ 2 มิติ (LiDAR) ที่สามารถทำการสแกนได้ 360 องศาภายในระยะ 6 เมตร ใช้ในการระบุตำแหน่ง และการจำลองวัตถุสภาพแวดล้อมความถี่ในการสแกนของ RPLIDAR A1 โดยพื้นฐานแล้วเป็นระบบการวัดสามเหลี่ยมสามารถทำงานได้อย่างดีในสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ไม่มีแสงแดดทุกประเภททำให้ผู้วิจัยสามารถทำงานออกมาได้ตามที่ต้องการ

3.2 การออกแบบ (Design)

ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนของการออกแบบเป็นส่วนย่อย คือ 1) ส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน การออกแบบส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับผู้ใช้งานได้เริ่มจากสร้างหน้า User Interface ในโปรแกรม Figma เพื่อที่จะให้ผู้ใช้งานสนุกและมีปฏิสัมพันธ์กับระบบเกม คือ เริ่มเกม เนื้อหาตอนเล่นเกม คะแนน หัวหน้าที่ของผู้ร้าย และจบเกม 2) การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ขั้นตอนการทำงานของระบบเกม เริ่มจากเมื่อผู้ใช้เข้ามาที่หน้าแรก มีปุ่มเริ่มเกมและรอให้ผู้ควบคุมกดปุ่มเริ่มเกมให้และสามารถทดสอบหรือเล่นได้ ด้านที่ 1 ซึ่งผู้เล่นต้องปาลูกบอลให้โดนศัตรู ตัวใหญ่ในด้านนี้จะมีคะแนน 1 แต้ม และตัวเล็กจะมีคะแนน 2 แต้ม จะมีเวลาจำกัดที่ 90 วินาที ถ้าผู้เล่นสามารถทำคะแนนครบ 30 คะแนน ก่อนเวลาจะหมดผู้เล่นจะผ่านด่านและไปเจอหัวหน้าใน

ด้านต่อไป ซึ่งถ้าผู้เล่นทำคะแนนได้ไม่ครบในเวลาผู้เล่นจะเป็นฝ่ายแพ้หรือว่าจบเกม ซึ่งคะแนนในแต่ละด่านจะไม่เท่ากัน 3) การออกแบบโครงสร้างของจอร์บฉายภาพ โดยการออกแบบฉากสำหรับเกมนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อในขณะที่เล่นเพื่อลองรับแรงกระแทกเวลาที่ผู้เล่นปาบอลกระทบฉากเริ่มจากการวาดแผนโครงร่าง โดยมีขนาดตามที่ระบุคือ สูง 2.40 เมตร ยาว 4.62 เมตร และหนา 6 มิลลิเมตร

ผลการออกแบบ (Design) ผู้วิจัยได้ออกแบบตัวละครอนิเมชันสามมิติในเกมเพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบของช่วงอายุของผู้เล่นที่จะเข้ามา ซึ่งช่วงอายุจะอยู่ที่ประมาณ 18-22 ปี ตัวละครอนิเมชันจะมีทั้งหมด 8 ตัวละคร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวละครอนิเมชันสามมิติในเกมทั้ง 8 คาเรคเตอร์

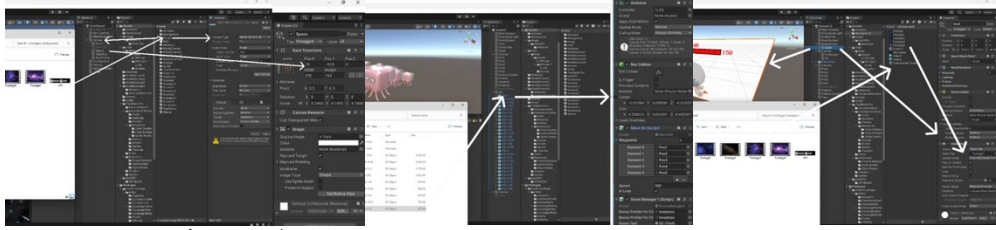
ผลการออกแบบหน้าส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ใช้งาน User Interface และฉากของเกม ผู้วิจัยได้ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ใช้งาน เป็นแบบ 3 มิติ และมีขนาดอยู่ที่ full HD (1920 * 1080) และเมื่อผสมกับการออกแบบตัวละครอนิเมชันสามมิติส่งผลให้กลมกลืนและมีลักษณะที่เด่นชัด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้าส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ใช้งานและฉากของเกม

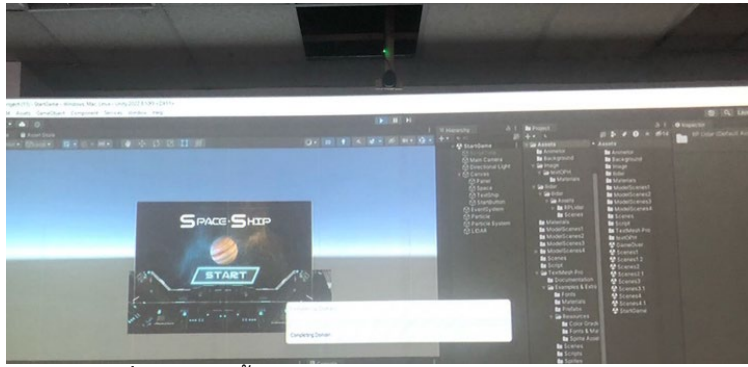
3.3 การพัฒนา (Development)

ส่วนของคำสั่งการเขียนโปรแกรมลงบนโปรแกรม Unity ซึ่งได้เขียนโค้ดลงในโปรแกรม Visual Studio 2022 และทำการอัปเดตโค้ดลงในโปรแกรม Unity เพื่อให้สอดคล้องกับตัวต่างๆ ทำงานตามคำสั่ง คือ 1) ส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ใช้งาน การออกแบบส่วนที่ใช้ ระบบเกมแบบปฏิสัมพันธ์ในโปรแกรม Unity และโปรแกรม Visual Studio Code และใช้ Visual Studio ในการเขียนคำสั่งภาษาซีชาร์ป (C#) เพื่อให้วัตถุที่เรากำหนดทำงาน โดยเชื่อมโยงคำสั่งควบคุมตัวละคร นำตัวละครสามมิติ ที่เตรียมไว้จากโปรแกรม MAYA และ Brender วางในโปรแกรม Unity นำตัวละครมาและปรับขนาด ใส่ Box Collider ให้ตัวละครเพื่อสามารถรับรู้ถึงการกระทบ เพิ่ม Animation ที่เราเตรียมมาเพื่อให้ตัวละครขยับได้ในช่อง Inspector กด Add Component และ New Script ต่อไป



รูปที่ 4 การเชื่อมโยงออบเจ็กต์กับการออกแบบเกมร่วมกับตัวละครสามมิติ

ส่วนของการพัฒนาเกมเชิงโต้ตอบโดยใช้เทคโนโลยี LiDAR ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ RPLIDAR A1M8 ซึ่งเป็น LIDAR รุ่นประหยัดที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการพัฒนาเกมต้นแบบ โดยได้ทำการติดตั้ง RPLIDAR A1M8 ไว้บริเวณด้านบนของจอร์บภาพ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานของระบบ โดยติดตั้ง LiDAR ด้านบนของจอร์บภาพเพราะมุมมอง 360 องศา มีผลต่อการติดตั้ง LiDAR ทำให้การติดตั้งด้านบนช่วยให้เซ็นเซอร์สามารถมองเห็นพื้นที่ในการเล่นได้โดยรอบ 360 องศา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของลูกบอลที่ผู้เล่นปาไปในทุกทิศทาง และตำแหน่งด้านบนช่วยลดโอกาสที่วัตถุอื่นๆ หรือแม้แต่ตัวผู้เล่นเองจะบดบังการมองเห็นของเซ็นเซอร์ ทำให้การตรวจจับมีความแม่นยำและได้มากขึ้น ซึ่งการติดตั้ง LiDAR ด้านบนทำได้ง่ายและไม่ซับซ้อน ไม่จำเป็นต้องดัดแปลงโครงสร้างของจอร์บภาพ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การติดตั้ง LiDAR Sensor ด้านบนของจอร์บภาพ

จากผลการทดลองพบว่า การติดตั้ง RPLIDAR A1M8 ด้านบนของจอร์บภาพส่งผลให้ระบบเกมมีความแม่นยำในการตรวจจับลูกบอลสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ ยังช่วยลดปัญหาการตรวจจับผิดพลาดที่เกิดจากการบดบังของวัตถุอื่น ๆ ได้อีกด้วย แม้ว่าการติดตั้ง LiDAR ด้านบนจะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็ยังมีบางสิ่งที่ควรพิจารณาเพิ่มเติม เช่น การเลือกใช้วัสดุยึดที่แข็งแรงเพื่อป้องกันการตกหล่นของเซ็นเซอร์ และการตรวจสอบความสูงของ LiDAR ให้เหมาะสมกับขนาดของจอร์บภาพและพื้นที่เล่นเกม ทั้งนี้การติดตั้ง LiDAR ด้านบนจอร์บภาพเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การพัฒนาเกมแบบปฏิสัมพันธ์ที่ใช้เทคโนโลยี LiDAR ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ ลดความผิดพลาด และสร้างประสบการณ์การเล่นเกมที่สนุกสนานและสมจริงยิ่งขึ้น

3.4 การนำไปใช้ (Implementation)

ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบเกมแบบปฏิสัมพันธ์ขึ้นมา ทำการสร้างวิจัยนี้ขึ้นมาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานจริง ทดสอบความเสถียรของเซ็นเซอร์ไลดาร์ เพื่อเตรียมสำหรับการจัดแสดงในงานเปิดรั้วมหาวิทยาลัยกรุงเทพ (Bangkok University Open House) ประจำปี 2566

ผลการนำไปใช้ (Implementation) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประสบการณ์ของผู้ใช้งาน (User Experience) ในด้านความรู้สึกที่ตอบสนองต่อการใช้งานระบบเกมแบบปฏิสัมพันธ์มีวิธีการเล่น คือ 1) ปาบอลให้โดนเป้าหมายที่กำหนด 2) สะสมคะแนนในการเล่น เพื่อผ่านสู่ด่านต่อไปที่มีความยาก และความท้าทายเพิ่มขึ้น โดยมุ่งเน้นให้ผู้เล่นสามารถร่วมเล่นกันได้มากกว่า 1 คน ส่งผลให้เกิดความร่วมมือในการเล่นและความสนุกสนาน สร้างประสบการณ์ในการเล่นแบบใหม่ให้กับผู้เล่น ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การทดลองเล่นเกมภายในการจัดแสดงผลงานของวันเปิดรั้วมหาวิทยาลัยกรุงเทพ

3.5 การประเมินผล (Evaluation)

ผู้วิจัยได้เก็บการประเมินผล โดยประเมินคุณภาพการปฏิสัมพันธ์ของเกม โดยทดสอบการตรวจจับของเซ็นเซอร์โดยการปาลูกบอลใส่ฉากรับภาพที่มีลักษณะต่างกัน 2 แบบ โดยทดสอบการตรวจจับของเซ็นเซอร์โดยการปาลูกบอลใส่จอรับภาพฉาย 30 ครั้ง ครั้งละ 1 ตำแหน่ง จำนวน 3 รอบ คือ (1) จอโปรเจคเตอร์ (Projector Screen) แบบทั่วไป พบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ 18 ครั้ง การทดสอบ 2 จำนวนที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ 19 ครั้ง และการทดสอบครั้งที่ 3 จำนวนที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ 18 มีค่าเฉลี่ยที่ 18.33 ครั้ง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มีค่าประมาณ 0.58 เมื่อเทียบกับการทดลองที่ (2) ฉากรับภาพแบบตั้งพื้น พบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ 24 ครั้ง การทดสอบ 2 จำนวนที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ 24 ครั้ง และการทดสอบครั้งที่ 3 จำนวนที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ 25 มีค่าเฉลี่ยที่ 24.33 ครั้ง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มีค่าประมาณ 0.58 จากผลการทดลองทั้งสองแบบ พบว่าการใช้ฉากรับภาพแบบตั้งพื้น (การทดลองแบบที่ 2) มีประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุได้ดีกว่าจอโปรเจคเตอร์แบบทั่วไป (การทดลองแบบที่ 1) อย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่ตรวจจับได้สูงกว่าถึง 6 ครั้ง (24.33 ครั้ง เทียบกับ 18.33 ครั้ง) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของทั้งสองแบบมีค่าเท่ากันที่ 0.58 ซึ่งบ่งชี้ว่าความสม่ำเสมอของการตรวจจับในแต่ละครั้งของทั้งสองแบบนี้ใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า ฉากรับภาพแบบตั้งพื้นมีประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุได้ดีกว่าจอโปรเจคเตอร์แบบทั่วไป แต่ทั้งสองแบบมีความสม่ำเสมอในการตรวจจับใกล้เคียงกัน

ผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพการปฏิสัมพันธ์ของเกมเพิ่มเติมคือ (1) ทดสอบการตรวจจับของเซ็นเซอร์โดยการปาลูกบอลใส่ฉากรับภาพแบบตั้งพื้น (ครั้งละ 1 ตำแหน่ง) รวม 120 ครั้ง พบว่า สามารถตรวจจับได้ 97 ครั้ง คิดเป็น ค่าเฉลี่ยที่ 80.83% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1.44 และ (2) ความสามารถในการตรวจจับวัตถุ 2 ตำแหน่ง คือ ด้านซ้ายและด้านขวา พร้อมกัน พบว่า ด้านซ้าย ติด 72.65% ไม่ติด 27.35% และด้านขวา ติด 81.15% ไม่ติด 18.85% ค่าประมาณของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ด้านซ้าย 0.45 และด้านขวา 0.39 สรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สรุปผลการทดลองแยกตามหัวข้อ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย (ครั้ง/%)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
(1) โปรเจคเตอร์ (Projector Screen) แบบทั่วไป (30 ครั้ง x 3 รอบ)	18.33	0.58
(2) ฉากรับภาพแบบตั้งพื้น (30 ครั้ง x 3 รอบ)	24.33	0.58
(1) ฉากรับภาพแบบตั้งพื้น (120 ครั้ง)	80.83	1.44
(2) ความสามารถในการตรวจจับ 2 ตำแหน่ง (ด้านซ้าย)	72.65	0.45
(2) ความสามารถในการตรวจจับ 2 ตำแหน่ง (ด้านขวา)	81.15	0.39

จากตารางสรุปได้ว่า ฉากรับภาพแบบตั้งพื้นมีประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุได้ดีกว่าจอโปรเจคเตอร์แบบทั่วไป แต่ทั้งสองแบบมีความสม่ำเสมอในการตรวจจับใกล้เคียงกัน การตรวจจับวัตถุ 2 ตำแหน่งพร้อมกัน ด้านขวามีประสิทธิภาพดีกว่าด้านซ้ายเล็กน้อย

โดยสรุป คือ การปลูกบอลและสะท้อนกลับจากจอร์บายภาพเกิน 0.1 วินาทีให้การตรวจจับของ LiDAR มีความคาดเคลื่อนไปแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อเกม จากการวิจัยเรื่องด้วย LiDAR A1M8 มีคุณภาพที่ต่ำเกินไปในการนำมาพัฒนาเป็นเกมเชิงปฏิสัมพันธ์ จึงทำให้มีการตอบสนองช้ากว่าปกติเท่าที่ควร จึงมีวิธีแก้ไขโดยการปลูกบอลให้เคลื่อนที่ช้าลงเพื่อให้ LiDAR A1M8 ตอบสนองต่อบอลได้ดี และจากการศึกษาวิจัยพบว่า หากใช้ LiDAR Hokuyo UST-10LX จะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องทั้งหมดได้ จึงเสนอการเปรียบเทียบ LIDAR Hokuyo UST-10LX กับ RPLIDAR A1M8 เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการต่อยอดงานวิจัยต่อไปดังนี้

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบ LIDAR Hokuyo UST-10LX กับ RPLIDAR A1M8

คุณสมบัติ	Hokuyo UST-10LX	RPLIDAR A1M8
ระยะตรวจจับสูงสุด	10 เมตร	12 เมตร
มุมมองภาพ	270 องศา	360 องศา
ความละเอียดเชิงมุม	0.25 องศา	1 องศา
อัตราการสแกน	40 Hz	5.5 - 10 Hz (ปรับได้)
ความแม่นยำในการวัดระยะ	±30 มม.	±20 มม.
อินเทอร์เฟซ	Ethernet	USB, UART
ขนาด	70 x 65 x 58 มม.	40 x 40 x 43 มม.
ราคา	ประมาณ 30,000 บาท	ประมาณ 3,000 บาท

ข้อดีของ Hokuyo UST-10LX:

- ความแม่นยำสูง: มีความแม่นยำในการวัดระยะและความละเอียดเชิงมุมที่ดีกว่า
- อัตราการสแกนสูง: สามารถเก็บข้อมูลได้บ่อยครั้งกว่า เหมาะสำหรับการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่เร็ว (เหมาะกับการใช้งานด้าน Interactive Game/Interactive Media)
- ทนทาน: มีมาตรฐานการป้องกันฝุ่นและน้ำ IP65
- เชื่อมต่อได้: เป็นที่นิยมใช้ในงานวิจัยและอุตสาหกรรม

ข้อเสียของ Hokuyo UST-10LX:

- ราคาแพง: มีราคาสูงกว่า RPLIDAR A1M8 มาก
- มุมมองภาพจำกัด: มีมุมมองภาพเพียง 270 องศา
- ขนาดใหญ่และหนัก: ไม่เหมาะสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็ก

ข้อดีของ RPLIDAR A1M8:

- ราคาถูก: มีราคาถูกกว่า Hokuyo UST-10LX มาก
- มุมมองภาพกว้าง: มีมุมมองภาพ 360 องศา
- ขนาดเล็กและเบา: เหมาะสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็ก
- ใช้งานง่าย: มีอินเทอร์เฟซ USB และ UART ที่ใช้งานง่าย

ข้อเสียของ RPLIDAR A1M8:

- ความแม่นยำต่ำกว่า: มีความแม่นยำในการวัดระยะและความละเอียดเชิงมุมต่ำกว่า
- อัตราการสแกนต่ำ: อาจไม่เหมาะสำหรับการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่เร็ว
- ไม่ทนทาน: ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานการป้องกันฝุ่นและน้ำ

สรุปข้อมูลเชิงเปรียบเทียบได้ว่า Hokuyo UST-10LX เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำและความเร็วในการตรวจจับสูง เช่น งานวิจัยและอุตสาหกรรม ในขณะที่ RPLIDAR A1M8 เหมาะสำหรับงานที่เน้นความประหยัดและใช้งานง่าย เช่น โครงการนักศึกษาหรือหุ่นยนต์ขนาดเล็ก สำหรับงานวิจัยลักษณะใกล้เคียง หากต้องการพัฒนาต่อยอดโดยเน้นความแม่นยำและความเร็วในการตรวจจับที่สูงขึ้น Hokuyo UST-10LX เป็นตัวเลือกที่ดีกว่า แต่หากมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ RPLIDAR A1M8 ก็ยังเป็นตัวเลือกที่

น่าสนใจ เนื่องจากสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพได้โดยการปรับแต่งซอฟต์แวร์และการออกแบบเกมให้เหมาะสม โดยรวมแล้วการพัฒนา
ระบบปฏิสัมพันธ์รูปแบบเกมที่ใช้เทคโนโลยีไลดาร์เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้เล่นในระดับที่ยอมรับได้

4. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเกมแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยไลดาร์เซ็นเซอร์ : กรณีศึกษาเกม SPACESHIP ทำให้ผู้วิจัยพบว่า
ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน การนำเทคโนโลยีล้ำสมัยมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึง
การเล่นเกม การจัดแสดงผลงาน ถือเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เทคโนโลยี LiDAR (Light Detection and Ranging)
ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้แสงเลเซอร์ในการตรวจจับและวัดระยะทางวัตถุ มีความสามารถในการสร้างแผนที่ 3 มิติและตรวจจับวัตถุได้
อย่างแม่นยำของ LiDAR เปิดประตูสู่การสร้างสรรคประสบการณ์ใหม่ๆ ในวงการเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเกมที่ใช้เทคโนโลยี LiDAR
sensor เพื่อยกระดับประสบการณ์การเล่นให้มีความสมจริงและน่าตื่นเต้นยิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นไปที่การตรวจจับการตกกระทบของ
วัตถุจริงร่วมกับวัตถุภายในเกม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการพัฒนาระบบดังกล่าว ซึ่งสามารถตรวจจับการปาลูก
บอลไปยังฉากรับภาพได้อย่างแม่นยำ โดยเฉพาะเมื่อใช้ฉากรับภาพแบบตั้งพื้น ซึ่งให้ผลการตรวจจับที่ดีกว่าจอโปรเจกเตอร์แบบ
ทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ

โดยในงานเปิดตัวมหาวิทยาลัยกรุงเทพ (Bangkok University Open House) ประจำปี 2566 ได้รับการตอบรับเป็น
อย่างดีจากผู้เข้าร่วมเล่นเกม อีกทั้งการทดสอบประสิทธิภาพของระบบสามารถตรวจจับการปาลูกบอลได้ถึง 80.83% จาก 120 ครั้ง
ซึ่งถือเป็นระดับที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ การทดสอบความสามารถในการตรวจจับวัตถุ 2 ตำแหน่งพร้อมกันยังแสดงให้เห็นถึง
ศักยภาพของระบบในการรองรับรูปแบบการเล่นที่ซับซ้อนมากขึ้นก็ยังคงสามารถทำงานได้อย่างดีถึงแม้จะพบข้อบกพร่องถึงความซ้ำ
ของการรับค่าบ้างในบางจุด แม้ว่าผลการวิจัยจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีของระบบในการตรวจจับวัตถุ แต่ก็ยังมีข้อจำกัด
บางประการที่ควรนำมาพิจารณา เช่น ความเร็วในการตอบสนองของเซ็นเซอร์ LiDAR ที่ใช้อาจยังไม่รวดเร็วเท่าที่ควร ซึ่งอาจส่งผล
ต่อประสบการณ์การเล่นที่ต้องการความแม่นยำและความรวดเร็วสูง นอกจากนี้ การตรวจจับวัตถุหลายตำแหน่งพร้อมกันยังอาจ
มีข้อจำกัดในด้านความแม่นยำเมื่อเทียบกับการตรวจจับวัตถุตำแหน่งเดียว

ข้อเสนอแนะและทิศทางการวิจัยในอนาคต เพื่อพัฒนาต่อยอดงานวิจัยนี้ ขอเสนอแนะให้พิจารณาใช้ LiDAR sensor รุ่น
ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งมีความเร็วในการตอบสนองและความแม่นยำที่เหนือกว่า นอกจากนี้ การพัฒนาอัลกอริทึมการตรวจจับ
วัตถุให้มีความซับซ้อนและชาญฉลาดมากขึ้น ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งในอนาคตเทคโนโลยี LiDAR มีศักยภาพที่จะเปลี่ยน
โฉมวงการเกมอย่างมาก โดยการสร้างประสบการณ์การเล่นที่สมจริงและน่าตื่นเต้นยิ่งขึ้น การวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องในด้านนี้
จะเป็นกุญแจสำคัญในการปลดล็อกศักยภาพที่แท้จริงของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LiDAR ร่วมกับการสร้างสรรค์เกมแบบ
ปฏิสัมพันธ์ที่ใช่วิธีคิดสร้างสรรค์ร่วมกับแนวคิดเชิงวิศวกรรม

6. เอกสารอ้างอิง

- พลฤทธิ วิฑูริธินันท์, (2559). *ปฏิสัมพันธ์เกมออนไลน์กรณีศึกษา นักเรียนมัธยมศึกษาเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่*. [ปริญา
นิพนธ์] ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศศาสตร์ โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Chen, X., Ma, H., Wan, J., Li, B., & Xia, T. (2017). Multi-view 3D object detection network for autonomous driving. In Proceedings of the
IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 1907-1915).
- Cho, H., Park, J., Lee, S., & Kim, S. (2019). A review of LiDAR technology and its applications. *Sensors*, 19(18), 4015.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
- Dewan, A., & Caselitz, T. (2022). LiDAR-based 3D object detection and classification methods for autonomous
driving: A review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Dong, H., & Chen, Q. (2021). *LiDAR Remote Sensing and Applications*. CRC Press.
- Gan, C., & Wang, X. (2021). LiDAR-camera fusion for 3D object detection: A survey. *IEEE Transactions on Intelligent
Transportation Systems*.
- Garrett, J. J. (2010). *The elements of user experience: User-centered design for the web and beyond*. New Riders.

- Goldstein, E. B. (2014). *Sensation and perception*. Cengage Learning.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI (Vol. 4, No. 1, pp. 1-5)*.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
- Khoshelham, K. (2011). Accuracy analysis of Kinect depth data. *ISPRS workshop laser scanning 2011*, 133-138.
- O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2010). What is user engagement? A conceptual framework for defining user engagement with technology. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 938-955.
- Oxland, K. (2004). *Character animation in 3D*. Focal Press.
- Pallipuram, V. K., Yao, Q., & Liu, A. (2022). LiDAR and Camera Fusion for Perception in Autonomous Driving: A Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Patil, A. K., Balasubramanyam, A., Ryu, J. Y., B N, P. K., Chakravarthi, B., & Chai, Y. H. (2020). Fusion of Multiple Lidars and Inertial Sensors for the Real-Time Pose Tracking of Human Motion. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(18), 5342. <https://doi.org/10.3390/s20185342>
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2015). *Interaction design: beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons.
- Saltsman, A. (2011). *The art of game design: A book of lenses*. CRC Press.
- Swink, S. (2008). *Game feel: A game designer's guide to virtual sensation*. CRC Press.
- Zhang, J., & Chen, J. (2020). Real-time hand gesture recognition using LiDAR data. *Sensors*, 20(10), 2901.
- Zheng, L., & Yang, S. (2020). LiDAR-camera calibration using 3D-3D point correspondences. *Sensors*, 20(11), 3203.

ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online

ธนศ ภูกัน¹, กำไร จันทรพรหม², เอกชัย ชูเที่ยง³ และ วรจักร เมืองใจ⁴

¹²³สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย สถาบันอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

¹²³Department of Electrical Technology Sukhothai Technical College Northern Vocational Institute 3

¹²³อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย สถาบันอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

E-mail : thanet_phugun2520@gmail.com

บทคัดย่อ

การจัดทำวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online หาประสิทธิภาพของชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดสุโขทัย และกลุ่มช่างติดตั้งโซล่าเซลล์ใน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย จำนวน 10 คน ได้มาจากวิธีการสุ่มอย่างแบบง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online แบบสอบถามความพึงพอใจ ค่าสถิติที่ใช้ในการดำเนินโครงการ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า หาประสิทธิภาพการทดสอบเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินค่าที่กำหนดไว้จะให้มีการแจ้งเตือนผ่านมาทางมือถือ การทดสอบสามารถเก็บค่ากระแสไฟฟ้าได้แบบ Real Time และการทดสอบให้มีการแจ้งเตือนผ่านมาทางมือถือเมื่อกระแสไฟฟ้าตกหรือดับ ซึ่งค่าทั้งหมดที่ได้ทั้งหมดทั้ง 8 รอบ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 100% ซึ่งชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ความพึงพอใจของผู้ใช้ ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ในภาพรวมอยู่ในระดับ มาก

คำสำคัญ : เครื่องแจ้งเตือน , เก็บค่าพลังงาน , ค่าเกินกำหนด , ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

Electrical Quality Assessment Kit provides online and real time data presentations.

Thanet Phugun¹, Kamrai Janprom², Ekachai Chootieng³ and Worrajak Muangjai⁴

^{1,2,3}Full-time lecturer Department of Electrical Technology Sukhothai Technical College Northern Vocational Education Institute 3

⁴Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Thailand,

⁴College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

Abstract

The objectives of this research are to design and build an electrical quality measurement kit that displays data in Real Time and Online, find out the efficiency of an electrical quality measurement kit that displays data in Real Time and Online, and study. Satisfaction of users of the electrical quality measurement set shows data in Real Time and Online. The researcher has selected a sample group to be used in this research which is employees of the Provincial Electricity Authority, Sukhothai Province. and a group of 10 solar cell installers in Mueang District, Sukhothai Province, obtained through a simple random sampling method. The tools used in the research include: User satisfaction assessment form for measuring electrical quality shows data in Real Time and Online. Satisfaction questionnaire the statistics used in the project are percentage, mean, and standard deviation. The research results found that to determine the efficiency of the test, when the electric current exceeds the specified value, there will be a manual notification. The test can collect electric current values in Real Time. And testing to have notifications sent via mobile phone when power drops or goes out. All values obtained for all 8 rounds are considered to be an average of 100%. The electrical quality measurement kit displays data in Real Time and Online. User satisfaction. The electrical quality measurement kit shows data in Real Time and Online. Overall, it is at a high level.

Keywords : Notification device, energy charge collection, exceedance limit, power quality measurement set

1. บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการดำเนินโครงการ

ปัจจุบัน มีการตื่นตัวกันอย่างมากในเรื่องของการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งก็มีโครงการต่างๆ มากมายเพื่อรณรงค์ให้ประชาชนตื่นตัวและช่วยกันประหยัดพลังงานเพื่อประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับตัวเองและประเทศชาติ พลังงานไฟฟ้าก็เป็นหนึ่งในกลุ่มของพลังงานที่มีการใช้ในปริมาณที่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งทั้งตามที่อยู่อาศัยและ โรงงานอุตสาหกรรมหรือองค์กรต่างๆ ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและใช้ดำเนินงานความสะอาดต่างๆ และตอนนี้ยังมีการติดตั้งโซลาร์เซลล์เพิ่มมากขึ้นอีกด้วยเพื่อลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ ซึ่งต้องมีการควบคุมคุณภาพและตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าและพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อหาข้อมูลนำมาวิเคราะห์และวางแผนและจัดการดูแลพลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดและเพียงพอ ในการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ การใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ

เนื่องจากการควบคุมคุณภาพและตรวจหาคุณภาพของกำลังไฟฟ้า อย่างเช่นการที่ทำให้ภาระของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Load) ได้รับกำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากแหล่งกำเนิดมากที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติถ้าไม่มีการควบคุมประสิทธิภาพของกำลังไฟฟ้าจะทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการจ่ายกำลังไฟฟ้าในปริมาณที่มากอันจะส่งผลให้ต้องสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก และหากไม่มีการควบคุมและตรวจวัดคุณภาพของกำลังไฟฟ้าก็จะส่งผลให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ หรือเครื่องจักรที่นำมาต่อใช้งานได้ และปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าและคุณภาพไฟฟ้าที่แย่นั้นได้แก่ ค่า Power Factor , Noise และ Harmonic ถ้าเราสามารถควบคุมและกำจัดค่าดังกล่าวข้างต้นจะทำให้ได้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดี สามารถลดค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียโดยไม่จำเป็นได้อีกด้วยและยังป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหาย การตรวจวัดคุณภาพพลังงานไฟฟ้าจึงเป็น เครื่องมือหรือเป็นกุญแจสำคัญในการเฝ้าระวังดูแลคุณภาพและประสิทธิภาพภายในระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นการสำรวจ ตรวจวัด คัดกรอง วิเคราะห์และประเมินสถานะต่างๆ ในระบบไฟฟ้า เพื่อค้นหา แบ่งแยกกลุ่มของปัญหาออกเป็น กลุ่มที่เป็นปกติ กลุ่มที่มีความเสี่ยงจะเกิดปัญหาต่อระบบ หรือกลุ่มที่สร้างปัญหาต่อระบบไฟฟ้า จนเกิดผลกระทบต่อกระบวนการทำงานภายใน อีกทั้งยังสามารถสร้างแนวทางจากผลการตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าเพื่อหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขปรับปรุงคุณภาพ ประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้า อันเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพ ศักยภาพการทำงานภายในระบบให้ดียิ่งขึ้น

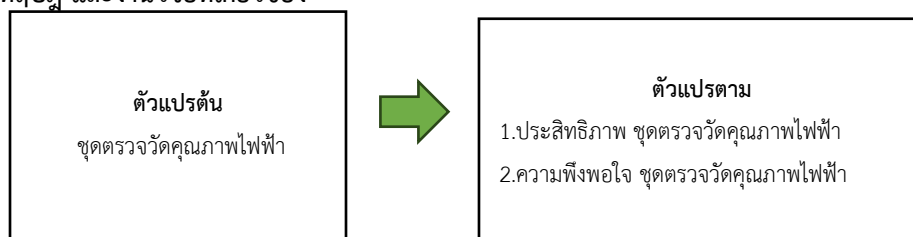
เนื่องจากพบปัญหาสำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สังเกตเห็นความผิดปกติในระบบไฟฟ้าในหน่วยงานในอาคารซึ่งอาจเกิดจากระบบไฟฟ้าเสียหาย หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหายซึ่งถ้าปล่อยไว้นานอาจทำให้เกิดค่า Power factor , Noise และ Harmonic ทำให้มีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นได้และเพื่อที่จะตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า และเฝ้าดูเพื่อนำมาวิเคราะห์แก้ไขปัญหา หาสาเหตุและทาง กฟภ. เองก็มีนโยบายที่จะเสนอขายระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ให้ทาง กฟภ. เป็นผู้ติดตั้งให้ แต่ที่กล่าวมาข้างต้น ยังคงเจอปัญหาจากการที่พนักงานหน่วยงาน มีเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าอยู่ 1 เครื่อง ที่จะใช้วัดให้แต่กับผู้ใช้ไฟรายใหญ่เท่านั้น ไม่มีไว้ใช้สำหรับ ผู้ใช้ไฟรายอื่นๆ ที่สนใจจะติดตั้งระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์กับ กฟภ. เพื่อเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้ไฟอีกด้วย

ด้วยสาเหตุข้างต้นผู้จัดทำจึงได้มีแนวคิดนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online เข้ามาใช้งานในการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าดูพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และจัดการเพื่อง่ายต่อการตรวจสอบและสืบค้นข้อมูลและง่ายต่อการแก้ไขปัญหาขัดข้อง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

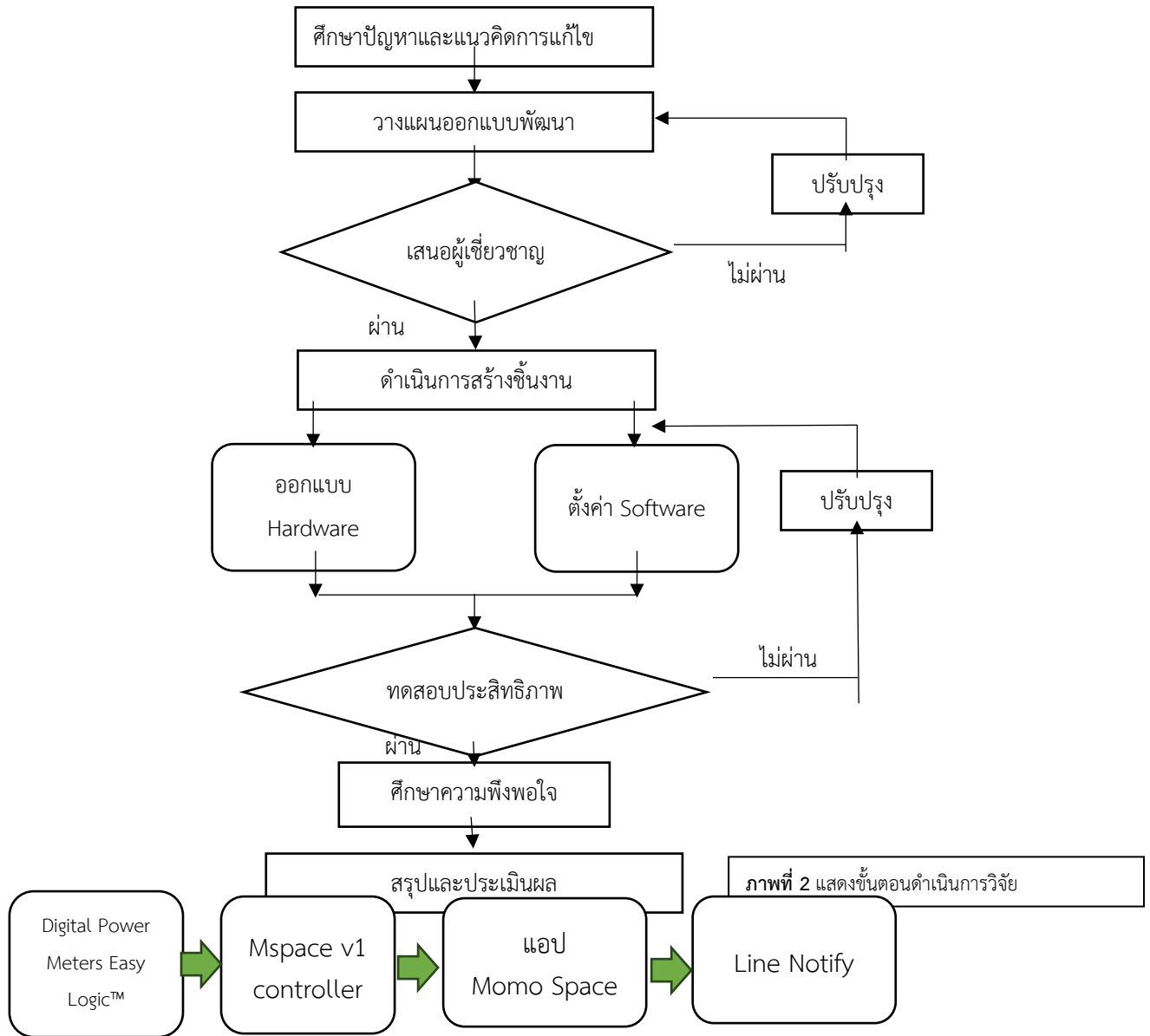
[1] ภัสกร ไคร้ม่วง (2563) ได้ทำการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการทดลองวัดค่าทางไฟฟ้า ของโหลดทางไฟฟ้า ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่สามารถที่จะวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ซึ่งเราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก หรือ NodeMCU ในการประมวลผล โดยทั้งหมดจะแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งเราจะใช้ฐานข้อมูลสำเร็จรูป หรือฐานข้อมูลที่สามารถทั้งเก็บข้อมูล และสามารถแสดงผลในตัวได้ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่มีมานานมาเป็นอย่างดี Google Firebase และอีกทั้งทาง Google ยังเขียนโปรแกรมและออกแบบ Firebase เพื่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์อย่าง NodeMCU อีกด้วย ซึ่งในการแสดงผลจะมีการแสดงเป็นกราฟ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เทียบกับเวลา และยังแสดงการวัดในช่วงเวลาต่างๆเป็นตาราง และยังสามารถตรวจสอบได้ว่าช่วงเวลาไหนมีการใช้ไฟฟ้าโดยการลากเมาส์ที่กราฟ หรือค้นหาที่ตารางแสดงผล ทั้งนี้การทดลองนี้ยังเป็นการทดสอบความสามารถของฐานข้อมูลของ Google อีกด้วย ว่ามีประสิทธิภาพเพียงใดที่จะรองรับข้อมูล การใช้งานว่ายุ่งง่ายเพียงใด และสามารถที่จะใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ อุปกรณ์อื่นๆ ได้หลากหลายเพียงใด

[2] ประสานพันธ์ สายสัญญาณ (2550) ได้ทำการวิจัยที่มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและหา ประสิทธิภาพของเครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ สามารถวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารบ้านพัก ที่อยู่อาศัยขนาด 230 V ได้โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบ สร้างเครื่องวัดให้มีขนาด 10 cm x15 cm x 8 cm ภายใน ประกอบด้วยชุดวงจรที่ออกแบบให้สามารถคำนวณ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แล้วเก็บข้อมูลลงใน SD Card เพื่อคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ในแต่ละวันโดยใช้โปรแกรมประมวลผล Microsoft Excel โดยอาศัย หลักการทำงานของ CT ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบกระแส ไฟฟ้าสามารถวัดกระแสได้สูงสุด 30 A ให้แรงดัน เอาต์พุต 0-1 V ทำงานร่วมกับไอซี PIC24FJ64GA002 ใช้ไฟ DC 3.3 V ซึ่งจะใช้ Voltage Regulator IC 5 V (LM7805) ในการจ่ายไฟให้ PIC24FJ64GA002 มี Port ใช้งานทั้งหมด 13 Port และ ไอซี RTC DS1307 ที่ สามารถเก็บข้อมูล วินาที นาที ชั่วโมง วัน วันที่ เดือน และ ปี ได้ เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าตัวเครื่องจะสร้างไฟล์ Time.txt และ Ft.txt ลงใน SD Card ซึ่งสามารถตั้ง วันที่และเวลาที่ต้องการใช้ในไฟล์ Time.txt เช่น ชั่วโมง/นาที/วัน/เดือน/ปี ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องวัด พลังงานไฟฟ้า พบว่า เครื่องสามารถวัดค่าการใช้ พลังงานไฟฟ้าในรูปจำนวนหน่วยที่ใช้ จำนวนเงินที่ต้อง จ่าย (บาท) ค่าบริการรายเดือน ค่า FT และค่าไฟฟ้ารวม ที่ต้องจ่ายทั้งหมดในรอบเดือนเมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าของไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บมีค่าใกล้เคียง คิดเป็น 99%

[3] กฤษดา ยิ่งขยัน (2549) ทำการวิจัยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวกับเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ใช้อ้างอิงภายใต้เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะและการขาดหายของแรงดันไฟฟ้าปรากฏว่า เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าที่พัฒนาสามารถตรวจวัดความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้างกล่าวเป็นอย่างดี และผลการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว เพื่อตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะและแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะ โดยการจำลองการทดสอบและเปรียบเทียบสัญญาณกับเครื่องตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าพบว่า เครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าที่พัฒนาสามารถตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะและแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะได้ และ สามารถส่งข้อมูลที่ได้จากการวัด เพื่อไปแสดงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าที่ผิดปกติไปยังคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อผ่านเครือข่ายทันทีหลังจากตรวจพบความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าที่พัฒนาสามารถตรวจจับความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้า

3.วิธีดำเนินการวิจัย

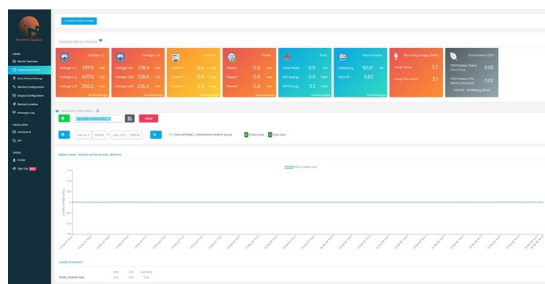
ในการวิจัย ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนรับส่งข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดไปที่ระบบออนไลน์



ภาพที่ 4 แสดง Mspace v1 controller



ภาพที่ 5 แสดง แอป Momo Space

อุปกรณ์รับสัญญาณ RS485 ส่งข้อมูลผ่านระบบ wifi" สำหรับดิจิทัลเพาเวอร์มิเตอร์ "Mspace V1 Controller (Wi-Fi)" เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถทราบถึงข้อมูลการใช้งานไฟฟ้าในเวลาจริง ซึ่งช่วยให้สามารถปรับปรุงพฤติกรรมการใช้งานเพื่อประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย โดยการควบคุมการใช้งาน (Usage Control โดยการใช้อุปกรณ์ Momo Space เชื่อมต่อกับ Mspace V1 Controller



LINE Notify
Connect Everything

ภาพที่ 6 แสดง Line Notify

ไลน์ แจ้งเตือน (LINE Notify) เป็นบริการรับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการในรูปแบบ API สำหรับโปรแกรมเมอร์ นักพัฒนาซอฟต์แวร์ นำไปใช้ต่อยอดพัฒนาโปรเจกต์ต่างๆ เชื่อมต่อกับเว็บเซอร์วิส เช่น Github IFTTT และ Mackerl สร้างการแจ้งเตือนแบบข้อความไปยังกลุ่มหรือบัญชีส่วนตัวได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ยกเว้นกรณีที่เชื่อมต่อกับเว็บเซอร์วิสอื่นๆ ซึ่งอาจมีบางบริการที่ใช้ได้เฉพาะบัญชีแบบเสียค่าบริการเท่านั้นเริ่มใช้งานไลน์ แจ้งเตือน (LINE Notify) ได้ง่ายๆ ที่ <https://notify-bot.line.me/th/> ดังนี้

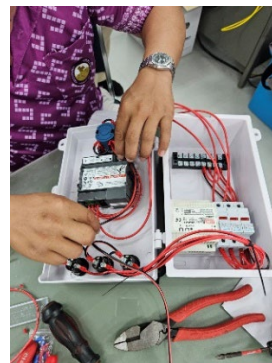
- 1.) เข้าไปที่แอปพลิเคชัน LINE แล้วแอด LINE Notify เป็นเพื่อน
- 2.) สำหรับผู้ที่ต้องการสร้างการแจ้งเตือนแบบกลุ่ม จะต้องแอด LINE Notify เข้าไปด้วย
- 3.) ดาวน์โหลดโปรแกรม Postman ที่ <https://www.getpostman.com/> สามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ OS และ Windows

4. ผลการวิจัย

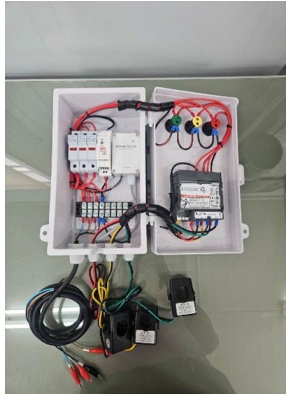
4.1 ผลการออกแบบและสร้างชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ขั้นตอนการสร้าง



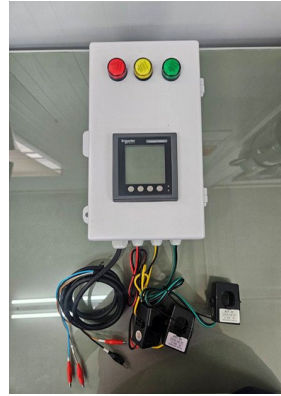
ภาพที่ 7 แสดงออกแบบสร้างและจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า



ภาพที่ 8 แสดงชิ้นโครงสร้างของชิ้นงานตามที่ออกแบบ



ภาพที่ 9 แสดงติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ลงในตู้



ภาพที่ 10 แสดงติดตั้งอุปกรณ์ Digital Power Meters
Easy Logic™ PM2200

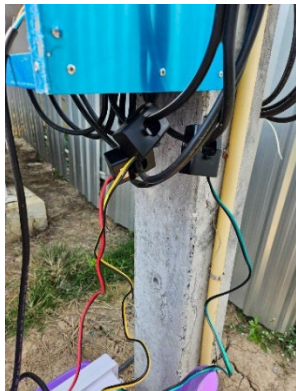
วิธีดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 11 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับ WIFI



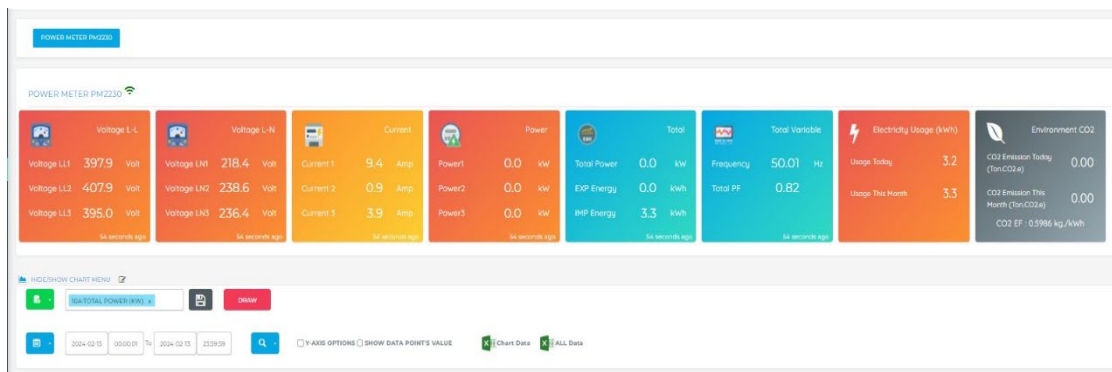
ภาพที่ 12 แสดงการเชื่อมต่อสาย N เข้ากับนิวตรอน และ
เชื่อมต่อสายไฟ (L1, L2, L3) เข้ากับระบบไฟฟ้า



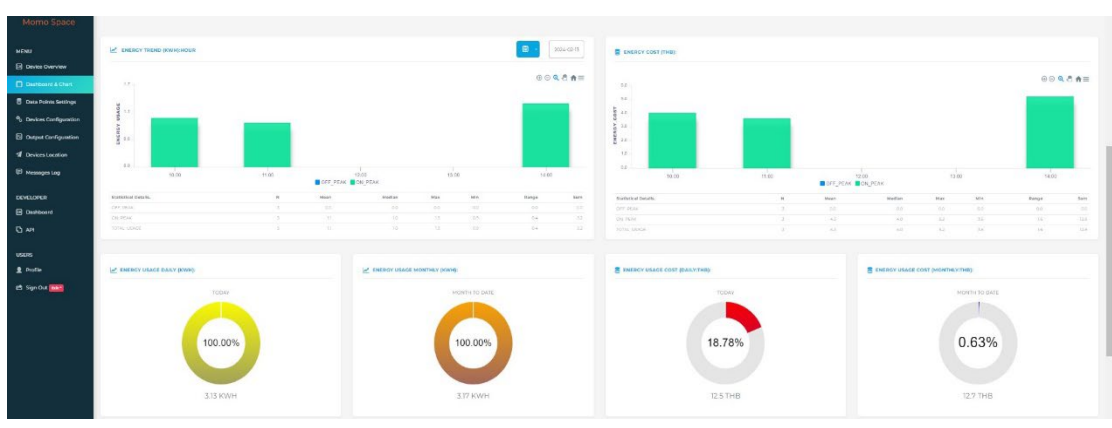
ภาพที่ 13 แสดงการนำ CT คล้องสายเมนหรือสายไฟ
ของระบบไฟฟ้าที่ต้องการวัดค่า



ภาพที่ 14 แสดงการเชื่อมต่อ WIFI ตัวอุปกรณ์จะทำการวัดค่าและแสดงผลผ่านเว็บไซต์



ภาพที่ 15 แสดงข้อมูลที่เก็บค่าได้ผ่านเว็บไซต์



ภาพที่ 16 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าและการคำนวณค่าไฟฟ้าสามารถคำนวณได้รายวันและรายเดือน

KEY	TIME	VOL1	VOL2	CUR1	CUR2	CUR3	POWER1	POWER2	POWER3	TOTAL POWER	FREQUENCY	PF	VOL1 UNI	VOL2 UNI	VOL3 UNI	EXP ENERGY	IMP ENERGY
1	13/2/2024 10:31	403.77	405.89	405.74	0	0	0	0	0	0	49.95	1	234.91	233.55	233.3	0	0.06
2	13/2/2024 10:32	404.59	405.15	405.01	0	0	0	0	0	0	49.96	1	235.35	233.96	233.01	0	0.06
3	13/2/2024 10:34	404.34	406.57	406.34	0	0	0	0	0	0	49.97	1	235.32	234.06	233.45	0	0.06
4	13/2/2024 10:35	401.94	406.36	406.34	0	0	0	0	0	0	50.03	1	234.55	233.77	234.15	0	0.06
5	13/2/2024 10:40	401.98	425.94	427.36	7.43	9.28	9.38	0	0	0	49.99	0.7	231.85	231.61	0	0	0.06
6	13/2/2024 10:41	404.64	407.12	406.8	7.42	9.24	9.27	0	0	0	50.01	0.1	234.45	234.82	234.29	0	0.06
7	13/2/2024 10:42	405.05	407.01	406.95	7.41	9.21	9.09	0	0	0	49.97	0.76	235.59	235.12	232.86	0	0.09
8	13/2/2024 10:43	404.3	405.17	405.55	7.31	9.3	9.32	0	0	0	49.96	0.79	235.43	234.71	231.98	0	0.17
9	13/2/2024 10:44	404.55	406.86	406.67	7.24	1.36	1.36	0	0	0	49.99	0.78	234.92	234.23	234.14	0	0.24
10	13/2/2024 10:45	404.15	405.64	405.22	7.27	1.36	1.36	0	0	0	49.97	0.79	234.52	234.27	233.9	0	0.28
11	13/2/2024 10:46	404.67	407.01	406.42	6.95	1.35	1.35	0	0	0	50.02	0.77	235	234.89	233.42	0	0.31
12	13/2/2024 10:48	404.14	407.05	406.77	7	1.36	1.36	0	0	0	50.02	0.78	234.03	234.44	234.75	0	0.34
13	13/2/2024 10:51	401.24	433.99	427.15	7.23	1.36	1.37	0	0	0	49.98	0.76	234.56	232.71	0	0	0.35
14	13/2/2024 10:52	403.55	405.75	406.77	7.17	1.37	1.36	0	0	0	49.96	0.77	235.02	231.77	235.35	0	0.38
15	13/2/2024 10:53	401.34	405.13	404.9	6.96	9.4	9.44	0	0	0	49.97	0.79	235.47	233.23	231.9	0	0.45
16	13/2/2024 10:54	403.03	406.03	404.7	8.73	9.17	9.19	0	0	0	50	0.82	234.02	234.87	231.91	0	0.54
17	13/2/2024 10:55	403.78	406.96	405.94	10.63	9.32	9.34	0	0	0	50.03	0.84	234.26	234.89	233.36	0	0.65
18	13/2/2024 10:57	403.92	406.53	406.88	10.29	9.31	9.33	0	0	0	50.03	0.84	234.71	233.3	234.83	0	0.75
19	13/2/2024 10:58	403.45	406.05	406.15	9.47	9.35	9.38	0	0	0	49.96	0.83	234.58	233.38	233.94	0	0.86
20	13/2/2024 10:59	404.62	406.98	406.42	7.99	9.47	9.45	0	0	0	50.02	0.8	235.99	234.55	232.75	0	0.96
21	13/2/2024 11:00	403.18	405.2	401.83	6.85	9.4	9.43	0	0	0	50	0.78	234.46	231.98	231.66	0	1.05
22	13/2/2024 11:01	403	405.83	405.52	6.79	9.47	9.49	0	0	0	50.04	0.78	234.24	233.76	233.15	0	1.13
23	13/2/2024 11:02	403.79	406.4	405.98	6.42	9.41	9.41	0	0	0	49.99	0.78	235.16	234.7	232.08	0	1.22
24	13/2/2024 11:03	404.25	406.25	406.2	6.49	9.44	9.47	0	0	0	50.03	0.78	235.07	234.84	233.01	0	1.31
25	13/2/2024 11:05	404.56	407.34	407.19	6.41	1.36	1.35	0	0	0	50.03	0.74	234.98	234.31	234.58	0	1.38
26	13/2/2024 11:06	404.16	406.66	406.33	6.43	1.36	1.35	0	0	0	50	0.74	235.34	234.03	233.4	0	1.41
27	13/2/2024 11:07	403.82	407.28	405.92	6.99	1.35	1.35	0	0	0	50.02	0.77	234.05	235.35	233.31	0	1.44
28	13/2/2024 11:08	403.53	406.54	405.62	6.68	1.36	1.35	0	0	0	50.02	0.75	234.11	234.67	233.15	0	1.47
29	13/2/2024 11:09	403.67	406.62	406.62	6.67	1.37	1.36	0	0	0	50	0.75	234.15	233.53	234.93	0	1.5
30	13/2/2024 11:10	404.31	407.26	406.86	6.55	1.36	1.35	0	0	0	50.02	0.75	234.3	234.55	234.65	0	1.53
31	13/2/2024 11:11	401.79	406.89	406.75	6.66	1.36	1.36	0	0	0	50.04	0.76	234.46	234.46	234.01	0	1.56
32	13/2/2024 11:12	403.36	406.43	405.33	6.76	1.36	1.35	0	0	0	49.97	0.76	233.07	235.03	232.62	0	1.6
33	13/2/2024 14:01	241.64	223.96	397.75	9.21	0.77	3.86	0	0	0	50.02	0.83	225.57	224.91	234.62	0	1.91
34	13/2/2024 14:03	243.03	223.33	397.95	9.18	0.74	3.86	0	0	0	49.98	0.83	225.48	24.3	235.22	0	1.96
35	13/2/2024 14:04	243.58	223.6	398.43	9.32	0.74	3.96	0	0	0	49.95	0.85	226.74	23.44	235.1	0	2.01
36	13/2/2024 14:05	243.63	222.46	397.69	9.16	0.75	3.97	0	0	0	49.96	0.85	225.91	24.41	234.61	0	2.06
37	13/2/2024 14:21	394.83	249.85	207.21	14.36	1.19	4.07	0	0	0	49.95	0.94	214	249.97	0	2.11	
38	13/2/2024 14:22	402.63	407.35	398.32	9.32	1.17	4.36	0	0	0	49.96	0.84	225.47	232.27	234.99	0	2.16
39	13/2/2024 14:23	399.51	405.9	397.02	13.26	1.14	4.04	0	0	0	49.96	0.84	221.67	238.49	234.97	0	2.22
40	13/2/2024 14:24	404.7	404.14	404.14	11.46	1.16	4.01	0	0	0	49.96	0.84	221.64	238.47	234.96	0	2.24

ภาพที่ 17 แสดงการ Export ข้อมูลที่เก็บค่าได้ออกมาเป็นไฟล์ Excel

4.2 ประสิทธิภาพของชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online

4.2.1 แบบประเมินผู้เชี่ยวชาญชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ

ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online

ลำดับ ที่	ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดง ข้อมูลแบบ Real Time และ Online	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึง พอใจ
1	ด้านการออกแบบชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า	4.00	0.53	มาก
2	ด้านการใช้งานชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า	4.60	0.64	มากที่สุด
3	ด้านความปลอดภัยชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า	4.13	0.52	มาก
	ค่าเฉลี่ย	4.24	0.56	มาก

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online อยู่ในระดับ มาก ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.56) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการใช้งานชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าคิดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 อยู่ในระดับ มากที่สุด ด้านความปลอดภัยชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าคิดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 อยู่ในระดับ มาก และด้านการออกแบบชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า คิดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 อยู่ในระดับ มาก

4.2.2 การหาประสิทธิภาพของชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอปพลิเคชัน)

ครั้งที่	การแจ้งเตือนผ่านทางมือถือ เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินค่าที่ กำหนดไว้ (เกินกว่า 10 A)	การทำงาน	
		แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน
1	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 1	แจ้งเตือน	
2	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 2	แจ้งเตือน	
3	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 3	แจ้งเตือน	
4	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 4	แจ้งเตือน	
5	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 5	แจ้งเตือน	
6	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 6	แจ้งเตือน	
7	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 7	แจ้งเตือน	
8	เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ ครั้งที่ 8	แจ้งเตือน	
	ผลสรุป	100 %	

จากตารางที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอปพลิเคชัน) ทดลองเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ จำนวน 8 ครั้ง ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online มีการแจ้งเตือนเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ คิดเป็น 100 %

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านการเก็บค่าแบบ Real Time)

ครั้งที่	รายการทดสอบเก็บค่าแบบ Real Time	ผลของการเก็บค่า
		Ampere (A)
1	เก็บค่ากระแส เวลา (09.00)	7 (A)
2	เก็บค่ากระแส เวลา (11.00)	10 (A)
3	เก็บค่ากระแส เวลา (13.00)	9 (A)
4	เก็บค่ากระแส เวลา (15.00)	9 (A)
5	เก็บค่ากระแส เวลา (17.00)	9 (A)
6	เก็บค่ากระแส เวลา (19.00)	8 (A)
ผลสรุป		100 %

จากตารางที่ 3 พบว่าการทดสอบหาประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านการเก็บค่าแบบ Real Time) ในการเก็บค่าจำนวน 6 ครั้ง ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online สามารถเก็บค่าแบบ Real Time ได้ คิดเป็น 100 % โดยการส่งข้อมูลมาที่ระบบ Dashboard แล้วมีการบันทึกข้อมูลไว้

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอปพลิเคชัน)

ครั้งที่	การแจ้งเตือนผ่านทางมือถือเมื่อกระแสไฟฟ้าตกหรือดับ (ค่ากระแสไฟฟ้า 0 A)	การทำงาน	
		แจ้งเตือน	ไม่แจ้งเตือน
1	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 1	แจ้งเตือน	
2	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 2	แจ้งเตือน	
3	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 3	แจ้งเตือน	
4	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 4	แจ้งเตือน	
5	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 5	แจ้งเตือน	
6	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 6	แจ้งเตือน	
7	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 7	แจ้งเตือน	
8	เมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบครั้งที่ 8	แจ้งเตือน	
ผลสรุป		100 %	

จากตารางที่ 4 พบว่าประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอปพลิเคชัน) ในการทดลองเมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ จำนวน 8 ครั้ง พบว่า ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online มีการแจ้งเตือนเมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดในการทดสอบ คิดเป็น 100 %

4.3 ศึกษาความพึงพอใจผู้ทดลองใช้ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online

ลำดับที่	ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านการออกแบบ ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online	4.70	0.57	มากที่สุด
2	ด้านการใช้งาน ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online	4.76	0.67	มากที่สุด
3	ด้านความปลอดภัย ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online	4.72	0.53	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย	4.72	0.59	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่าความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานต่อชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.72$, S.D. = 0.59) แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการใช้งานชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online คิดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 อยู่ในระดับ มากที่สุด ด้านความปลอดภัยชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online คิดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 อยู่ในระดับ มากที่สุด และด้านการออกแบบชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online คิดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 อยู่ในระดับ มากที่สุด

5.สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1.การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านการเก็บค่าแบบ Real Time) ในการเก็บค่าจำนวน 6 ครั้ง ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online สามารถเก็บค่าแบบ Real Time ได้ คิดเป็น 100% ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอมพลีเคชั่น) ในการทดลองเมื่อกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนด จำนวน 8 ครั้ง พบว่า ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online มีการแจ้งเตือนเมื่อกระแสไฟฟ้าตกได้ คิดเป็น 100% ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอมพลีเคชั่น) ทดลองเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนด จำนวน 8 ครั้ง ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online มีการแจ้งเตือน คิดเป็น 100 %

2.ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online อยู่ในระดับ มาก ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.56) ความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานต่อชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.72$, S.D. = 0.59)

การอภิปรายผล

ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online พบว่าชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (1) ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online อยู่ในระดับ มาก ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.56) (2) ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอมพลีเคชั่น) ทดลองเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิน จำนวน 8 ครั้ง ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online มีการแจ้งเตือนเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิน คิดเป็น 100% (3) การทดสอบหาประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านการเก็บค่าแบบ Real Time) ในการเก็บค่าจำนวน 6 ครั้ง ชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online สามารถเก็บค่าแบบ Real Time ได้ คิดเป็น 100% (4) ประสิทธิภาพชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online (ด้านคุณภาพแอมพลีเคชั่น) ในการทดลองเมื่อกระแสไฟฟ้าตก จำนวน 8 ครั้ง พบว่า ชุด

ตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online มีการแจ้งเตือนเมื่อกระแสไฟฟ้าตกได้ คิดเป็น 100% (5) ความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานต่อชุดตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงข้อมูลแบบ Real Time และ Online ในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.72$, S.D. = 0.59) เพราะในการหาประสิทธิภาพ ทั้งรอบที่ 1 เมื่อกระแสไฟฟ้าเกินค่าที่กำหนดไว้ให้มีการแจ้งผ่านทางแอปพลิเคชัน Line รอบที่ 2 สามารถเก็บค่ากระแสไฟฟ้าแบบ Real Time และรอบที่ 3 ให้มีการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน Line เมื่อกระแสไฟฟ้าตก ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดทั้ง 3 รอบ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 100 % ซึ่งได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ [2] ประสานพันธ์ สายสัญญาณ (2550) ได้ทำการวิจัยที่มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สามารถวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารบ้านพัก ที่อยู่อาศัยขนาด 220V ได้โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างเครื่องวัดภายในประกอบด้วยชุดวงจรที่ออกแบบให้สามารถคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แล้วเก็บข้อมูลลงใน SD Card เพื่อคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ในแต่ละวันโดยใช้โปรแกรมประมวลผล Microsoft Excel โดยอาศัยหลักการการทำงานของ CT ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบกระแส ไฟฟ้าสามารถวัดกระแสได้สูงสุด 30A ให้แรงดันเอาต์พุต 0-1V สามารถเก็บข้อมูล วินาที นาที ชั่วโมง วัน วันที่ เดือน และ ปี ได้ ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า พบว่าเครื่องสามารถวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปจำนวนหน่วยที่ใช้ จำนวนเงินที่ต้องจ่าย (บาท) ค่าบริการรายเดือน ค่า FT และค่าไฟฟ้ารวมที่ต้องจ่ายทั้งหมดในรอบเดือนเมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บมีค่าใกล้เคียง คิดเป็น 99% ซึ่งได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ [1] ภัสกร ไคร่ม่วง (2563) ได้ทำการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการทดลองวัดค่าทางไฟฟ้า ของโหลตทางไฟฟ้า ผ่านเว็บเบราว์เซอร์สามารถที่จะวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ [3] กฤษดา ยิ่งขยัน (2549) ทำการวิจัยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวกับเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ใช้อ้างอิงภายใต้เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะและการขาดหายของแรงดันไฟฟ้า เมื่อระบบแจ้งเตือนส่งข้อความมาที่มีถือแล้ว แต่เมื่อผ่านไปสักระยะระบบไฟฟ้าถูกแก้ไขแล้ว ระบบจะแจ้งมายังมือถืออีกครั้ง ว่าระบบปกติแล้วและในการทำวิจัยครั้งต่อไป จะมีการวัดค่าระดับแรงดันไฟฟ้า ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ค่าฮาร์มอนิก ค่ากำลังไฟฟ้าด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า แผนกไฟฟ้ากำลัง ฝ่ายวิชาการ วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรียา ศรีวิเศษ, 2564, การติดตั้งโปรแกรม Arduino (IDE), ค้นเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2564, จาก : <https://sites.google.com/site/mikhorkhxnthorllexrl/kar-tid-tang-porkaerm-arduino-ide>. นฤเบศร์ สุขเกษม และคณะ, 2560, “ระบบควบคุมและเฝ้าติดตามฟาร์มกึ่งอัจฉริยะด้วยอาร์โอไอโนผ่านทางอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง” ,ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต,คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [2] เกศปริยา แก้วแสนเมือง, 2558, พฤติกรรมการใช้และความพึงพอใจจากแอปพลิเคชัน ไลน์ (Line), การค้นคว้าอิสระปริญญาวารสารศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสื่อสารองค์กร คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, หน้า 23-28.
- [3] อีร์วัฒน์ ประมวลผล, 2557, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์, องค์กรฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [4] วิโรจน์ กิตติวรปรีดา, 2556, เอกสารประกอบการสอนวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 2105 - 2105, หน้า 41-57.

การพัฒนาสมรรถนะกำลังคนด้วยยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุเชิงปฏิบัติการ
ที่สอดคล้องตามแนวทางระบบคุณวุฒิวิชาชีพ

Development of human resource performance and innovation in the electric vehicle and
charging station sectors through the implementation of a professional
qualification system.

วรจักร เมืองใจ^{1*} อีระศักดิ์ สมศักดิ์³ มนตรี เงามเดช¹ นริศ กำแพงแก้ว² นพพร พัชรประภคิต¹ และ จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

² แผนงานยุทธศาสตร์ได้ร่มพระบารมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

³ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

*worrajak@rmutl.ac.th, 089-6311424

บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนด้วยยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุเชิงปฏิบัติการสอดคล้องตามแนวทางระบบคุณวุฒิวิชาชีพ มีวัตถุประสงค์หลักในการเสริมสร้างทักษะและความรู้ให้แก่บุคลากรในด้านเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและระบบการชาร์จไฟฟ้า โดยใช้แนวทางการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติ รวมถึงการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย การตรวจสอบและการบำรุงรักษาระบบต่างๆ ของยานยนต์ไฟฟ้า และการใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 30 ชั่วโมงนี้ ประกอบด้วยการเรียนรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าและแบตเตอรี่ การใช้งานและการบำรุงรักษาเบื้องต้น ตลอดจนการจัดการพลังงานและการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมมีความรู้และทักษะที่จำเป็นในการทำงานกับยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้เข้าร่วมอบรมจำนวน 30 ท่าน สามารถติดตั้ง บำรุงรักษา และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยตามแนวทางของระบบคุณวุฒิวิชาชีพ การประเมินผลหลังการฝึกอบรมพบว่าผู้เข้าร่วมสามารถปฏิบัติงานตามมาตรฐานที่กำหนดและมีความพร้อมในการทำงานในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า จากการดำเนินการโครงการ ได้บรรลุวัตถุประสงค์ในการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนในด้านยานยนต์ไฟฟ้าและระบบการชาร์จไฟฟ้า โดยการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับแนวทางของระบบคุณวุฒิวิชาชีพ ทำให้ผู้เข้าร่วมมีทักษะและความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำงานจริงในอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ยานยนต์ไฟฟ้า, สถานีชาร์จ, การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ, มาตรฐานวิชาชีพ, สมรรถนะกำลังคน

Abstract

The project on developing workforce competencies through practical training in electric vehicles and charging stations, aligned with professional qualification standards, aims to enhance skills and knowledge among personnel in EV technology and charging systems. This comprehensive training program covers both theoretical and practical aspects, including adherence to safety standards, inspection and maintenance of various EV systems, and the application of related technologies. The 30-hour practical training includes fundamental knowledge about electric vehicles and charging stations, the working principles of electric motors and batteries, basic usage and maintenance, energy management, and the use of new technologies to improve operational efficiency. The results indicate a significant increase in the knowledge and skills necessary for working with electric vehicles and charging stations among participants with 30 persons trained. They are now capable of installing, maintaining, and troubleshooting issues correctly and safely, following the professional qualification system guidelines. Post-training evaluations show that participants can perform tasks according to established standards and are ready to work in the electric vehicle industry. In conclusion, this project has successfully achieved its objective of developing workforce competencies in electric vehicles and charging systems. Through effective and comprehensive practical training aligned with professional qualification standards, participants have gained skills and knowledge that can be applied effectively in the industry.

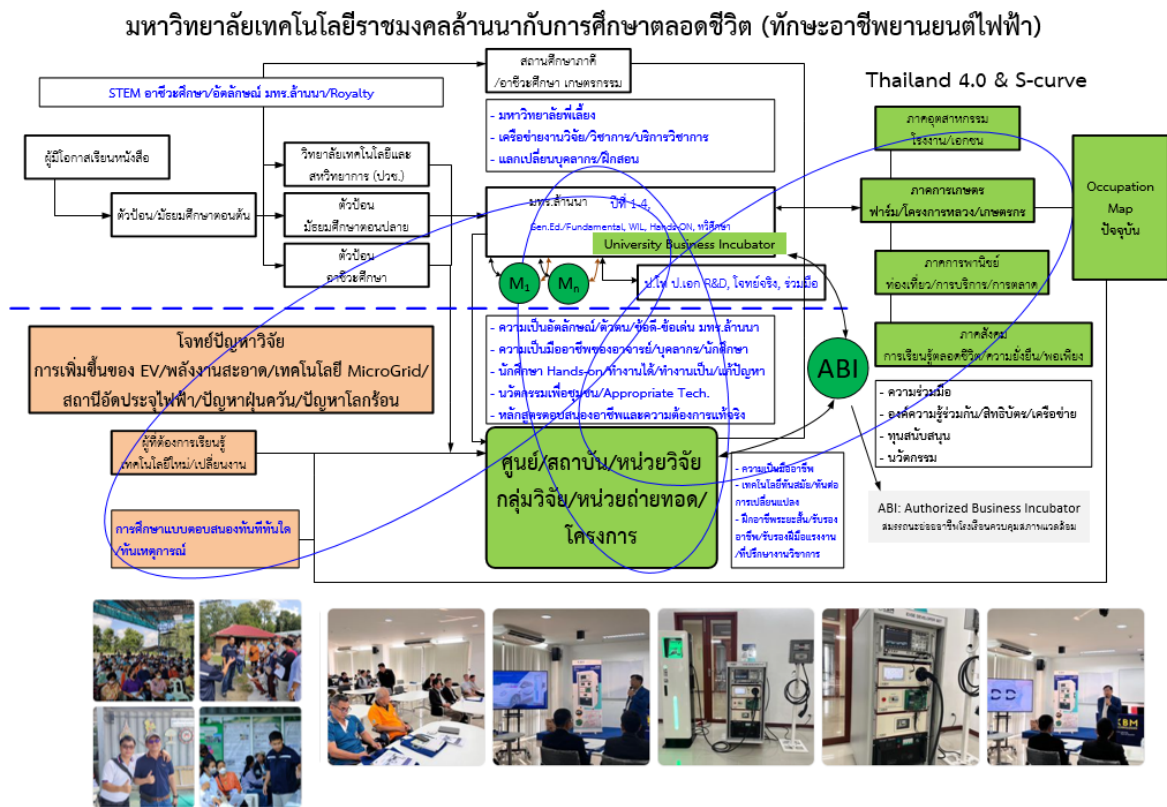
Keywords: Electric vehicles, Charging stations, Practical training, Professional education, Workforce competencies, trainees, professional training, human capital

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมยานยนต์สู่การใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles - EVs) เป็นที่ยอมรับทั่วโลก เนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น การลดการปล่อยมลพิษและการประหยัดพลังงาน การพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่และการชาร์จไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ความต้องการบุคลากรที่มีความรู้และทักษะเฉพาะทางในด้านนี้เพิ่มขึ้นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การขาดแคลนบุคลากรที่มีสมรรถนะที่เพียงพอในการทำงานกับยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จเป็นปัญหาที่สำคัญ (International Energy Agency, 2021)

1. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

โครงการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนด้วยยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุเชิงปฏิบัติการสอดคล้องตามแนวทางระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (วิชาชีพบริการยานยนต์ สาขายานยนต์ไฟฟ้า, 2024) มีความสำคัญเนื่องจากช่วยพัฒนาทักษะและความรู้ให้แก่บุคลากรในด้านเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและระบบการชาร์จไฟฟ้า โดยใช้แนวทางการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่สอดคล้องกับระบบคุณวุฒิวิชาชีพ ซึ่งจะช่วยเพิ่มสมรรถนะในการทำงาน และลดความเสี่ยงในการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย (National Institute for Automotive Service Excellence, 2020) ทั้งนี้การดำเนินงานโครงการยังมีแนวคิดการทำงานหลักดังรูปที่ 1 ที่มองภาพของอาชีพที่เกิดขึ้นและย้อนกลับมาเพื่อสร้างหลักสูตรสมรรถนะวิชาชีพเพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินงาน



รูปที่ 1 แนวทางการดำเนินงานหลักของโครงการ มทร.ล้านนา กับการศึกษาตลอดชีวิต

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อเสริมสร้างทักษะและความรู้ให้แก่บุคลากรในด้านเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและระบบการชาร์จไฟฟ้า
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการติดตั้ง บำรุงรักษา และแก้ไขปัญหาของยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ
3. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมมีความรู้และทักษะในการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานกับยานยนต์ไฟฟ้า
4. เพื่อเตรียมความพร้อมให้แก่บุคลากรในการทำงานในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนด้วยยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุเชิงปฏิบัติการ

3.1 การเรียนรู้ตามประสบการณ์ (Experiential Learning Theory)

ทฤษฎีการเรียนรู้ตามประสบการณ์ของ David Kolb (1984) เน้นที่การเรียนรู้ผ่านการทำงานจริงหรือประสบการณ์ตรง ซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะและความรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การฝึกอบรมและการทดลองทำ ในโครงการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนด้วยยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุ การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการจะทำให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงได้ดียิ่งขึ้น

3.2 การพัฒนาคุณวุฒิวิชาชีพ (Professional Qualifications Framework Theory)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาคุณวุฒิวิชาชีพหรือระบบควบคุมคุณวุฒิวิชาชีพในหลายสาขามาเพื่อรองรับการวัดสมรรถนะของบุคลากรที่แตกต่างหรือเสริมเพิ่มเติมจากในอดีต โดยมีสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) เป็นหน่วยงานหลักที่ดำเนินการพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ ซึ่งมีคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

“วิชาชีพ (Professional)” หมายความว่า ความรู้ ความสามารถและทักษะในการทำงานของบุคคลซึ่งต้องอาศัยความเชี่ยวชาญและความชำนาญเฉพาะด้าน

“คุณวุฒิวิชาชีพ (Professional Qualification)” หมายความว่า การรับรองความรู้ ความสามารถ และทักษะของบุคคลในการทำงานตามมาตรฐานอาชีพ

“มาตรฐานอาชีพ (Occupational Standards)” หมายความว่า การกำหนดระดับสมรรถนะของบุคคลในการประกอบอาชีพ

“สมรรถนะ (Competency)” หมายความว่า การใช้ความรู้ ทักษะ และความสามารถมาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ

“ความมุ่งหมายหลัก (Key Purpose)” หมายความว่า ขอบข่ายโดยรวมของงานในระดับกลุ่มอาชีพ เป็นคำบรรยายคุณลักษณะที่แสดงถึงเป้าหมายของอาชีพที่แตกต่างจากอาชีพอื่น

“บทบาทหลัก (Key Role)” หมายความว่า ขอบข่ายงานแต่ละด้านในกลุ่มอาชีพ เพื่อให้บรรลุความมุ่งหมายหลัก (Key Purpose) ของอาชีพ

“หน้าที่หลัก (Key Function)” หมายความว่า ขอบข่ายของหน้าที่และความรับผิดชอบของกลุ่มงาน เฉพาะในกลุ่มอาชีพที่คาดหวังว่าบุคลากรสามารถจะทำได้เพื่อให้บรรลุบทบาทหลัก (Key Role)

“หน่วยสมรรถนะ (Unit of Competence)” หมายความว่า ขอบข่ายของผลลัพธ์งาน (Outcome) ที่มีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด สามารถกระทำได้โดยลำพังโดยบุคคลหรือกลุ่มคนในกลุ่มอาชีพ

“สมรรถนะย่อย (Element of Competence)” หมายความว่า องค์ประกอบย่อยของหน่วยสมรรถนะ (Unit of Competence)

“เกณฑ์การปฏิบัติงาน (Performance Criteria)” หมายความว่า ขอบข่ายของการปฏิบัติที่สามารถวัดและประเมินผลลัพธ์ของการทำงานได้ตามสมรรถนะย่อย

“การจัดประเภทอาชีพตามมาตรฐานสากล (International Standard of Occupations)” หมายความว่า การจัดประเภทอาชีพตามมาตรฐานสากลของประเทศไทย โดยสำนักสถิติแห่งชาติ ประกอบด้วยชื่อรหัสอาชีพและรหัสอาชีพ

“กรอบคุณวุฒิวิชาชีพ (Thailand Professional Qualification Framework: TPQF)” หมายความว่า ระดับคุณวุฒิวิชาชีพของประเทศไทยที่ประกาศโดยสถาบัน เพื่อใช้ในการรับรองคุณวุฒิวิชาชีพ

“คณะทำงาน (Working Group)” หมายความว่า คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพ โดยต้องประกอบด้วยผู้ปฏิบัติการ หรือ ผู้ชำนาญ หรือ ผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในกลุ่มอาชีพมากกว่ากึ่งหนึ่ง

“คณะรับรองมาตรฐานอาชีพ (Endorsement Board)” หมายความว่า คณะรับรองการจัดทำมาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิอาชีพ อาทิเช่น ผู้แทนสมาคม สมาพันธ์ ชมรม มูลนิธิ สภาวิชาชีพ สภาอุตสาหกรรม สภาหอการค้า และอื่นๆ ในกลุ่มอาชีพไม่น้อยกว่า 3 คน ผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มอาชีพไม่น้อยกว่า 2 คน ผู้แทนองค์กรภาครัฐที่เกี่ยวข้องหน่วยงานละ 1 คนไม่น้อยกว่า

3 หน่วยงาน และผู้แทนสถาบัน 1 คน รวมไม่น้อยกว่า 9 คน ซึ่งคณะรับรองมาตรฐานอาชีพมีหน้าที่ให้ความเห็นชอบมาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพก่อนเสนอต่อคณะกรรมการบริหารสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ

“เจ้าหน้าที่สอบ (Examiner)” หมายความว่าบุคลากรที่มีความสามารถในการดำเนินการสอบและประเมินตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานอาชีพและได้การรับรองโดยสถาบัน

3.3 ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี (Technology Adoption Theory)

ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของ Everett Rogers (1962) เน้นที่การนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้ในองค์กรหรือสังคม โดยมีขั้นตอนที่ชัดเจนจากการแนะนำ การทดลองใช้ การประเมินผล และการนำไปใช้อย่างเต็มรูปแบบ การฝึกอบรมในโครงการนี้จะต้องคำนึงถึงการยอมรับและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีของผู้เรียนด้วย

3.4 ทฤษฎีการบริหารจัดการการฝึกอบรม (Training Management Theory)

ทฤษฎีการบริหารจัดการการฝึกอบรมมุ่งเน้นการวางแผน การดำเนินการ และการประเมินผลการฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้แน่ใจว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นตามมาตรฐานที่กำหนด

การพัฒนาสมรรถนะกำลังคนด้วยยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุเชิงปฏิบัติการตามแนวทางระบบคุณวุฒิวิชาชีพสามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ตามประสบการณ์ ทฤษฎีการพัฒนาคุณวุฒิวิชาชีพ ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และทฤษฎีการบริหารจัดการการฝึกอบรม เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่จำเป็นในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. แนวทางการดำเนินงานวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้เข้าร่วมโครงการ (Needs Analysis)

- สำรวจและวิเคราะห์ความต้องการทักษะและความรู้ของบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ
- การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็น
- การวิเคราะห์เอกสารและรายงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนในด้านยานยนต์ไฟฟ้า (Creswell & Creswell, 2017)

4.2 การออกแบบหลักสูตรการฝึกอบรม (Training Program Design)

- การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และผลลัพธ์ที่ต้องการของโครงการ
- การพัฒนาเนื้อหาหลักสูตรที่ครอบคลุมทฤษฎีและการปฏิบัติจริง
- การเลือกวิธีการสอนและการประเมินผลที่เหมาะสม (Kolb, 1984)

4.3 การดำเนินการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ (Workshop Implementation)

- การจัดตารางการฝึกอบรมและการเตรียมสถานที่และอุปกรณ์ที่จำเป็น
- การดำเนินการฝึกอบรมตามหลักสูตรที่พัฒนาไว้ โดยเน้นการปฏิบัติจริงและการเรียนรู้เชิงประสบการณ์
- การเชิญวิทยากรและผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมมาให้ความรู้และแบ่งปันประสบการณ์ (Armstrong, 2020)

4.4 การประเมินผลและการปรับปรุงหลักสูตร (Evaluation and Improvement)

- การประเมินผลการฝึกอบรมผ่านแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วม
- การวิเคราะห์ผลการประเมินเพื่อปรับปรุงหลักสูตรและวิธีการสอน
- การนำข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมและผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการปรับปรุงโครงการ (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2016)

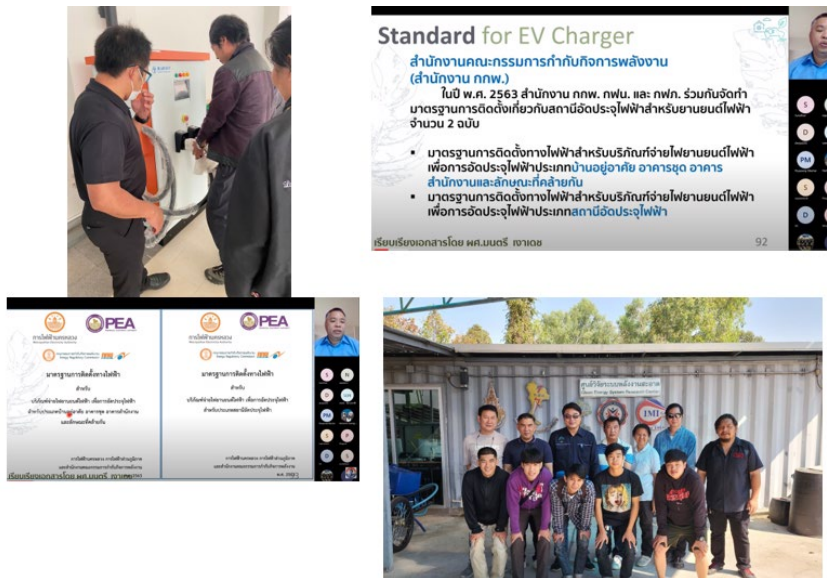
4.5 การเผยแพร่และการนำไปใช้ (Dissemination and Implementation)

- การจัดทำรายงานผลการดำเนินโครงการและการนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ
- การเผยแพร่ข้อมูลและผลการวิจัยผ่านสื่อต่างๆ เช่น วารสารวิชาการและเว็บไซต์
- การส่งเสริมการนำผลการวิจัยไปใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า (Rogers, 2003)

5. แนวทางการอบรมเชิงปฏิบัติการ

5.1 การเตรียมความพร้อมก่อนการอบรม (Pre-Training Preparation)

- การเตรียมสื่อการเรียนการสอนและอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการอบรม ดังรูปที่ 2
- การจัดเตรียมสถานที่อบรมที่เหมาะสมและปลอดภัย
- การแจ้งรายละเอียดและกำหนดการอบรมให้แก่ผู้เข้าร่วมล่วงหน้า



รูปที่ 2 การจัดเตรียมเนื้อหาส่วนทฤษฎีและการฝึกปฏิบัติการอบรมยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 3 คณะทำงานจากสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพเยี่ยมหน่วยวิจัยระบบพลังงานสะอาดเพื่อประเมินสถานที่จัดอบรม และจัดประเมินสมรรถนะสาขาอาชีพที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้า ณ มทร.ล้านนา ดอยสะเก็ด

5.2 การดำเนินการอบรม (Training Execution)

- การบรรยายและการอภิปรายในหัวข้อพื้นฐานเกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ ดังแผนการอบรมดังรูปที่ 4
- การสาธิตการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังรูปที่ 3 ร่วมกับการฝึกปฏิบัติจริงโดยผู้เข้าร่วมในการติดตั้ง บำรุงรักษา และแก้ไขปัญหายานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ

5.3 การประเมินผลการอบรม (Training Evaluation)

- การทดสอบความรู้และทักษะของผู้เข้าร่วมหลังการอบรม ตามมาตรฐานคุณวุฒิวิชาชีพ ดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4
- การเก็บรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมผ่านแบบสอบถาม
- การวิเคราะห์ผลการประเมินเพื่อปรับปรุงการอบรมในอนาคต

5.4 การติดตามผลหลังการอบรม (Post-Training Follow-Up)

- การติดตามความก้าวหน้าและการนำความรู้ไปใช้ในที่ทำงานของผู้เข้าร่วม
- การให้คำปรึกษาและการสนับสนุนเพิ่มเติมหลังการอบรม
- การจัดกิจกรรมเสริมเพื่อทบทวนและปรับปรุงทักษะของผู้เข้าร่วม



รูปที่ 4 การอบรมเชิงปฏิบัติการระบบยานยนต์ไฟฟ้า

Day	Morning Session	Afternoon Session	Evening Session
Day 1	Introduction to EVs	EV Components Overview	Q&A and Discussion
Day 2	Battery Technology	Battery Management	Case Studies
Day 3	Charging Systems	Installation of Charging Stations	Workshop Activities
Day 4	Safety Standards	Emergency Procedures	Simulation Exercises
Day 5	Practical Maintenance	Hands-on Practice	Assessment and Feedback

รูปที่ 4 แผนการอบรมจำนวน 5 วัน

6. ผลของการอบรมเชิงปฏิบัติการ

6.1 ความรู้และทักษะที่เพิ่มขึ้น (Increased Knowledge and Skills)

- ผู้เข้าร่วมอบรมได้เรียนรู้และมีความเข้าใจในหลักการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จไฟฟ้ามากขึ้น ทั้งในด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ
- การฝึกปฏิบัติจริงช่วยให้ผู้เข้าร่วมสามารถติดตั้ง บำรุงรักษา และแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kolb, 1984)

6.2 การปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย (Compliance with Safety Standards)

- ผู้เข้าร่วมได้รับการฝึกฝนในการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานกับยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน
- การเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการพลังงานและการป้องกันอุบัติเหตุช่วยเสริมสร้างทักษะการทำงานอย่างปลอดภัย (National Institute for Occupational Safety and Health, 2020)

6.3 การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา (Enhanced Problem-Solving Skills)

- การฝึกปฏิบัติจริงในสถานการณ์จำลองช่วยให้ผู้เข้าร่วมพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆ

- การเรียนรู้จากการทดลองและการทำงานเป็นทีมช่วยเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ (Kolb, 1984)

6.5 การพัฒนาสมรรถนะกำลังคน (Development of Workforce Competencies)

- โครงการนี้ช่วยพัฒนาสมรรถนะกำลังคนในด้านเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของระบบคุณวุฒิวิชาชีพจำนวน 30 ทักษะให้มีความรู้ความสามารถในเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่
- การอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพช่วยให้ผู้เข้าร่วมสามารถนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในงานได้จริง (Creswell & Creswell, 2017)

7. สรุปและอภิปรายผลการอบรมเชิงปฏิบัติการ

การอบรมเชิงปฏิบัติการในโครงการนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนในด้านยานยนต์ไฟฟ้าและระบบการชาร์จไฟฟ้าจำนวน 30 ทักษะ ผลการอบรมแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมมีความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการทำงานในอุตสาหกรรมนี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การอบรมเชิงปฏิบัติการที่เน้นการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ช่วยให้ผู้เข้าร่วมสามารถนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kolb, 1984). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการตัดสินใจในสถานการณ์จริงเป็นผลลัพธ์ที่สำคัญ เนื่องจากการทำงานกับยานยนต์ไฟฟ้าต้องการความสามารถในการวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ การฝึกปฏิบัติในสถานการณ์จำลองช่วยเสริมสร้างความมั่นใจและความเชี่ยวชาญในการทำงาน (Creswell & Creswell, 2017). นอกจากนี้ การปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยเป็นปัจจัยที่สำคัญในการทำงานกับยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานกับระบบไฟฟ้าแรงสูง การอบรมเชิงปฏิบัติการช่วยให้ผู้เข้าร่วมมีความรู้และทักษะในการป้องกันอุบัติเหตุและการจัดการความเสี่ยง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำงานในอุตสาหกรรม (National Institute for Occupational Safety and Health, 2020). ดังนั้นการอบรมเชิงปฏิบัติการในโครงการนี้เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะกำลังคนในด้านยานยนต์ไฟฟ้าและระบบการชาร์จไฟฟ้า ผู้เข้าร่วมอบรมได้รับการพัฒนาทักษะและความรู้ที่จำเป็นสำหรับการทำงานในอุตสาหกรรม และมีความพร้อมในการปฏิบัติงานตามมาตรฐานวิชาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถทดสอบเพื่อวัดความสามารถสมรรถนะสาขาวิชาชีพบริการยานยนต์ สาขายานยนต์ไฟฟ้า อาชีพช่างเทคนิคซ่อมบำรุงรถยนต์ไฟฟ้าได้ต่อไปในอนาคต

8. แหล่งอ้างอิง

สาขาวิชาชีพบริการยานยนต์ สาขายานยนต์ไฟฟ้า. TPQI. (2024). <https://tpqi-net.tpqi.go.th/qualifications/4820>

Armstrong, M. (2020). *Armstrong's handbook of human resource management practice*. Kogan Page Publishers.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2020). *Workplace safety & health topics*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/safety.html>

National Institute for Automotive Service Excellence. (2020). *The Future of Electric Vehicles and the Role of Technicians*. <https://www.ase.com/News-and-Events/2020/10/The-Future-of-Electric-Vehicles-and-the-Role-of-Technicians>

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

Goldstein, I. L., & Ford, J. K. (2002). *Training in organizations: Needs assessment, development, and evaluation*. Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning.

การศึกษาประสิทธิภาพของจักรยานไฟฟ้าและระบบรายงานสถานะ

กฤตยา นาคประสิทธิ์¹ เอกทัศน์ พฤกษวรรณ^{1*} ระพินทร์ ชัดปิก¹ ผดุงศักดิ์ วงศ์แก้วเขียว¹
อรสา สิริษากมล¹ พณณิตา แต่เจริญ¹ ศุภกิตต์ ปานเขียว¹ และ อภิวัฒน์ ทองไสย์¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*eakrmutl@rmutl.ac.th, 08 6383 8797

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบจักรยานไฟฟ้า ด้วยการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรสรพสิ่งมาใช้เพิ่มความสามารถในการรายงานสถานะไปยังผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งค่าสถานะที่รายงานนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 3 สถานะคือ สถานะการเปิดใช้งานจีพีเอสโมดูล สถานะความเร็วจักรยานไฟฟ้า และสถานะตำแหน่งในแผนที่ของจักรยานไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้จักรยานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นยังประกอบด้วยหน้าจอแสดงสถานะคงเหลือของเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่เมื่อใช้งานและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของจักรยานไฟฟ้าเมื่อผู้ทดลองมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม โดยทดสอบในระยะทาง 1 กิโลเมตร พบว่าจักรยานไฟฟ้ามีความเร็วสูงสุดเฉลี่ยได้ 28.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาเฉลี่ย 5:49 นาที และแบตเตอรี่ลดลงเฉลี่ย 18.33% แรงดันคงเหลือเฉลี่ยอยู่ที่ 27.26 V เมื่อทำการบิดคันเร่งไฟฟ้าจนสุด พบว่าใช้กระแส 34.61 A ระยะเวลาวิ่งได้ 33:46 นาที และสามารถระบุตำแหน่งแบบเรียลไทม์ใน Google maps ได้ โดยมีค่าความผิดพลาดละติจูด 0.0005571 % และความผิดพลาดลองจิจูด - 0.0003820 %

คำสำคัญ จักรยานไฟฟ้า ระบบรายงานสถานะ อินเทอร์เน็ตประสาทรสรพสิ่ง

The Study of the Efficiency of an E-bike and Its Status Reporting System

Krittaya Nakprasit¹ Eakkathas Pruksawan^{1*} Rapin Kudpik¹ Phadungsak Wongkaewkhiao¹
Orasa Sirasakamol¹ Punnita taecharoen¹ Supakit Pankhaew¹ and Apiwat Thongsai¹

¹Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*eakrmutl@rmutl.ac.th, 08 6383 8797

Abstract

The objective of this research is to study the efficiency of an e-bike. Using IoT technology, the system enhances its status reporting capabilities to users via the Blynk application. The reported e-bike statuses consist of three types: the GPS module activation, the speed and real-time positioning on a map. Furthermore, the developed e-bike system incorporates a display showing the remaining battery percentage and the voltage. Experimental results reveal that with a rider weighing 75 kgs, tested over 1 km, the e-bike achieves the average maximum speed of 28.33 km/h, the average runtime is 5:49 minutes, with the depleting battery percentage and the voltage by the average of 18.33% and 27.26 V. Under maximum acceleration, the system consumes a current of 34.61 A, enabling a runtime of 33:46 minutes. Additionally, the system can show real-time locations accordingly on Google Maps. The experimental results represent latitude error of 0.0005571% and longitude error of - 0.0003820%.

Keywords: e-bike, status reporting system, IoT

1. บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการในการใช้งานจักรยานไฟฟ้า (E-bike) ได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นนวัตกรรมที่คิดค้นเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการเดินทาง สำหรับผู้ที่ไม่มีรถยนต์และรถจักรยานยนต์ การเลือกจักรยานไฟฟ้าจะทำให้ประหยัด ใช้งานง่าย ไม่ต้องใช้ใบอนุญาตขับขี่ สามารถประหยัดแรงปั่นได้มากกว่าจักรยานทั่วไป โดยเฉพาะการขับขี่ในพื้นที่ที่มีเส้นทางชันหรือขึ้นเขา เนื่องจากขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ จึงใช้พลังงานจากไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ สามารถลดปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากยานพาหนะได้ [1] สำหรับข้อเสียของจักรยานไฟฟ้าคือ ใช้น้ำหนักได้จำกัด ไม่สามารถปั่นลุยน้ำได้เพราะส่งผลเสียต่อมอเตอร์และแบตเตอรี่ที่ตั้งไว้ในจักรยานไฟฟ้า และอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่ถ้าเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ราคาจักรยานไฟฟ้าตามท้องตลาดขึ้นอยู่กัยี่ห้อและฟังก์ชันการใช้งาน โดยมีราคาอยู่ที่ประมาณหลักพันปลายจนถึงหลักหมื่นบาท ในสภาวะที่ประเทศประสบปัญหาเศรษฐกิจ การศึกษาการสร้างจักรยานไฟฟ้าจากจักรยานทั่วไป ถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการพึ่งพาตนเอง ลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นการดำเนินชีวิตสอดคล้องตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จักรยานไฟฟ้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นสินค้าที่ต้องนำเข้าจากประเทศจีน การนำจักรยานทั่วไปที่มีอยู่เดิมมาดัดแปลงพัฒนาเป็นจักรยานไฟฟ้าจะช่วยลดค่าใช้จ่าย และลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ

เนื่องจากเทคโนโลยี 5G ได้ให้บริการครอบคลุมพื้นที่ในเมืองใหญ่ ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ได้นำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในการตรวจสอบและควบคุมระบบกักเก็บพลังงาน (Energy storage systems : ESSs) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery management systems : BMS) ระบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor networks : WSNs) ช่วยทำงานสนับสนุนให้รถยนต์ไฟฟ้ามีความล้ำหน้า เช่น การจอดรถได้เอง เซ็นเซอร์ไอโอที (IoT sensors) สามารถถูกใช้เพื่อบอกค่า SoC (State-of-charge) ของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยการสื่อสารรับส่งข้อมูลและการบริการคลาวด์ (Cloud) [2] โดยทั่วไปเซ็นเซอร์ไอโอทีจะใช้โพรโตคอลที่ใช้ไอพี (IP-based protocols) ในการสื่อสาร ดังนั้นจึงทำให้การใช้งานของตรวจสอบระยะไกลในรถยนต์ไฟฟ้าอัจฉริยะต้องการความเร็ว ความเชื่อถือได้ และการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัย [3] ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่าการนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบกับยานพาหนะไฟฟ้าได้เช่นกัน เช่น จักรยานไฟฟ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของจักรยานไฟฟ้า ข้อมูลตำแหน่ง เจ็อนไซ พารามิเตอร์สิ่งแวดล้อมของจักรยานไฟฟ้าจะถูกอัพโหลดไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันที่ใช้งาน [4] งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างจักรยานไฟฟ้าโดยมีการติดตั้งระบบรายงานสถานะผ่านแอปพลิเคชันจากอุปกรณ์สมาร์ตโฟน โดยระบบที่ติดตั้งไม่ซับซ้อน อุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป มีราคาไม่แพง สามารถใช้งานได้ง่าย เมื่อสร้างจักรยานไฟฟ้าเสร็จแล้วจึงสนใจทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้นต่อไป

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัย มีดังนี้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจักรยานไฟฟ้าและระบบรายงานสถานะของจักรยานไฟฟ้า

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

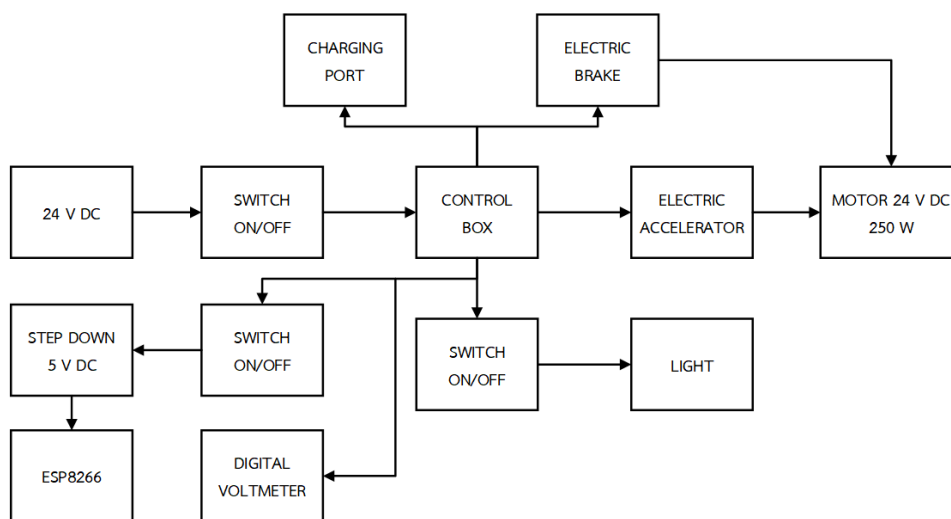
เมื่อพิจารณาในทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนประกอบของจักรยานไฟฟ้าทั่วไปมีส่วนที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน ส่วนที่ 1 มอเตอร์ ส่วนที่ 2 แบตเตอรี่ ส่วนที่ 3 ระบบควบคุม การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่งมาประยุกต์ใช้กับจักรยานไฟฟ้าทั่วไปจะทำให้เกิดนวัตกรรมของจักรยานไฟฟ้าขึ้น ทำให้จักรยานไฟฟ้ามีฟังก์ชันเพิ่มขึ้นและมีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น ในงานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยได้ออกแบบเพิ่มความสามารถในการรายงานสถานะของจักรยานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งค่าสถานะที่รายงานนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 3 สถานะคือ สถานะการเปิดใช้งาน จีพีเอสโมดูล สถานะความเร็วของจักรยานไฟฟ้า และสถานะตำแหน่งในแผนที่ของจักรยานไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้จักรยานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นยังประกอบด้วยหน้าจอสถานะคงเหลือของเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่เมื่อใช้งานและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน ทำให้ส่วนประกอบของจักรยานไฟฟ้าที่นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่งมาใช้งานมีส่วนประกอบเพิ่มขึ้นดังนี้ ส่วนที่ 4 ระบบจีพีเอส ส่วนที่ 5 ระบบรับและส่งข้อมูล ส่วนที่ 6 แอปพลิเคชัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

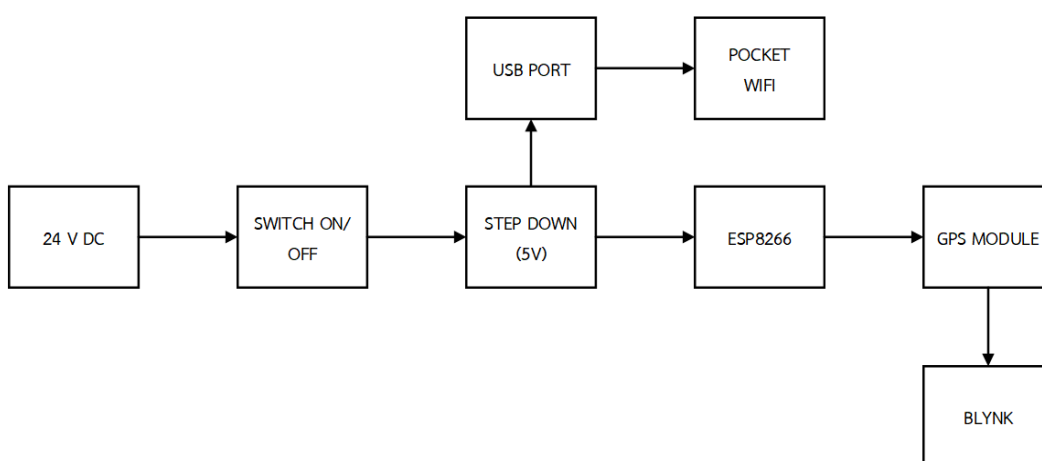
การดำเนินการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจักรยานไฟฟ้า จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่องคุณสมบัติของอุปกรณ์ประกอบรถไฟฟ้าตั้งแต่มอเตอร์ แบตเตอรี่ ระบบการทำงาน ความรู้ด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และความรู้ด้านการแสดงผลข้อมูลสถานะผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์จึงต้องมีการวางแผนและจัดลำดับขั้นตอนการทำงานให้เหมาะสม สำหรับกระบวนการสร้างจักรยานไฟฟ้าได้ออกแบบระบบจักรยานไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบควบคุม และระบบรับและส่งข้อมูล โดยมีรายละเอียดการออกแบบระบบจักรยานไฟฟ้าดังนี้

1. ระบบควบคุม เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการขับมอเตอร์ การควบคุมการเคลื่อนที่ของจักรยานไฟฟ้า การเร่งและการหยุด การจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ของจักรยานไฟฟ้า การตรวจสอบสถานะของการใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์สวิตช์เปิดปิดการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมได้ดังรูปที่ 1

2. ระบบรับและส่งข้อมูล เป็นระบบที่ทำงานสื่อสารรับและส่งข้อมูลโดยใช้ ESP8266 เป็นตัวควบคุม การรับและส่งข้อมูลกับจีพีเอสโมดูลใช้แสดงสถานะความเร็วและตำแหน่งของจักรยานไฟฟ้า โดยข้อมูลตำแหน่งพิกัดรถจักรยานไฟฟ้าจะแสดงเป็นละติจูดกับลองจิจูด และความเร็วหน่วยเป็นน็อตสามารถเปลี่ยนหน่วยเป็นกิโลเมตร ได้โดยคูณ 1.852 จากนั้น ESP8266 จะส่งข้อมูลเข้ามาที่ระบบของ Blynk เพื่อแสดงสถานะของตัวรถ ดังรูปที่ 2



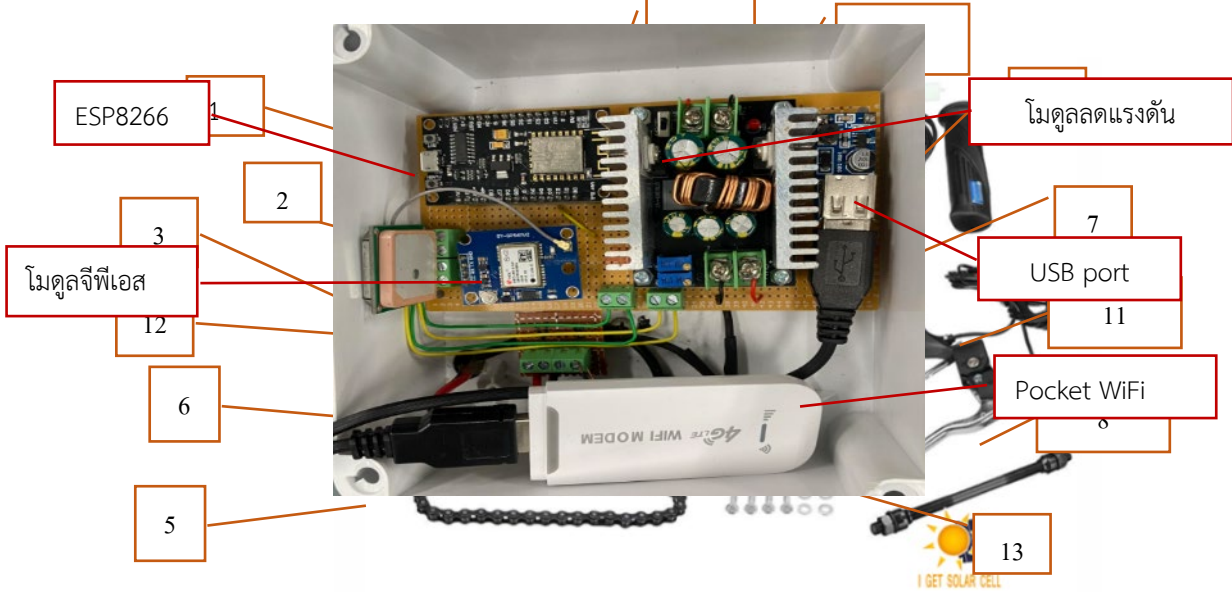
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมของจักรยานไฟฟ้า



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมระบบรับและส่งข้อมูลของจักรยานไฟฟ้า

ระบบจีพีเอสและระบบรับและส่งข้อมูลจะถูกจัดวางไว้ในกล่องพลาสติก ซึ่งจะนำกล่องไปติดตั้งที่โครงจักรยานไฟฟ้า ภายในกล่องแสดงได้ดังรูปที่ 3 การจ่ายไฟฟ้าจะนำพลังงานมาจากจากแบตเตอรี่ 24 V เข้าโมดูลลดแรงดัน แปลงแรงดันไฟฟ้าเป็น 5 V แล้วจ่ายไปยัง ESP8266 และโมดูลจีพีเอส โมดูลจีพีเอสจะทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลตำแหน่งกลับมายัง ESP8266 จากนั้น ESP8266 จะส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อไปรายงานสถานะผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

รูปที่ 3 ภายในกล่องที่ติดตั้งระบบจีพีเอสและระบบรับและส่งข้อมูลไปยังอินเทอร์เน็ต

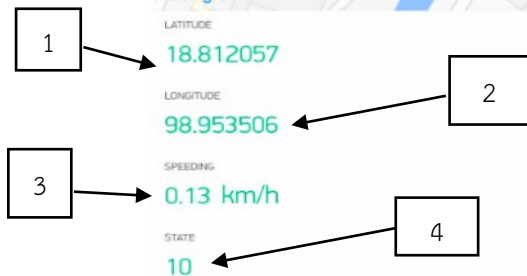
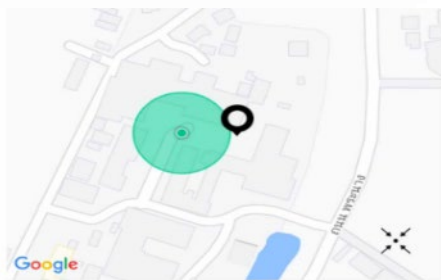


รูปที่ 4 ชุดแปลงจักรยานทั่วไปให้เป็นจักรยานไฟฟ้า

จากรูปที่ 4 ชุดแปลงจักรยานประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ 1. มอเตอร์ 2. ตัวควบคุม 3. ขายึดมอเตอร์ 4. ไฟหน้า 5. โช้ 6. สวิตช์กุญแจ 7. เฟืองจักรยาน 8. เพลาขยาย 9. ขั้วชาร์จ 10. ชุดคันเร่งไฟฟ้า 11. แบตเตอรี่ 12. ตัวขยายเฟือง 13. ชุดสกรูและตัวยึด เมื่อทำการประกอบเสร็จจะได้จักรยานไฟฟ้าตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 จักรยานไฟฟ้าที่ประกอบเสร็จ



เกม Blynk

จากรูปที่ 6 หมายเลข 1 เป็นค่าละติจูดของตำแหน่งรถ หมายเลข 2 เป็นค่าลองจิจูดของตำแหน่งรถ หมายเลข 3 แสดงสถานะความเร็ว และหมายเลข 4 แสดงสถานะการออนไลน์ เมื่อ State มีค่าน้อยกว่า 1 สถานะจีพีเอสจะขึ้นว่า Error บนแอปพลิเคชัน Blynk จะทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งและความเร็วของตัวรถได้ แต่เมื่อ State มีค่ามากกว่า 1 จะสามารถระบุตำแหน่งและความเร็วของตัวรถบน แอปพลิเคชัน Blynk ได้

4. ผลการวิจัย

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของตัวรถและแบตเตอรี่ทั้งหมด 3 ครั้ง ผู้ขับขี่มีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม ใช้แอปพลิเคชัน Blynk วัดความเร็วของตัวรถ และใช้ดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ที่ติดกับบอร์ดแรงดันของจักรยานไฟฟ้า โดยทำการวิ่งที่ความเร็วสูงสุดของรถจักรยานไฟฟ้าจากการทดสอบวิ่งระยะทางทั้งหมด 1000 เมตร พบว่าใช้เวลาในการวิ่งทั้งหมด 3 ครั้งได้ค่าเฉลี่ย 5 นาที 49 วินาที ในช่วง 100 เมตรแรกพบว่ามีความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 3 ครั้งได้ 28.33 km/h สถานะแบตเตอรี่คงเหลือจากการวิ่ง 1000 เมตรเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง ลดไป 18.33 % และมีแรงดันคงเหลือเฉลี่ยทั้งหมด 3 ครั้ง ได้ 27.26 V จากการวัดของดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ที่ติดกับตัวรถ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวรถและแบตเตอรี่แสดงได้ดังตารางที่ 1

4.2 การทดสอบการกินกระแสของมอเตอร์โดยมีผู้ขับขี่และผู้ไม่มีผู้ขับขี่ โดยใช้แคล์มิเตอร์ DC คีบสายมอเตอร์ไฟบวก ผู้ขับขี่มีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม ทำการปิดคันเร่งไฟฟ้าจนสุดโดยทำการทดสอบ 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยการกินกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้า DC 24 V 250 W อยู่ที่ 34.61 A และนำมาคำนวณระยะเวลาในการใช้งานโดยเฉลี่ย 5 ครั้งได้ 33 นาที 46 วินาที ผลการทดสอบการกินกระแสของมอเตอร์แสดงได้ดังตารางที่ 2

4.3 การทดสอบค่าผิดพลาดในการระบุตำแหน่งของแอปพลิเคชัน Google Maps เทียบกับ Blynk โดยหาค่าเฉลี่ยทั้งหมด 5 ครั้ง จากแอปพลิเคชัน Blynk โดยเทียบกับ Google Maps ที่ตำแหน่งเดียวกันเพื่อหาค่าความผิดพลาด ได้ค่าเฉลี่ยของแอปพลิเคชัน Blynk มีค่าละติจูด 18.8120224 ลองจิจูด 98.9532424 ค่าเฉลี่ยของ Google Maps มีค่าละติจูด 18.8119176 ลองจิจูด 98.9536209 และนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาใส่ใน Google Maps พบว่ามีค่าความผิดพลาดของแอปพลิเคชัน Blynk อยู่ที่ 18 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับ Google Maps ผลการทดสอบค่าผิดพลาดในการระบุตำแหน่งของแอปพลิเคชัน Google Maps และ Blynk แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวรถและแบตเตอรี่ ครั้งที่ 1-3

ระยะทาง (m)	เวลา (min:sec)			ความเร็วสูงสุด (km/h)			สถานะแบตเตอรี่ที่คงเหลือ (%)			แรงดันไฟฟ้าคงเหลือ (V)		
	ครั้งที่			ครั้งที่			ครั้งที่			ครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
100	0:36	0:40	0:44	28	29	28	97	97	97	28.5	28.5	28.6
200	1:18	1:24	1:20	28	28	28	95	96	96	28.4	28.4	28.4
300	1:58	1:57	1:50	26	28	28	93	93	93	28.2	28.3	28.3
400	2:34	2:43	2:40	26	27	27	92	92	92	28.1	28.1	28.1
500	3:07	3:15	3:21	25	26	27	91	90	90	27.9	27.9	27.9
600	3:44	3:49	3:55	25	26	26	90	88	88	27.8	27.8	27.8
700	4:14	4:23	4:33	25	26	26	88	86	87	27.7	27.6	27.7
800	4:44	4:58	5:03	25	26	25	86	84	85	27.6	27.6	27.6
900	5:18	5:15	5:35	25	25	25	84	85	83	27.5	27.5	27.4
1000	6:03	5:42	6:02	25	25	25	82	82	81	27.4	27.2	27.2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการกินกระแสของมอเตอร์ โดยมีผู้ขับขี่น้ำหนัก 75 กิโลกรัม

เปรียบเทียบกับกรณีไม่มี

โหลด เมื่อบิดคันเร่งมากที่สุด

น้ำหนักผู้ขับขี่ (kg)	กระแสเข้ามอเตอร์ (A)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
75	32.22 A	35.23 A	34.10 A	38.05 A	33.45 A	34.61 A
0	1.95 A	2.18 A	2.45 A	2.28 A	2.51 A	2.274 A

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าผิดพลาดในการระบุตำแหน่งของแอปพลิเคชัน Google Maps และ Blynk

ครั้ง	Google Maps		Blynk	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด
1	18.8119176	98.9536209	18.811943	98.953537
2	18.8119176	98.9536209	18.812071	98.953247
3	18.8119176	98.9536209	18.811964	98.953461
4	18.8119176	98.9536209	18.812057	98.953506
5	18.8119176	98.9536209	18.812077	98.953461
ค่าเฉลี่ย	18.8119176	98.9536209	18.8120224	98.9532424

5. สรุปและอภิปรายผล

บทความนี้นำเสนอการศึกษาประสิทธิภาพของจักรยานไฟฟ้าและระบบรายงานสถานะ จากการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพของจักรยานไฟฟ้าเมื่อผู้ขับขี่มีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม ระยะทดสอบขับขี่ระยะทาง 1 กิโลเมตร พบว่าจักรยานไฟฟ้ามีความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 28.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาเฉลี่ย 5 นาที 49 วินาที โดยแบตเตอรี่ลดลงเฉลี่ย 18.33% แรงดันคงเหลือเฉลี่ยอยู่ที่ 27.26 V เมื่อทำการบิดคันเร่งไฟฟ้าจนสุด พบว่าใช้กระแส 34.61 A ซึ่งคำนวณระยะเวลาวิ่งได้ 33 นาที 46 วินาที สำหรับประสิทธิภาพของระบบรายงานสถานะของจักรยานไฟฟ้า พบว่าสามารถระบุตำแหน่งแบบเรียลไทม์ใน Blynk ได้สอดคล้องกับ Google maps โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 18 เมตร จากประสิทธิภาพดังกล่าวจักรยานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาออกแบบจักรยานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Contò, C., & Bianchi N. (2023). Design of electric motor for e-bike application, in *2023 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, San Francisco, CA, USA, 1-7. doi: 10.1109/IEMDC55163.2023.10238875
- [2] Mohammadi, F., & Rashidzadeh, R. (2021). An overview of IoT-enabled monitoring and control systems for electric vehicles, *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 24(3), 91-97. doi: 10.1109/MIM.2021.9436092
- [3] Folea, S. C., & Mois, G. D. (2020). Lessons learned from the development of wireless environmental sensors, *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, 69(6).
- [4] Joy, A. M., Ravi A., Roy J., Karthikeyan G. V., & Rajan T. P. (2022). IoT enabled electronic security & remote monitoring solution for electric bikes, in *2022 IEEE International Power and Renewable Energy Conference (IPRECON)*, Kollam, India, 1-6. doi: 10.1109/IPRECON55716.2022.10059526

การวิเคราะห์อัตราส่วนประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนก่อนและหลัง การล้างเครื่องปรับอากาศ

เกษม ตรีภาค* และ วิษณุ ช่างเนียม

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบล พิชัย

อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52000

*kasemtree@gmail.com , 081-1116255

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศหรือ EER และการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือ kWh ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงโมหินชัยประภา รุ่งเรืองจำนวน 16 เครื่อง โดยทำการวัดค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ ค่าความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศหรือ Btu/hr ค่ากำลังงานไฟฟ้า และ kWh ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศ โดยนำ EER ที่คำนวณได้ และ kWh ก่อนและหลังการล้างเครื่องปรับอากาศมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยพบว่า การล้างเครื่องปรับอากาศสามารถเพิ่ม EER ของเครื่องปรับอากาศได้ทุกเครื่องโดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 35% และต่ำสุด 2.67% และยังส่งผลให้ kWh ของเครื่องปรับอากาศในโรงงานทั้งหมดลดลงประมาณ 9.5% นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลยังพบว่าการคำนวณ Btu/hr ของเครื่องปรับอากาศ ที่มีอายุการใช้งานเกิน 10 ปี ค่า Btu/hr จะลดลงประมาณ 23 % ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้ kWh มากกว่าเดิมเพื่อให้ห้องมีอุณหภูมิที่ต้องการ ดังนั้นแม้จะทำการล้างเครื่องปรับอากาศแล้ว kWh ก็จะไม่เปลี่ยนแปลงมากเท่าใด

คำสำคัญ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน อัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ(EER) ความสามารถในการทำความเย็น(Btu/hr.) การใช้พลังงานไฟฟ้า(kWh.) การล้างเครื่องปรับอากาศ

Analysis of the Energy Efficiency Ratio of Split-Type Air Conditioners Before and After Cleaning

Kasem Treephak* And Visanu Changniam

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 200 Moo 17

Mueang Lampang district Lampang 52000

*kasemtree@gmail.com , 081-1116255

Abstract

The purpose of this research is to analyze and compare the Energy Efficiency Ratio (EER) and electrical energy consumption (kWh) of air conditioners before and after cleaning. This study was conducted on 16 air conditioning units installed at Chaiprapa Stone Mill Limited Partnership. The relevant variables measured for the calculations included the cooling capacity of the air conditioners (Btu/hr), electrical power input, and kWh of the air conditioners before and after cleaning. The calculated EER and kWh values before and after cleaning were compared. The results showed that cleaning the air conditioners increased the EER of all units, with the highest increase observed at 35% and the lowest at 2.67%. Additionally, this cleaning process led to a reduction of approximately 9.5% in the overall kWh consumption of the air conditioner in the facility. Moreover, the data analysis revealed that for air conditioners older than 10 years, the Btu/hr decreased by approximately 23%, resulting in higher kWh consumption to maintain the desired room temperature. Therefore, even after cleaning, the kWh consumption did not significantly change.

Keywords: Split-Type Air Conditioners, Energy Efficiency Ratio(EER), Cooling Capacity(Btu/hr.), Electrical Energy Consumption(kWh.), Air Conditioner

1. บทนำ

โรงโม่หินชัยประภากรุ่งเรือง จำกัดเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมาก โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีเฉลี่ยประมาณ 1,000 เมกกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี และรับพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,250 kVA จำนวน 1 ลูก และ 50 kVA จำนวน 2 ลูก โรงโม่หินชัยประภากรุ่งเรือง จำกัด จัดอยู่ในโรงงานควบคุมที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โรงโม่หินชัยประภากรุ่งเรือง จำกัด จึงต้องมีกิจกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน จากการพิจารณาและตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า ในโรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่ในโรงงานมากเป็นอันดับ 2 รองจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรสำหรับการโม่หินโดยแต่ละปีคิดเป็นร้อยละ 8-10 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน เพื่อให้มีการปรับปรุงให้เครื่องปรับอากาศที่มีอยู่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และส่งผลต่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน โรงงานจึงได้กำหนดให้ดำเนินการจัดทำกิจกรรมการล้างเครื่องปรับอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าขึ้นซึ่งโดยปกติโรงงานได้กำหนดระยะเวลาในการล้างเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องอยู่แล้ว โดยจ้างบริษัทภายนอกโรงงานในการล้างเครื่องปรับอากาศทั้งหมดแต่ไม่ได้มีการจัดทำบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากโรงงานไม่มีเครื่องมือวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่สามารถวัดและเก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า จึงไม่มีข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าจากการล้างเครื่องปรับอากาศได้ตามข้อกำหนดของกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการการตรวจวิเคราะห์เครื่องปรับอากาศในโรงโม่หินชัยประภากรุ่งเรือง ก่อนและหลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์หาอัตราส่วนประสิทธิภาพและการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั้งก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศทั้งหมดในโรงงาน เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนในการกำหนดระยะเวลาการล้างเครื่องปรับอากาศในโรงงานและใช้เป็นข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของโรงงานต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศหรือที่โดยทั่วไปมักเรียกว่า EER (Energy Efficiency Ratio) คือการวัดค่าอัตราส่วนของการรับพลังงานเข้ามาที่เครื่องปรับอากาศ ซึ่งหมายถึงพลังงานไฟฟ้าขาเข้าของเครื่องปรับอากาศ คือกำลังงานไฟฟ้า (P) มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) เทียบกับพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้เพื่อทำความเย็นในพื้นที่ที่กำหนดหรือเรียกได้อีกอย่างว่าความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็น (Btu/hr) สมการสำหรับค่า EER ดังสมการที่ 1

$$EER = \frac{Btu / hr}{P(watt)} \quad (1)$$

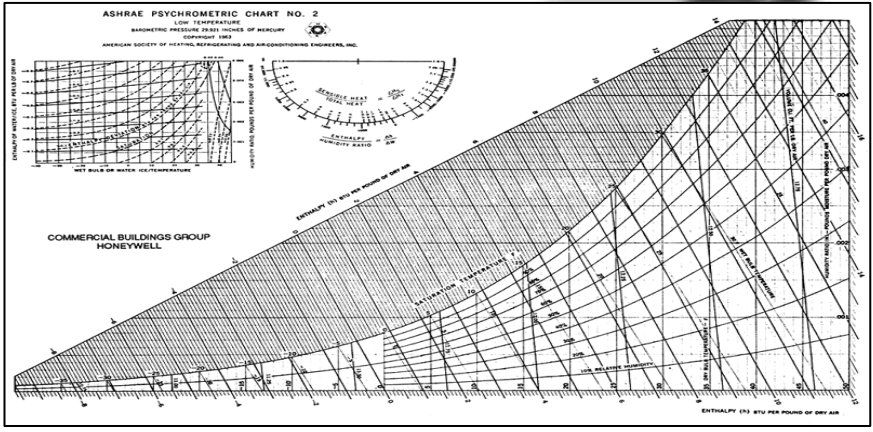
โดย Btu/hr คือความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมง (Btu/hr) และ P คือกำลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) กำลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องปรับอากาศ ใช้วิธีการวัดกำลังงานไฟฟ้าหรือการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า จากนั้นจึงนำมาคำนวณหาค่ากำลังงานไฟฟ้าได้ แต่การหาค่า Btu/hr นั้น ใช้สมการที่ 2 และ 3 ดังนี้

$$Btu / hr = Q \times 12000 \quad (2)$$

$$Q = 5.707 \times 10^{-3} \times CMM \times (h_r - h_s) \quad (3)$$

Q คือภาระการทำความเย็น มีหน่วยเป็นตันความเย็น (ton) CMM คือปริมาณลมเย็นที่หมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อนาที (m³/min) ส่วน h_r หมายถึงค่าเอนทัลปีด้านลมจ่ายมีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg) และ h_s หมายถึงค่าเอนทัลปีด้านลมกลับมีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg) ปริมาณลมเย็นที่หมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ (CMM) คำนวณได้จากสมการที่ 4

$$CMM = v \times A \times 60 \quad (4)$$



รูปที่ 1 แผนภูมิไซโครเมตริกของ ASHRAE

ส่วนตัวแปร v คือค่าความเร็วลมหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) และ A คือพื้นที่หน้าตัดที่ลมผ่านมีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2) ค่า h_r และ h_s นั้น สามารถหาค่าได้จากแผนภูมิไซโครเมตริกโดย ซึ่งต้องวัดค่าตัวแปรสำหรับใช้เป็นข้อมูลได้แก่ อุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ด้านลมออกเพื่อหา h_r และอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ด้านลมเข้าเพื่อหา h_s แผนภูมิไซโครเมตริก ดังรูปที่ 1

ปัจจุบันอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ นั้นได้มีวิธีการคำนวณในรูปแบบที่ใช้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของแต่ละฤดูกาลเข้ามาคิดร่วมกับพลังงานแบบเดิมโดยมีชื่อเรียกใหม่ว่า อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ หรือ SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า EER กับ SEER ของเครื่องปรับอากาศตัวเดียวกันแล้ว มักจะพบว่าค่า SEER จะได้ค่ามากกว่าค่า EER และโดยทั่วไปแล้วค่า SEER มักจะนำไปใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบบอินเวอร์เตอร์เป็นหลัก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การสำรวจเครื่องปรับอากาศในโรงโมหินของห้างหุ้นส่วนจำกัด ชัยประภารุ่งเรือง

ตารางที่ 1 ขนาด Btu รวมของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแต่ละอาคารในโรงโมหินชัยประภารุ่งเรือง จำกัด

อาคารควบคุมเครื่องโมหิน	สำนักงาน A		สำนักงานชาย		
	Btu/hr	การใช้งาน (ปี)	Btu/hr	การใช้งาน (ปี)	
36000	12	36000	12	18000	2
36000	12	36000	10	25000	2
18000	8	25000	8	18000	2
16000	5	12000	2	9000	2
18000	5	9000	2		
		9000	2		
		9000	2		
รวม	124000		136000	70000	

จากการสำรวจขนาดและจำนวนและระยะเวลาที่เริ่มใช้งานเครื่องปรับอากาศในโรงงาน พบว่าโรงงานแยกเป็น 3 อาคาร เครื่องปรับอากาศทุกเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ ON-OFF ด้วยตัวควบคุมอุณหภูมิ ไม่มีเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ จำนวนและขนาดของเครื่องปรับอากาศและระยะเวลาใช้งานในโรงงานทั้งหมดดังตารางที่ 1 การดำเนินงานทำการแยกวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เป็นแต่ละอาคาร เนื่องจากมีตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงคืออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกห้องปรับอากาศ ที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในแต่ละวัน ดังนั้นจึงวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ก่อนล้างเครื่องปรับอากาศเป็นเวลาอย่างน้อย 1 สัปดาห์

3.2 การคำนวณอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

การวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อหาอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง ผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ด้านลมเข้าและด้านลมออกของเครื่องปรับอากาศทุกเครื่อง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อหาค่า เอนทัลปีทั้งสองด้าน และวัดขนาดของช่องลมเข้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลร่วมกับความเร็วลมด้านลมเข้าเพื่อหาค่า CMM ค่าตัวแปรที่วัดได้ก่อนการล้างเครื่องปรับอากาศ จะนำมาคำนวณเพื่อหาอัตราส่วนประสิทธิภาพก่อนการล้างเครื่องปรับอากาศ (EER_1) และหลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศตามแผนการล้างเครื่องปรับอากาศของโรงงานเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้เข้าทำการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ อีกครั้ง และนำค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้มาคำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศหลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศ (EER_2) จากนั้นนำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกห้องปรับอากาศที่ได้หลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศมาเปรียบเทียบกับวันก่อนการล้างเครื่อง ให้อุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกใกล้เคียงกันมากที่สุด

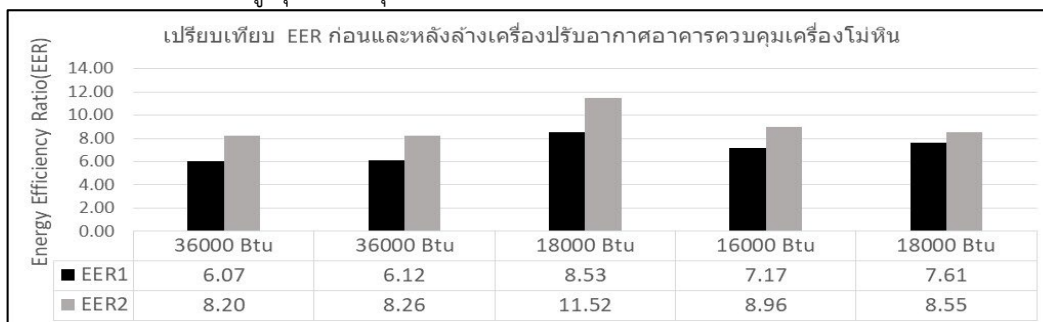
3.3 การวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

การวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ผู้วิจัยใช้เครื่องวัดและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้ายี่ห้อ KYORISU รุ่น 6300 ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครื่องมีวัดทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า เริ่มต้นที่เวลา 08.00 น. และหยุดวัดที่เวลา 20.00 น. ของทุก ๆ วัน โดยแต่ละอาคารวัดค่าพลังงานไฟฟ้า 7 วัน พร้อมกับวัดค่าตัวแปรที่ใช้หาค่า EER และค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกห้องปรับอากาศด้วยเพื่อนำไปคัดเลือกเฉพาะวันที่มีค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกับค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่วัดหลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศแล้ววันเดียวเท่านั้น

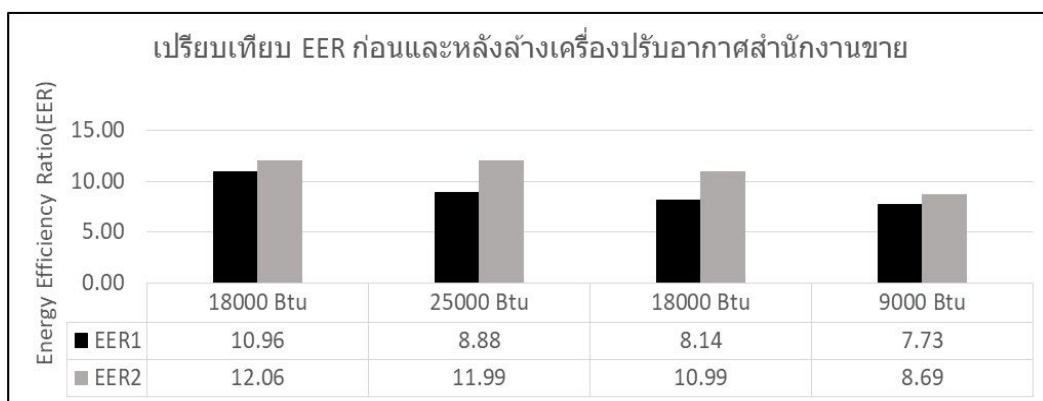
4. ผลการวิจัย

4.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

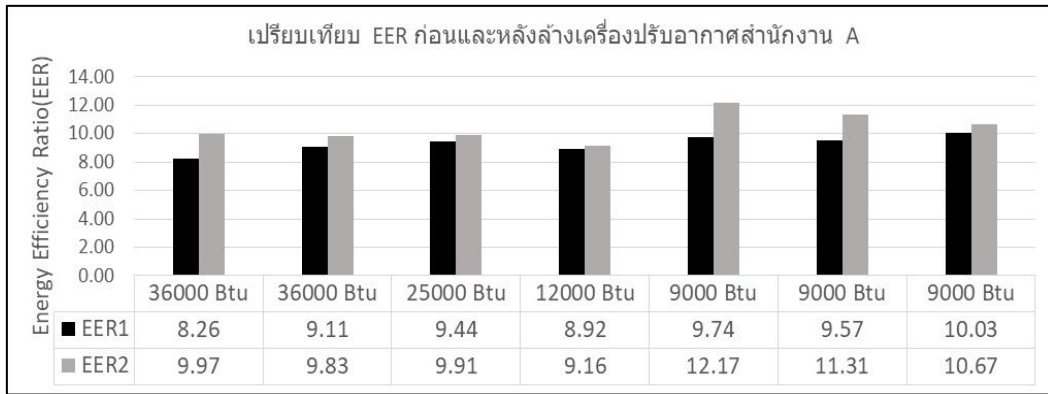
รูปที่ 2-4 คือการเปรียบเทียบค่า EER ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังจากการล้าง โดยแยกเป็น 3 อาคารใช้วันก่อนล้างที่มีอุณหภูมิภายนอกห้องเฉลี่ย 37.2 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 59.7% ส่วนหลังจากการล้างมีอุณหภูมิภายนอกห้องเฉลี่ยที่ 37.5 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 58.9% พบว่าเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องค่า EER เพิ่มขึ้นหลังจากล้างเครื่อง ซึ่งเพิ่มขึ้นสูงสุดและต่ำสุดประมาณ 35 และ 6 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2 ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศอาคารควบคุมเครื่องไม่หิน



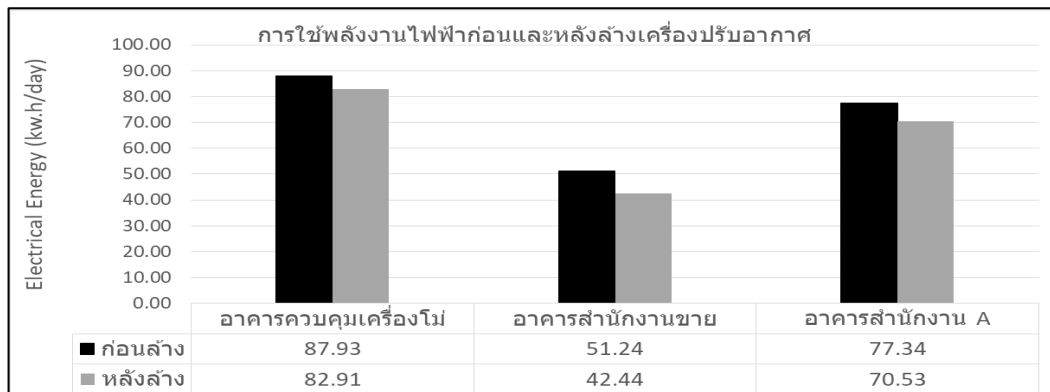
รูปที่ 3 ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศก่อนล้างและหลังล้างเครื่องปรับอากาศสำนักงานชาย



รูปที่ 4 ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศก่อนล้างและหลังล้างเครื่องปรับอากาศสำนักงาน A

4.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

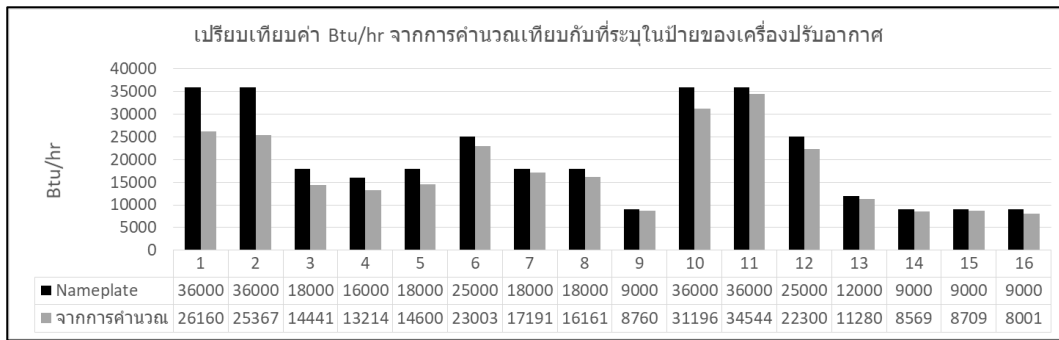
รูปที่ 5 หลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศแล้ว การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวันของระบบปรับอากาศในทุกอาคารจะลดลงเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวันก่อนล้างเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมใน 1 วันการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเท่ากับ 20.63 kW.h/day นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการลดลงหลังของการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศของแต่ละอาคารแล้ว อาคารที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้มากที่สุดได้แก่ อาคารสำนักงานชาย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาคารที่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดคืออาคารควบคุมเครื่องโม้หินที่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงประมาณ 5.7 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5 การใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังล้างเครื่องปรับอากาศ(ต่อ 1 วัน)

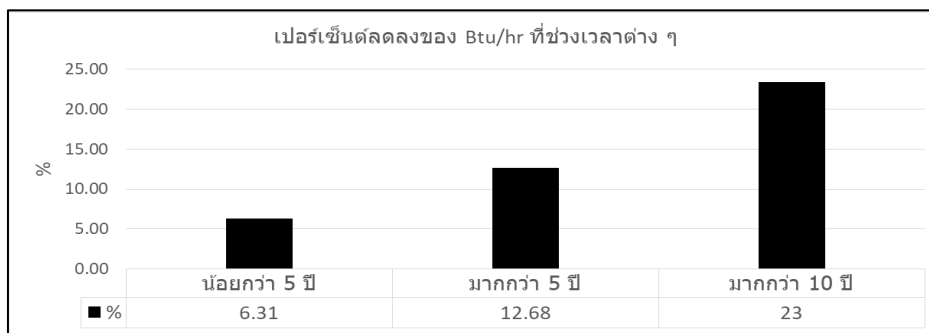
4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเมื่อ Btu/hr ของเครื่องปรับอากาศลดลง

จากรูปที่ 5 การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศที่ลดลงนั้นเกิดจากการล้างเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น ตัวแปรที่ทำให้ EER เพิ่มขึ้นได้นั้นเกิดจากค่าการทำความเย็นหรือ Btu/hr เพิ่มขึ้นเป็นหลัก ดังนั้นเมื่อ Btu/hr ของเครื่องปรับอากาศลดลงย่อมส่งผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 6 ค่า Btu/hr จากการคำนวณหลังล้างเครื่องปรับอากาศเทียบกับ Nameplate

รูปที่ 6 ลำดับที่ 1-5 คือเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารควบคุมเครื่องไม่หิน ลำดับที่ 6-9 คือเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในสำนักงานชาย และลำดับที่ 10 – 16 คือเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในสำนักงาน A ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว พบว่าเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารควบคุมเครื่องไม่หินมี Btu/hr ที่ได้จากการคำนวณลดลงจากค่าที่ระบุไว้ที่ตัวเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นสัดส่วนที่สุดเมื่อเทียบกับอาคารอื่น และเมื่อทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ค่า Btu/hr ที่ลดลงโดยแบ่งระยะเวลาใช้งานของเครื่องปรับอากาศออกเป็น 3 ช่วง ช่วงที่หนึ่งคือระยะเวลาใช้งานที่น้อยกว่า 5 ปี ช่วงที่ 2 คือช่วงระยะเวลาที่ใช้งาน 6-10 ปี และช่วงสุดท้ายคือระยะเวลาใช้งานที่มากกว่า 10 ปีแล้วจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของ Btu/hr ที่ลดลงดังรูปที่ 7 ซึ่งจะเห็นว่า ช่วงเวลาใช้งานเครื่องปรับอากาศที่เกิน 10 ปี ค่า Btu/hr จะลดลงมากถึง 23 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 7 เปอร์เซ็นต์ลดลงของ Btu/hr เมื่อแบ่งช่วงระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศเป็น 3 ช่วง

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อหาอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ(EER) และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ที่ควบคุมอุณหภูมิแบบ ON-OFF ของห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงไม่หินชัยประภารุ่งเรืองที่มีเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 16 เครื่อง เครื่องปรับอากาศที่ได้ทำการล้างเครื่องแล้วมีค่า EER เพิ่มขึ้นทั้งหมด โดยเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 35% และมีค่า EER เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือ 2.67% ซึ่งค่า EER ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นจากการที่ปริมาณลมไหลเวียนในเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้เครื่องปรับอากาศทำงานเป็นระยะเวลาที่ลดลงแต่สามารถให้ความเย็นได้เท่าเดิม การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจึงลดลงด้วย ดังนั้นการล้างเครื่องปรับอากาศจึงเป็นวิธีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้อย่างไรก็ตาม การล้างเครื่องปรับอากาศนั้นต้องมีค่าใช้จ่ายในการล้าง ดังนั้นการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างเครื่องปรับอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าของการล้างเครื่องปรับอากาศมากที่สุด

จากการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr) รายเครื่องแล้วพบว่าระยะเวลาการติดตั้งหรืออายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ มีผลต่อการลดลงของ Btu/hr โดยเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้งานไม่เกิน 5 ปี Btu/hr ลดลงประมาณ 6.31% ส่วนการใช้งาน 6-10 ปี Btu/hr ลดลงประมาณ 12.68% ขณะที่การใช้งานเกิน 10 ปี ค่า Btu/hr ลดลงมากถึง 23% ซึ่งคิดเป็นเกือบ 1 ใน 4 เท่าของ Btu/hr ที่ระบุมาที่ตัวเครื่อง นั่นหมายความว่าเครื่องปรับอากาศที่มีอายุใช้งาน

เกิน 10 ปีขึ้นไป ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจะลดลงมาก ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น หรือสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นนั่นเอง ดังนั้นในการล้างเครื่องปรับอากาศที่อายุการใช้งานมากเกิน 10 ปี ไม่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากเท่าที่ควร จึงควรเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ น่าจะเป็นทางออกในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ดีกว่า

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงโม้หินชัยประภา รุ่งเรือง ที่อนุญาตและอำนวยความสะดวกให้เข้าไปในสถานที่เพื่อวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ รวมทั้งช่วยสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- Yolanita Fani & Ilham Arnif (2019). Analysis of Energy Efficiency Ratio (EER) in Air Conditioner (AC) type Split. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 4(1), 45-50.
<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/vanos>
- Abdullah M & Al-Shaalan (2012). EER Improvement for Room Air-Conditioners in Saudi Arabia. *Energy and Power Engineering*, 4(6), 439-446 doi: 10.4236/epe.2012.46058
- Alex Lekov, Victor Franco, Steve Meyers. Evaluation of Energy-Efficiency Standards for Room Air Conditioners in the US. *Environment Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley*, 1(2) doi: 10.4236/ojee.2012.12002
- Majid Ramzan, Muhammad Sajid Kamran, Muhammad Wajid Saleem, Hassan Ali1, Mudather Ibrahim Mudather Zeinelabdeen (2021). Energy Efficiency Improvement of the Split Air Conditioner Through Condensate Assisted Evaporative Cooling. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46, 7719-7727 <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05494-x>
- Dasheng Lee & Fu-Po Tsai (2020) Air Conditioning Energy Saving from Cloud-Based Artificial Intelligence: Case Study of a Split-Type Air Conditioner. *Energies*, 13(8)
<https://doi.org/10.3390/en13082001>
- Waqas Ali, Muhammad Bilal Sajid, Awad B.S. Alquaity, Shujaat Abbas, Muhammad Asaad Iftikhar, Jamsheed Sajid, Akhtar Abbas (2022) Energy conservation and climate change mitigation potential of improving efficiency of room air conditioners in Pakistan. *Energy Report*, 8, 6101-6109.
www.elsevier.com/locate/egyr
- ชลากร เขาวนพานิช, พงษ์ศธร ervaas, มกรรา สาระชัย, วิชชุดา เมตตานันท์, ทศพล เขตเจนการ. SEER บนฉลากใช้ค่าสมรรถนะจริงของเครื่องปรับอากาศหรือไม่. ใน พลกฤต กฤษไมตรี (บ.ก.), *บทความวิชาการ สหภาพวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย*, ชุดที่ 24 (น. 69-79) ม.ป.ท.

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน สำหรับโรงสีข้าว: แบบจำลองด้วย MATLAB

อรทัย ลือยศ, เพ็ญพิชชา ก้างยาง และประกาศิต ศรีทะแก้ว

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

99 หมู่ 10 ต.ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย 57120

*E-mail: orathai_lu66@live.rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 0634938565

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีแรงจูงใจจากความจำเป็นที่เพิ่มขึ้นในการหาแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนและคุ้มค่าสำหรับโรงสีข้าวในประเทศไทย เนื่องจากแหล่งพลังงานแบบดั้งเดิมมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นและมีความน่าเชื่อถือที่น้อยลง จึงมีการสำรวจทางเลือกพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ การศึกษานี้มุ่งพัฒนาแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อจำลองและประเมินระยะเวลาคุ้มทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงสีข้าว การวิจัยประกอบด้วยการเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ทุกๆ 30 นาที ระหว่างเวลา 09:00 ถึง 17:30 น. ตลอดระยะเวลา 1 เดือน และเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงสีข้าวในแต่ละวัน ผลการวิจัยพบว่าใน 1 เดือน ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้ 1,874 หน่วย คิดเป็นมูลค่า 5,000 บาท ขณะที่โรงสีข้าวใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 3,011 หน่วย รวมมูลค่าทั้งสิ้น 12,000 บาท ดังนั้นโรงสีข้าวยังคงมีค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าอยู่ที่ 7,000 บาทต่อเดือน การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพบว่า โรงสีข้าวจะต้องใช้เวลาประมาณ 10.11 ปี จึงจะคุ้มทุนกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงสีข้าวได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังคงต้องใช้เวลาในการคืนทุน การตัดสินใจลงทุนติดตั้งระบบนี้ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น อายุการใช้งานของระบบ และความพร้อมในการบำรุงรักษา เพื่อให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดจากการลงทุน

คำสำคัญ: การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, การคืนทุน, โรงสีข้าว, การใช้พลังงานไฟฟ้า, MATLAB

Optimizing Solar Power Utilization and Break-Even Analysis for Rice Mills: A MATLAB-Based Model

*Orathai Lueyos, Penpicha Kangyang and Prakasit Sritakaew

Program of Electrical Engineering Faculty of Engineering
Rajamagala University of Technology Lanna Chiang Rai

*E-mail: orathai_lu66@live.rmutl.ac.th, Telephone: 0634938565

Abstract

This research is motivated by the increasing need for sustainable and cost-effective energy solutions for rice mills in Thailand. Traditional energy sources are becoming more expensive and less reliable, prompting the exploration of renewable energy alternatives such as solar power. This study aims to develop a model using MATLAB to simulate and evaluate the break-even period for installing a solar power generation system in a rice mill. The research involved collecting solar energy data every 30 minutes from 9:00 AM to 5:30 PM over one month and comparing it to the rice mill's daily electricity consumption. The results showed that the solar power system produced 1,874 units of electricity in one month, valued at 5,000 baht. In contrast, the rice mill's total electricity consumption was 3,011 units, costing 12,000 baht. Consequently, the net monthly expenditure on electricity for the rice mill was 7,000 baht. The break-even analysis indicated that it would take approximately 10.11 years for the rice mill to recover the initial investment in the solar power system. This finding highlights that while solar power can significantly reduce electricity costs, the payback period is relatively long. Therefore, decisions to invest in such a system should consider factors such as initial setup costs, system lifespan, and maintenance requirements to maximize the benefits of the investment.

Keywords: solar power generation, break-even analysis, rice mill, electricity consumption, MATLAB

1. บทนำ

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นประเด็นที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์สูง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดการพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล [1]ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดค่าใช้จ่ายทางพลังงาน แต่ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โรงสีข้าวเป็นตัวอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมาก การนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งในโรงสีข้าวจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความยั่งยืน[2][3]

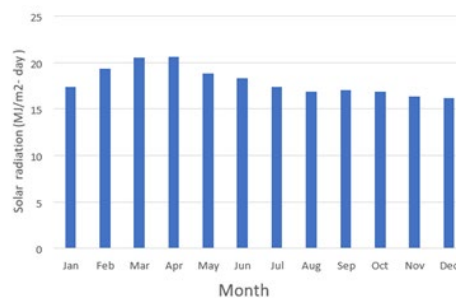
ระบบเชื่อมต่อกับกริด PV รวมพลังงานแสงอาทิตย์โซลาร์เซลล์ (PV) เข้ากับกริดไฟฟ้า ช่วยเพิ่มความยั่งยืนและคุณภาพของพลังงานการศึกษาต่างๆเน้นถึงความสำคัญของระบบ PV [4] การประเมินโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ PV ขนาด 51 กิโลวัตต์เชื่อมต่อกับกริดแรงดันต่ำเพื่อการผลิตพลังงานที่มีประสิทธิภาพ [5] การเชื่อมต่อกับกริด PV การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ที่แปลงกระแสตรง DC จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้า AC เพื่อรวมเข้ากับกริดการทำงานของระบบเกี่ยวข้องกับสองขั้นตอนหลักการแปลงพลังงานและการรวมกริดมีการควบคุมต่างๆเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบและการควบคุมพลังงานโดยตรงเชิงคาดการณ์ [6] และวิธีการควบคุมการแยกการเชื่อมต่อ [7] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระหว่างกริดและระบบ PV บรรเทาปัญหาคุณภาพพลังงานความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าและการทำงานที่มีเสถียรภาพและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดต้นทุนพลังงานได้ 71.7% และมีระยะเวลาคืนเงิน 8 ปีด้วยการลงทุน[8]

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองและศึกษาระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงสีข้าว โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อจำลองการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และการใช้พลังงานของโรงสีข้าวในระยะเวลา 1 เดือน ผลการวิจัยนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และประเมินระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์

การวิจัยนี้จะเน้นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ทุกๆ 30 นาที ในระหว่างเวลา 09:00 ถึง 17:30 น. และเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงสีข้าวในแต่ละวัน เพื่อประเมินความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการติดตั้งระบบ ผลการวิจัยนี้จะประโยชน์ต่อการตัดสินใจลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงสีข้าว และส่งเสริมการใช้พลังงานที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศไทย

2. ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มแสงอาทิตย์ละทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้อง

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยโดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้นหรือที่เรียกว่า "ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์" (global radiation) มีหน่วยทางด้านพลังงานเป็นเมกกะจูลต่อตารางเมตร(MJ/m²)โดยบริเวณที่ได้รับรังสีอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง [9]



รูปที่ 1 การแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ[1]

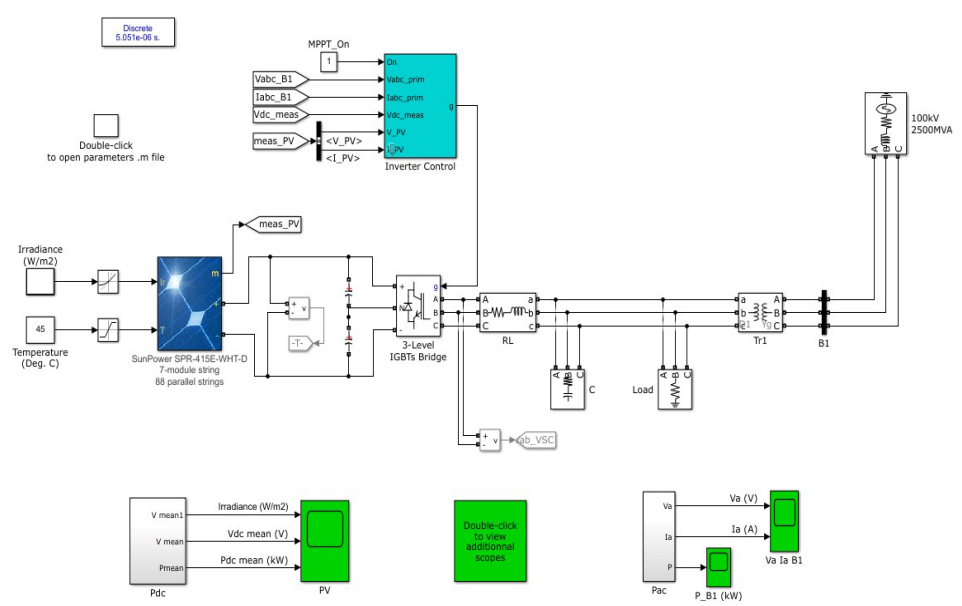
โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากรพบว่าการกระจายของความเข้มรังสีอาทิตย์ตามบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 MJ/m²day เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ[10]

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Effect) ในสารกึ่งตัวนำ โดยโซลาร์เซลล์จะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ p และสารกึ่งตัวนำ n เมื่อโซลาร์เซลล์ได้รับแสงที่มีพลังงานมากพอจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำ ดังนั้นถ้ามีการเชื่อมต่อระหว่างผิวทั้งสองของโซลาร์เซลล์ จะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนซึ่งทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2 แผงโซลาร์เซลล์

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติเป็นพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษและเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้แก่ระบบผลิต กระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน[8]



รูปที่ 3 โมเดลที่ใช้ในการทดสอบ[11]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การสร้างแบบจำลองและศึกษาระยะเวลาคู่ทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงสีข้าวโดยใช้โปรแกรมแมตแล็บเริ่มจากการออกแบบวงจรการใช้น้ำของโรงสีข้าวโดยใช้โปรแกรมแมตแล็บ ซึ่งการออกแบบนี้จะมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป และมีการเปลี่ยนค่าความสามารถในกายฉายรังสีของพลังงานแสงอาทิตย์ทุกๆ 30 นาที จากรูปที่ 3 เป็นโมเดลที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการออกแบบและการจัดวางองค์ประกอบต่างๆ ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในโรงสีข้าว โมเดลนี้ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ อินเวอร์เตอร์ ตัวควบคุมพลังงาน และโหลดการใช้งานของโรงสีข้าว โดยมีการเชื่อมต่อกับหม้อแปลงของการไฟฟ้าเพื่อวัดและเก็บข้อมูลพลังงานที่ผลิตและใช้ในแต่ละช่วงเวลา

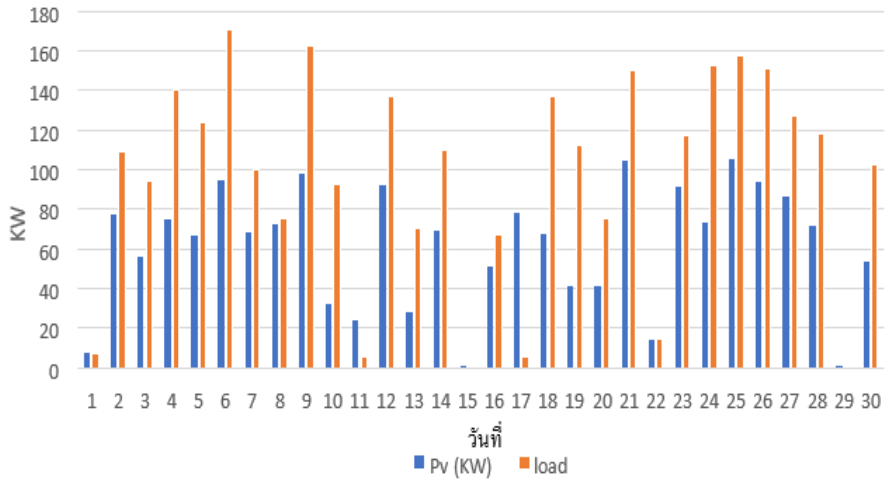
การออกแบบโมเดลจะเริ่มจากแผงโซลาร์เซลล์ที่มีการกำหนดค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน และกำหนดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยโดยแผงโซลาร์เซลล์นี้จะเชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการแปลงกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นเชื่อมต่อกับ Rผ่านโหลดการใช้ไฟฟ้าของโรงสีข้าวที่เชื่อมต่อกับหม้อแปลงของการไฟฟ้าซึ่งในโมเดลนี้จะมีการวัดค่าความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของพลังงานแสงอาทิตย์ และวัดค่าโหลดการใช้งานของโรงสีข้าว

3.2 ทำการบันทึกผลการเก็บค่าทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่เวลา 09:00-17:00 นาฬิกา เป็นระยะเวลา 1 เดือนในการเก็บค่าการจำลองการทำงานของวงจรนี้ จะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันออกไปตามค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงของพลังงานรังสีแสงอาทิตย์โดยผลที่ทำการบันทึกจากการทำโมเดล จะเป็นผลของความสามารถในการผลิตไฟฟ้าพลังงานของแสงอาทิตย์ และซึ่งจะบันทึกผลการจำลองการทำงานจากโปรแกรมแมตแล็บในทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่ระยะเวลา 09: 00 -17:00 นาฬิกา

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการทำการออกแบบนี้ เป็นการออกแบบเพื่อนำค่าโหลดการใช้งานของโรงสีกำลังการผลิตของระบบพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตให้ได้ โดยทำการออกแบบในทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่เวลา 09:00 - 17:00 นาฬิกา ในการทำการออกแบบนี้ใช้การกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบเปลี่ยนแปลงทุก 30 นาที เพื่อให้เห็นผลที่พลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ในแต่ละเวลาเป็นเวลาทั้งหมด 1 เดือน

4.2 ผลการออกแบบของโหลดและพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ โดยผลการออกแบบของโหลดและพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน ซึ่งการออกแบบเป็นไปตามวัตถุประสงค์จากผลการออกแบบของโหลดและพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีทางด้านการติดตามจุดที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ถูกรวมเข้าไว้ในอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้ใน 65 การทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าให้ได้สูงสุด ทั้งนี้กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่นความเข้มของแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ สภาพแวดล้อม และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์จากผลการออกแบบของโหลดและพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยทางด้านผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมข้าวกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมีการอ้างอิงเปรียบเทียบกับทฤษฎีของโครงการทดลองผลการออกแบบของโหลดและพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 เดือนเห็นได้ว่าวันไหนใช้ปริมาณไฟฟ้าในโรงสีข้าวเยอะและวันไหนที่ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มากผลการออกแบบของโหลดและพลังงานแสงอาทิตย์แสดงรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์และ โหลดการใช้งานของโรงสี

จากรูปที่ 4 ผลของการจำลองการทำงานในระยะเวลา 1 เดือนการจำลองการทำงานในระยะเวลา 1 เดือน จะเป็นการเก็บผลความสามารถในการผลิตพลังงานของแสงอาทิตย์ในทุกๆ 30 นาที และเทียบกับผลการใช้โหลดการใช้งานของโรงสี ชั่วโมงในแต่ละวันเป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งได้ผลดังกราฟแสดงต่อไปนี้

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการพัฒนาแบบจำลองและศึกษาระยะคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงสีข้าวโดยใช้โปรแกรม MATLAB พบว่าใน 1 เดือน ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1874 หน่วย ซึ่งคิดเป็นเงิน 5000 บาท และใน 1 เดือนโรงสีใช้โหลดทางไฟฟ้าทั้งหมด 3011 หน่วยรวมค่าภาษีต่างๆคิดเป็นเงิน 12000 บาท เมื่อนำจำนวนเงินที่ระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตได้มาลบกับจำนวนเงินการใช้โหลดของโรงสีข้าวที่ใช้ในแต่ละวันจะเท่ากับว่าในระยะเวลา 1 เดือนโรงสีข้าวจะต้องจ่ายค่าใช้จ่ายทางด้านการไฟฟ้าที่ 7000 บาท เมื่อนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนโรงสีจะต้องใช้เวลา 10.11 ปี จึงจะคุ้มทุนกับการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Xinyang, Li., Hailin, Tian., Ling, Wang. (2024). Solar Energy and Environmental Sustainability: Cost Benefit Analysis and Ecological Impact Assessment. Highlights in Science Engineering and Technology

[2] นรากร นาเมืองรักษ์ , 2552 , กิจกรรมการจัดการโรงสีข้าวในเขตอำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด , มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3] (2023). Tinjauan singkat optimalisasi pemanfaatan energi surya pada sektor rumah tangga. Jurnal mineral, energi dan lingkungan

[4] K., Soujanya., J., Upendar. (2024). Investigation and Reduction of Harmonic in Grid Connected PV Fed DSTATCOM System. International journal of electrical & electronics research

[5] Gaber, Magdy., Mostafa, Metwally., Adel, A., Elbaset., Esam, Zaki. (2024). Performance Assessment of a Real PV System Connected to a Low-Voltage Grid. Energy Engineering

[6] Boualem, Boukezata., Abdelmadjid, Chaoui., Jean-Paul, Gaubert., Oussama, Boutalbi. (2024). An enhanced control scheme for multifunctional grid connected PV system using fuzzy and predictive direct power control. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics

- [7] Guoqiang, Lü., Chunmeng, Chen., Di, Zhao., Jian, Zhang. (2024). Research on Grid-Connected Active Control Technology of Photovoltaic Power Generation System. *Frontiers in artificial intelligence and applications*
- [8] M., Teresa, Carrillo-Cobo., Emilio, Camacho-Poyato., P., Montesinos., Juan, Antonio, Rodríguez, Díaz. (2014). Assessing the potential of solar energy in pressurized irrigation networks. The case of Bembézar MI irrigation district (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*
- [9] Online: <https://ienergyguru.com> รังสีจากดวงอาทิตย์
- [10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน , 2562 ,การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ , กระทรวงพลังงาน
- [11] Online:<https://www.ecc.eng.kmutnb.ac.th/index.php/2016/12/19 /software-matlab-20161219/> โปรแกรมแมตแล็บ

ระบบแจ้งเตือนความเสี่ยงจากเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในสถาบันการศึกษา

กิริติช สายพัทลุง^{1*}, ศราวุฒิ พุทธิรักษา¹, เชษฐ ติ่งทรงจิตรากุล², ภาสุระ อังกุลานนท์³

¹วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

เลขที่ 9 แจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

²คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

เลขที่ 9 แจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

³วิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เลขที่ 1518 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

* Corresponding Author: keeradit@pnru.ac.th

บทคัดย่อ

การทะเลาะวิวาทระหว่างนักศึกษาในสถาบันการศึกษาเป็นเรื่องที่พบได้บ่อยครั้ง และอาจเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ ความขัดแย้งส่วนบุคคล ความแตกต่างทางวัฒนธรรม ค่านิยม ความเชื่อ หรือพื้นฐานครอบครัว การใช้สารเสพติดหรือแอลกอฮอล์ จนทำให้ขาดสติและควบคุมอารมณ์ไม่ได้ อันเป็นสาเหตุของความรุนแรงในสถาบันการศึกษา ในบางสถาบันยังมีจำนวนของผู้ควบคุมค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยง หรือแม้กระทั่งมีการติดกล้องวงจรปิด ซึ่งเป็นเพียงการบันทึกภาพแต่ไม่สามารถแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดการทะเลาะวิวาท ดังนั้นการนำเทคโนโลยีโมดูลกล้อง ESP32 Cam ที่มีขนาดเล็ก ใช้งานร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการประมวลผลภาพ โดยใช้หลักการนับจำนวน และตรวจสอบใบหน้า พร้อมส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เมื่อเกิดความเสี่ยงของการรวมตัวเกิน 5 คน และมีบุคคลที่มีพฤติกรรมที่ใช้ความรุนแรงเข้ามาในพื้นที่ ทำให้สามารถแจ้งเตือนความเสี่ยงจากเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในสถาบันการศึกษาได้ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าโมดูลกล้อง ESP32 Cam มีความแม่นยำในการตรวจจับจะขึ้นอยู่กับการแยกแยะระหว่างเสื้อผ้าของบุคคล กับพื้นหลังของสถานที่ และการยืนในลักษณะต่าง ๆ โดยหากยืนหน้ากระดานจะสามารถนับจำนวนได้ 10 คน ยืนหน้ากระดานซ้อนกันจะนับได้ 9 คน ยืนตะแคงซ้อนกันจะนับได้ 8 คน โดยค่าสำหรับการวิเคราะห์จำนวนควรเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

คำสำคัญ ระบบแจ้งเตือน ความเสี่ยง ทะเลาะวิวาท อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การประมวลผลภาพ

Student's Quarrelling Risk Notification System in Educational Institution

Keeradit Saipattalung^{1*}, Sarawut Puttaraksa¹, Chet Tangsongjitakul², Pasura Aungkulanon³

¹Smart Electronics and Computer Engineering Faculty of Industrial Technology
Phranakhon Rajabhat University

9 Changwattana Road, Bangkhen Bangkok, Thailand 10220

²Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University

9 Changwattana Road, Bangkhen Bangkok, Thailand 10220

³Materials Handling and Logistics Engineering Faculty of Engineering

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

* Corresponding Author: keeradit@pnu.ac.th

Abstract

Conflicts among students in educational institutions are a common occurrence that can stem from various causes, including personal disagreements cultural differences differing values and beliefs family background disparities substance abuse or alcohol consumption, leading to impaired judgment and loss of emotional control. These factors contribute to violence within educational settings. Some institutions have a relatively low number of supervisors, especially in high-risk areas. Even with CCTV cameras installed, these only record footages and cannot provide real-time alerts for potential conflicts. To address this issue, the implementation of small ESP32 Cam modules integrated with the Internet of Things (IoT) and image processing analysis can be beneficial. This system employs counting principles and facial recognition to send alerts to supervisors via the LINE application when there is a risk of gatherings exceeding 5 people or when individuals exhibiting potentially violent behavior enter the area. This approach enables early warning of potential student conflicts in educational institutions. Testing has shown that the accuracy of the ESP32 Cam module in counting depends on distinguishing between individuals' clothing and the background of the location, as well as various standing positions. When individuals stand in a single row, it can count up to 10 people. In overlapping single rows, it can count up to 9 people. In overlapping sideways positions, it can count up to 8 people. The analysis accuracy should ideally be as close to 1 as possible.

Keywords: Alert system, Risk, Fight, Internet of Things, Image Processing

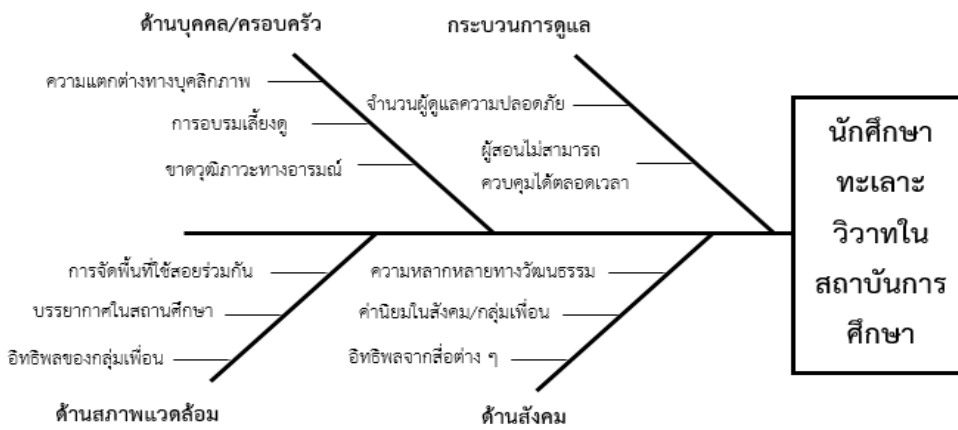
1. บทนำ

การทะเลาะวิวาทเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไปในสถาบันการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา หรือระดับอุดมศึกษา การทะเลาะวิวาทสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความขัดแย้งทางความคิด การแข่งขันในด้านต่าง ๆ ความแตกต่างทางวัฒนธรรมและพื้นฐานครอบครัว รวมถึงปัญหาส่วนตัวของนักเรียนหรือนักศึกษา (สมพร สุทัศน์, 2559) โดยการทะเลาะวิวาทในสถานศึกษาอาจส่งผลกระทบต่อด้านลบต่อสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และความปลอดภัยของนักเรียนหรือนักศึกษารวมถึงครูและบุคลากรทางการศึกษา ที่ส่งผลเสียต่อการพัฒนาทางสังคมและการเรียนรู้ของผู้เรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2562) ในปัจจุบันทุกสถาบันการศึกษามีการออกกฎ ข้อบังคับต่าง ๆ มากมาย เพื่อควบคุม ลดการเกิดการทะเลาะวิวาทภายในสถานศึกษา โดยในบางสถาบันการศึกษาได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการป้องกันการเกิดความรุนแรง เช่น กล้อง CCTV (วัชรชัย คณะ, 2563), (มรุตพงศ์, 2563) เป็นต้น อีกเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้งาน คือ การระบุตัวตนด้วยการประมวลผลภาพ (Image Processing for Identification) เป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิชัน (Computer Vision) เพื่อวิเคราะห์และสกัดข้อมูลจากภาพหรือวิดีโอ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการระบุตัวบุคคลหรือวัตถุต่าง ๆ เทคนิคนี้มีการประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น ระบบรักษาความปลอดภัย การตรวจสอบและควบคุมการเข้าถึงสถานที่สำคัญ และการติดตามบุคคลสำคัญ เป็นต้น โดยกระบวนการระบุตัวตนด้วยการประมวลผลภาพมักประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ประกอบด้วย 1) การรับข้อมูลภาพหรือวิดีโอ 2) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) 3) การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) 4) การสกัดคุณลักษณะใบหน้า (Feature Extraction) 5) การจดจำใบหน้า (Face Recognition) (เจริญ และคณะ, 2564) 6) การระบุตัวบุคคล (Identification) โดยเทคนิคดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาความปลอดภัยและการควบคุมการเข้าถึง โดยช่วยลดความเสี่ยงจากการละเมิดความปลอดภัย และการปลอมแปลงตัวตน (Jain & Li, 2011), (Phillips et al., 2018)

ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่พัฒนาระบบระบบแจ้งเตือนความเสี่ยงจากเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษาภายในสถานศึกษา ซึ่งปัญหาที่พบในสถานศึกษา คือ เมื่อมีการรวมตัวของนักศึกษาและมีแกนนำที่มีพฤติกรรมรุนแรงเข้ามาในพื้นที่ ทำให้มีการยั่วยุกันระหว่างกลุ่มนักศึกษา อันนำไปสู่การเกิดความรุนแรง และการทะเลาะวิวาทของนักศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเทคโนโลยีกล้องขนาดเล็ก ESP32 CAM ที่สามารถประมวลผลในรูปแบบ AI โดยใช้กระบวนการการประมวลผลภาพ (Image Processing) และการสื่อสารไปยังเครือข่ายในรูปแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ซึ่งระบบจะทำการตรวจพื้นที่เสี่ยงโดยวิเคราะห์จำนวนของคน และจดจำใบหน้าของนักศึกษาที่มีพฤติกรรมใช้ความรุนแรง เช่น แกนนำ หรือบุคคลที่เคยใช้ความรุนแรงเข้ามาในพื้นที่ ซึ่งหากมีการรวมตัวของนักศึกษาเกินกว่า 5 คน ขึ้นไป หรือแกนนำเข้ามาในพื้นที่ระบบจะทำการเตือนไปยังผู้ควบคุมดูแลในรูปแบบของข้อความ และภาพ เพื่อลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากการทะเลาะ และป้องกันการเกิดการทะเลาะวิวาท หรือเข้าระงับเหตุได้ทันเวลาที่

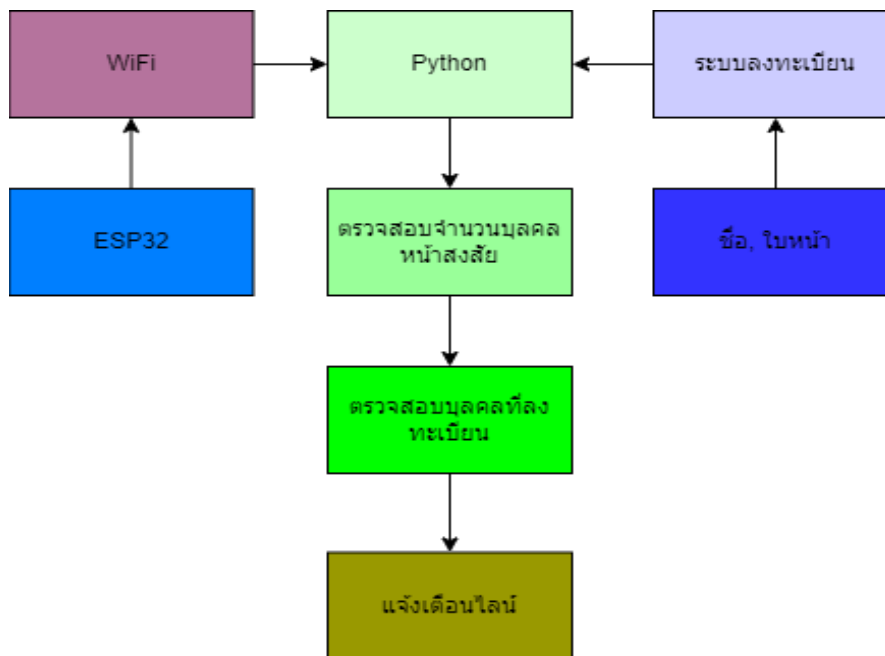
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดในการสร้างระบบแจ้งเตือนความเสี่ยงในการเกิดเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในสถานศึกษา จะใช้ความสามารถของการจำแนกบุคคล และนับจำนวนบุคคลจากภาพ หรือวิดีโอรูปที่อ่านค่าได้ (Detect Object) จากกล้อง ESP32 CAM เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงในการเกิดการทะเลาะวิวาทของนักศึกษา ซึ่งระบบดังกล่าวเกิดจากหลากหลายปัจจัยทั้งด้านบุคคล ครอบครัว กระบวนการดูแล ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม ซึ่งสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิแกงปลา (Fishbone Diagram) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปัจจัยที่ทำให้นักศึกษาทะเลาะวิวาทในสถาบันการศึกษา

การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในสถาบันการศึกษาเป็นเหตุที่เกิดขึ้นได้ง่าย เนื่องจากสถาบันการศึกษามีนักศึกษาจำนวนมาก และอยู่ในวัยที่ศึกษาค้นคว้า ซึ่งทำให้เกิดผลเสียอย่างมากต่อสถาบันการศึกษา ซึ่งทั้งในด้านความเสียหายที่เกิดต่อทรัพย์สินของราชการ ภาพลักษณ์ของสถาบันการศึกษานั้น การบาดเจ็บของนักศึกษา ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นนี้จะลดน้อยลง ก็ต้องมีการแจ้งเตือนก่อนการเกิดเหตุได้ ซึ่งการส่ง รพ. เข้าไปยังพื้นที่เสี่ยงก่อนการเกิดเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษา ดังนั้นจึงมีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วยโมเดลมีเดียไพพ์ เข้ามาช่วยในการเตือนสอบพื้นที่เสี่ยงของสถาบันการศึกษา โดยใช้หลักการเตือนสอบจำนวนนักศึกษาในพื้นที่เสี่ยงว่ามีจำนวนเกินที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งเมื่อมีการรวมตัวของนักศึกษาเกินกว่า 5 คน ขึ้นไประบบจะทำการเตือนไปยังผู้ควบคุมดูแลในรูปแบบของข้อความ และภาพ เพื่อลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากการทะเลาะ และป้องกันการเกิดการทะเลาะวิวาท หรือเข้าระงับเหตุได้ทันทั่วทั้งที่ สามารถเขียนเป็นไดอะแกรมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบได้ดังนี้ โดยระบบจะทำการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1. กล้องตรวจจับภาพขนาดเล็ก (ESP32 CAM) 2. ระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing) 3. ระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 2



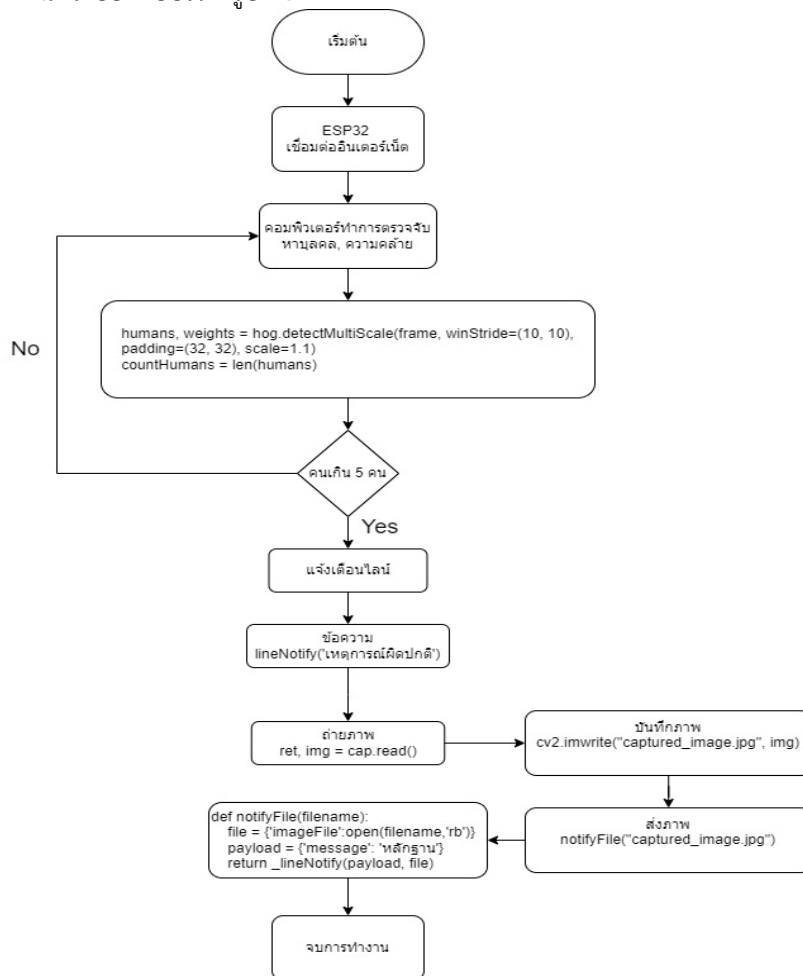
รูปที่ 2 ไดอะแกรมการเชื่อมต่อการทำงานของระบบแจ้งเตือนความเสี่ยงจากเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในสถาบันการศึกษา

จากรูปที่ 2 ระบบจะเริ่มต้นจากการลงทะเบียนเป็นนักศึกษาที่เคยใช้ความรุนแรงภายในสถานศึกษา โดยบันทึกใบหน้า ชื่อ นามสกุล ด้วยการสร้าง GUI จากโปรแกรมจากนั้นรออินพุตภาพจาก ESP32 CAM ส่งข้อมูลผ่าน WiFi ไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลบนโปรแกรม Python โดยระบบจะทำการตรวจสอบจำนวนบุคคล และตรวจใบหน้าแกนนำ หากจำนวนเกินกว่า 5 คน และมีแกนนำในพื้นที่เฝ้าระวัง ระบบจะทำการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ทันที

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมข้อมูลให้กับระบบ

ระบบจะอาศัยความสามารถในการบันทึกวิดีโอของ ESP32 CAM ซึ่งเป็นโมดูลกล้องที่มีขนาดเล็ก ประหยัดพลังงาน สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งข้อมูลไปทำการประมวลผลบนโปรแกรม Python ที่ได้พัฒนาไว้เพื่อตรวจสอบเงื่อนไข แยกแยะ นับจำนวน ตามที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งยังสามารถส่งข้อความเตือนหากเกิดความเสียหาย ซึ่งกระบวนการจะทำตามผังงานที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังงานของระบบ

จากรูปที่ 3 ระบบจะเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับ ESP32 CAM ซึ่งเป็นโมดูลกล้องขนาดเล็กที่ใช้พลังงานต่ำ ใช้ชิป ESP32 มาพร้อมกับกล้อง OV2640 และมีช่องเสียบ SD Card ในตัว สามารถเชื่อมต่อ WiFi+Bluetooth เพื่อการควบคุมระยะไกลได้ โดยการใช้งาน ESP32-CAM สำหรับการตรวจสอบและจดจำใบหน้าโดยใช้ AI และแม้กระทั่งทำเป็นกล้องวงจรปิด โดย ESP32 CAM จะทำ

การส่งภาพไปยัง URL ของคอมพิวเตอร์ในวงเดียวกัน จากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบว่าตรวจพบบุคคล และแยกแยะใบหน้า พร้อมนับจำนวนการรวมตัวของนักศึกษา โดยทำการวาดกล่องรอบบุคคล หากตรวจพบจำนวนเกินกว่าที่กำหนดที่ 5 คน ระบบจะถ่ายภาพส่งไปยังผู้ดูแลเพื่อพิจารณาความเสี่ยงของการเกิดการทะเลาะวิวาท เพื่อส่ง รปภ. หรือผู้ดูแลในพื้นที่เข้าพื้นที่ก่อนการเกิดเหตุทะเลาะวิวาทได้

3.2 พื้นที่จัดเก็บข้อมูล

พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบคือบริหารที่นักศึกษาใช้ในการรวมตัวกันในแต่ละจุดของสถานศึกษา โดยพื้นที่ติดตั้ง ESP32 CAM จะติดตั้งไว้ด้านหน้าของซุ้มของนักศึกษา เพื่อตรวจสอบพฤติกรรม

3.3 การเตรียมอุปกรณ์

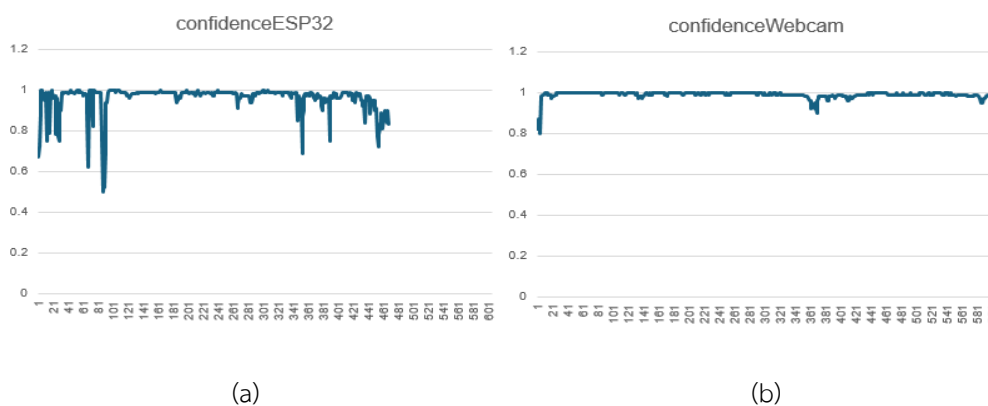
อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบประกอบด้วย ESP32 CAM แหล่งจ่ายไฟให้กับบอร์ด WiFi ซึ่งใช้ในการส่งข้อมูลภายในวงแลนของสถานศึกษา

3.4 แนวทางการพัฒนา

แนวทางในการพัฒนาระบบในอนาคตจะเป็นการปรับปรุงกล่องให้ความชัดขึ้น และระบบประมวลผลที่มีความรวดเร็วขึ้น เช่น บอร์ด Raspberry Pi เป็นต้น

4. ผลการวิจัย

1. การทดสอบการระบุตัวตนด้วยกล้อง ESP32 CAM กับ กล้องเว็บแคม ซึ่งทำการทดสอบด้วยกันบันทึกภาพแบบเวลาจริง (Real time) จากนั้นทำการส่งไฟล์ไปประมวลผลโดยทำการตัดภาพเป็นเฟรม จากนั้นทำการวิเคราะห์ใบหน้า และนับจำนวน ซึ่งการวิเคราะห์นั้นค่าที่ได้ต้องเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ถึงจะสามารถวิเคราะห์ใบหน้า และนับจำนวนได้ ดังรูป 4



รูปที่ 4 การทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากภาพด้วยกล้องเว็บแคม

จากรูปที่ 4(a) กราฟแสดงค่าความถูกต้องในการจับภาพใบหน้าในแต่เฟรม โดยกล้อง ESP32 CAM ซึ่งสามารถตัดภาพเป็นเฟรมได้ทั้งสิ้น 467 เฟรม จากไฟล์วิดีโอ 20 วินาที จากรูปที่ 4(b) กล้องเว็บแคม ซึ่งสามารถตัดภาพเป็นเฟรมได้ทั้งสิ้น 605 เฟรม จากไฟล์วิดีโอ 25 วินาที โดยรูปที่ได้จากกล้องเว็บแคมสามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องมากกว่า เนื่องจากค่าความถูกต้องเข้าใกล้ 1 มากกว่ารูปที่ได้จากกล้อง ESP32 CAM

2. การทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากภาพผ่านกล้องเว็บแคม ซึ่งเป็นการตรวจสอบโดยการนำกล้องเว็บแคมตรวจจับรูปภาพนักวิ่งจำนวน 7 คน ดังรูปที่ 5(a) และการทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากภาพผ่าน ESP32 CAM ซึ่งเป็นการตรวจสอบโดยการนำกล้อง ESP32 CAM ตรวจจับรูปภาพนักวิ่งจำนวน 7 คน ดังรูปที่ 5(b)



(a)

(b)

รูปที่ 5 การทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากภาพ

จากรูปที่ 5(a) การทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากภาพผ่านกล้องเว็บแคมตรวจนับจำนวนคนได้ 7 คน ซึ่งจะเห็นได้จากผลที่แสดงด้านล่างของภาพ ซึ่งจะระบุว่าตรวจวัดได้ 7 คน พร้อมระบุความใกล้เคียงอยู่ที่ 0.9927 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งทำให้มีความเชื่อถือได้ในการนับจำนวนคนจากรูปภาพด้วยกล้องเว็บแคม และจากรูปที่ 5(b) การทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากภาพผ่าน ESP32 CAM ซึ่งจะเห็นได้จากผลที่แสดงด้านล่างของภาพ ซึ่งจะระบุว่าตรวจวัดได้ 6 คน พร้อมระบุความใกล้เคียงอยู่ที่ 0.8779 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าจำนวนคนที่มีในภาพจำนวน 1 คน ซึ่งเกิดจากความละเอียดของกล้องที่ไม่สามารถวัดคนที่ใส่ชุดสีแดง ซึ่งมีความใกล้เคียงกับพื้นหลังของภาพได้ ESP32 CAM และสามารถตรวจจับใบหน้าได้ที่ระยะห่างไม่เกิน 1.55 เมตร

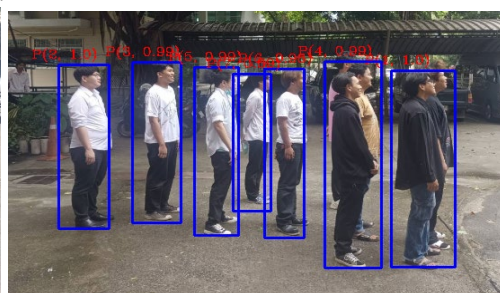
3. การทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากวิดีโอผ่าน ESP32 CAM ซึ่งเป็นการตรวจสอบโดยการนำกล้อง ESP32 CAM ตรวจจับรูปภาพนักศึกษาจำนวน 10 คน โดยมีรูปแบบการตรวจนับ ประกอบด้วย 1. ยืนเป็นหน้ากระดาน 2. ยืนซ้อนกันแบบหน้ากระดาน 3. ยืนซ้อนกันแบบตะแคง ดังรูปที่ 6



(a)



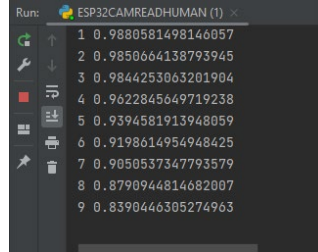
(b)



(c)

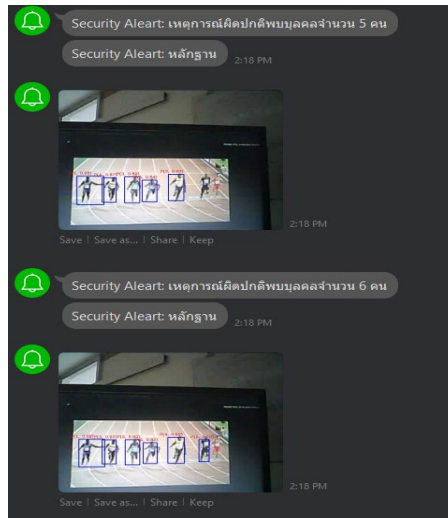
รูปที่ 6 การทดสอบการตรวจนับจำนวนคนจากวิดีโอผ่าน ESP32 CAM

จากรูปที่ 6 ESP32 CAM ตรวจนับจำนวนคนได้ 10 คน ซึ่งจะเห็นได้จากผลที่แสดงด้านล่างของภาพ ซึ่งจะระบุว่าตรวจวัดได้ 10 คน พร้อมระบุความใกล้เคียงอยู่ที่ 0.938 จากเต็ม 1 ซึ่งทำให้มีความเชื่อถือได้ในการนับจำนวนคนจากรูปภาพด้วย ESP32 CAM ซึ่งจะเห็นได้ว่า หากยืนแบบหน้ากระดานจะสามารถตรวจนับได้ครบทั้ง 10 คน ดังภาพที่ 6(a) แต่หากยืนซ้อนกันแบบหน้ากระดาน จะสามารถตรวจนับได้ครบทั้ง 9 คน ดังภาพที่ 6(b) และยืนซ้อนกันแบบตะแคง จะสามารถตรวจนับได้ครบทั้ง 8 คน ดังภาพที่ 6(c) ซึ่งลักษณะค่าในการตรวจนับจำนวนบุคคล ค่าที่จะนับบุคคลได้ต้องเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ดังภาพที่ 7



รูปที่ 7 ผลการตรวจนับจำนวนคนจากวิดีโอผ่าน ESP32 CAM

5. การทดสอบการตรวจนับและแจ้งเตือน เมื่อมีการชุมนุมของนักศึกษาเกินกว่า 5 คนไปยังมือถือของผู้ดูแลความเรียบร้อยในแต่ละพื้นที่ผ่าน ESP32 CAM ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การตรวจนับและแจ้งเตือน เมื่อมีนักศึกษาเกินกว่า 5 คนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

จากรูปที่ 8 เป็นการตรวจนับและแจ้งเตือนเมื่อในพื้นที่เสี่ยงมีจำนวนคน หรือนักศึกษาอยู่ในพื้นที่เกินกว่า 5 คน ระบบจะทำการถ่ายภาพและแจ้งไปยังผู้ดูแลในพื้นที่นั้น ๆ เพื่อทำการตรวจสอบพื้นที่ หรือส่งเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยเข้าไปในพื้นที่เสี่ยงเพื่อป้องกันการเกิดเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษา

5. สรุปและอภิปรายผล

ระบบแจ้งเตือนความเสี่ยงในการเกิดเหตุทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในสถานบันการศึกษา เป็นประยุกต์ใช้กล้องขนาดเล็กด้วยโมดูล ESP32 Cam ร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อตรวจสอบความเสี่ยงที่นักศึกษาจะก่อเหตุทะเลาะวิวาทในสถานบันการศึกษา ซึ่งจากการทดสอบพบว่า การตรวจจับใบหน้า และนับจำนวนของนักศึกษาในพื้นที่เสี่ยงของกล้องเว็บแคมสามารถถ่ายภาพได้ชัดเจนกว่าโมดูล ESP32 Cam โดยการนับจำนวน ซึ่งหากนับจำนวนในระนาบหน้ากระดานและไม่ซ้อนกันของคนจะ

สามารถนับจำนวนได้ถูกต้องที่สุด และการนับจำนวนเกิดความผิดพลาดผ่านโมเดลมีเดียไพพ์ โดยค่าที่จะทำให้การแยกแยะเกิดความถูกต้องมากที่สุดคือค่าความเหมือนเข้าใกล้ 1 มากที่สุด แต่เมื่อนำโมดูล ESP32 Cam ไปใช้งานจริงโมดูลดังกล่าวสามารถใช้งานได้ดี และไม่ใช่ว่าเป็นจุดเด่นในนักศึกษาสังเกตเห็น พร้อมทั้งสามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลได้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

สมพร สุทัศน์ีย์. (2559). การป้องกันและแก้ไขปัญหาการทะเลาะวิวาทในสถานศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2562). แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาการทะเลาะวิวาทในโรงเรียน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2563). คู่มือการจัดการความขัดแย้งและการทะเลาะวิวาทในสถาบันอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การค้ำของครุสภา.

วัชรชัย ครอบใจ, วันชัย วุฒิชัย, สิงห์ชอม พุศจิกภาพรณ์, ปัญญาคม จันทพูน, พุกษา ตั้งกิจวนิชกุล, ธนพร กะนะหวางค์, ธวัชชัย กัญญาพันธ์ และณัฐธรรณท์ สีฟ้า. (2563). การพัฒนาระบบห้องติดตามสถานการณ์และการขับเคลื่อนเครือข่ายความปลอดภัยทางถนน โดยใช้ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) ก้าวสู่เมืองวารินถนนปลอดภัย เทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 10. 18(2). หน้า 85-102.

มรุตพงศ์ วิเชียรศรี และศศิภัทรา ศิริวาโท. (2563). การใช้กล้องวงจรปิด CCTV เพื่อลดปัญหาอาชญากรรม กรณีศึกษาพื้นที่จังหวัดนนทบุรี. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี ๒๕๖๓. หน้า 936-945.

เจริญ รุ่งกลิ่น, ศุภกร โพธิ์รุักษ์ และณัฐพล ผลระย้า. (2564). การพัฒนาระบบเปิดประตูด้วยระบบจดจำใบหน้า. การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 12. ในวันศุกร์ที่ 25 มิถุนายน 2564. หน้า 1646-1659.

Jain, A. K., & Li, S. Z. (2011). Handbook of face recognition (2nd ed.). Springer.

Phillips, P. J., Wechsler, H., Huang, J., & Rauss, P. J. (2018). The FERET database and evaluation procedure for face-recognition algorithms. Image and Vision Computing, 16(5), 295-306.
[https://doi.org/10.1016/S0262-8856\(97\)00070-X](https://doi.org/10.1016/S0262-8856(97)00070-X)

Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. Digital Image Processing Third Edition. Pearson Education, Inc., pp.738-761, 2008.

Ravishankar Chityala and Sridevi Pudipeddi. Image Processing and Acquisition using Python. CRC Press, Taylor & Francis Group, pp.139-163, 2014.

สมเกียรติ อุดมทรรษากุล. การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น. สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด. หน้า 122-134, 2554.

การออกแบบและวิเคราะห์คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพีไอคอนโทรลเลอร์ สำหรับหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์

สุวัชรีย์ พ่วงขาวสวน¹, เอกรัฐ ชะอุ่มเอียด², เดือนแรม แพ่งเกี้ยว^{2*}, อุเทน คำนาน¹,
อนนท์ นานอิน¹, บุญญฤทธิ์ ทองคง², ปฏิพัทธ์ จันทราสว่าง², กานต์ดิศ ทองเถาว์² และ ธเนศ ศรีพรม¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

² ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
52 หมู่ที่ 7 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

*E-mail: duanraem@rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 0956422229

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและวิเคราะห์คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวควบคุมแบบพีไอ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่สำหรับจ่ายให้แก่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ ซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาด 250 วัตต์ และใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 40 Ah ออกแบบและจำลองการทำงานบนซอฟต์แวร์ MATLAB Simulink จากผลการทดลอง พบว่า การควบคุมด้วยสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM) และการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบพีไอ (Proportional Integral; PI) ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวใกล้เคียงกัน คือ 0.03 วินาที และ 0.02 วินาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแรงดันเกิน พบว่า วงจรคอนเวอร์เตอร์ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบพีไอมีขนาดของแรงดันเกินน้อยกว่า 39% เมื่อเทียบการควบคุมด้วยสัญญาณพัลส์ และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนรอบการทำงานของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ พบว่า การใช้คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพีไอสามารถช่วยเพิ่มจำนวนรอบที่แม่นยำในการทำงานได้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้วิธีการออกแบบและควบคุมคอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้า (วงจรบูสคอนเวอร์เตอร์) ที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสามารถยกระดับแรงดันจากแบตเตอรี่ให้คงที่และเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งวิธีการที่นำเสนอยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้าอื่นๆ ได้

คำสำคัญ: คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดัน การควบคุมแบบพีไอ แรงดันเกิน MATLAB Simulink

Design and analysis of a DC-DC voltage converter using a PI controller for a seed drying robot

Suwatchari Phuangchaosuan¹, Accarat Chaoumead², Duanraem Phaengkio^{2*},
Uthen Kamnan¹, Anon Namin¹, Bunyarit Thongkhong², Patipat Juntraswang²,
Kandit Thongthao² and Thanet Sriprom¹

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai
128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang District, Chiang Mai Province

²Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok
52 Bankrang, Mueang District, Chiang Rai, Thailand, 57120

*E-mail: duanraem@rmutl.ac.th, Telephone : 0956422229

Abstract

This research presents the design and analysis of a DC-DC boost converter with a proportional integral controller (PI Controller). The objective is to step up the voltage from a battery to supply a 250-watt DC motor for a seed drying robot. The power source is a 12-volt, 40 Ah battery. The design and simulation were conducted using MATLAB Simulink software. The experimental results show that both Pulse Width Modulation (PWM) control and PI controller control reach a steady state in approximately 0.03 seconds and 0.02 seconds, respectively. When considering voltage overshoot, the PI-controlled converter circuit exhibits 39% less overshoot compared to the PWM-controlled one. Furthermore, the comparison of the operating cycles of the seed drying robot reveals that the use of the DC-DC boost converter with a PI controller enhances the precision of the operating cycles. Therefore, it can be concluded that the proposed design and control method for the boost converter circuit is effective in maintaining a stable voltage from the battery and improving the accuracy of the seed drying robot's operation. Moreover, the proposed method can be applied to enhance the performance of other electrical systems as well.

Keywords: Boost converter, PI Control, Overshoot, MATLAB Simulink

1. บทนำ

การออกแบบระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้สำหรับหุ่นยนต์เพื่อการเกษตรถือเป็นหัวข้อวิจัยที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเทคโนโลยีหุ่นยนต์สามารถช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนแรงงาน และเพิ่มความแม่นยำในการทำงานทางการเกษตรได้อย่างมีนัยสำคัญ (Bochtis & Sørensen, 2021) อุปกรณ์หลักในการทำงานของหุ่นยนต์ดังกล่าว คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เสถียรและแม่นยำเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ผ่านมามีการพัฒนาและออกแบบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับใช้เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าอินพุตให้ถึงระดับแรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ใช้งาน เมื่อมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่คงที่หรือลดระดับแรงดันลง เช่น แหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบเตอร์ เป็นต้น (Poojavarshini et al., 2021) ที่ผ่านมามีการออกแบบและพัฒนางจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ควบคุมแบบพีไอ (Proportional Integral Control; PI) และการควบคุมแบบพีไอดี (Proportional Integral Derivative Control; PID) สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (สมบัติ และคณะ, 2559) ซึ่งวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพสำหรับการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าอินพุตให้ถึงระดับที่ต้องการสำหรับมอเตอร์ เพื่อให้มั่นใจถึงประสิทธิภาพที่สม่ำเสมอแม้ว่าแหล่งจ่ายไฟจะแปรผันก็ตาม การประยุกต์ใช้ตัวควบคุม PI ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยการรักษาแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้คงที่ (Faraj et al., 2020) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบและการใช้งานวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมโดย PI ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ วัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่เสถียร และปรับปรุงการตอบสนองแบบไดนามิกภายใต้สภาวะโหลดที่แตกต่างกัน การออกแบบที่นำเสนอนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการเกษตรที่มีความแม่นยำ ปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ ด้วยการจัดการกับความท้าทายเหล่านี้ เดิมทีมีการศึกษาและพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับการตากเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบอัตโนมัติ ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก ในรูปแบบการเดินของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบอัตโนมัติ จากการทดสอบทำให้เห็นถึงปัญหาของการจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ จากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์ ส่งผลให้เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ลดลง ทำให้มอเตอร์ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ มุมมองในการศึกษาไม่เป็นไปตามการออกแบบทำให้หุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ข้าวขาดความแม่นยำ (เกษมศักดิ์ และคณะ, 2021) ซึ่งการออกแบบและวิธีการควบคุมเป็นส่วนสำคัญและการควบคุมด้วยพีไอทำให้ระบบสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว (Zhang et al., 2021)

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบทาบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC converter) สำหรับใช้กับมอเตอร์หุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับแรงดันจากแบตเตอรี่ให้คงที่และเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ โดยออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอบนซอฟต์แวร์ MATLAB Simulink ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถช่วยลดเวลาการคำนวณและต้นทุนได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

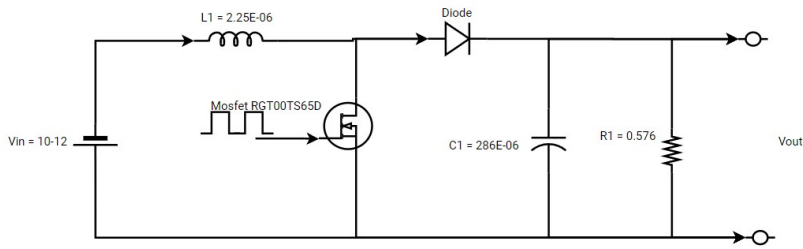
ในการทำวิจัยการการออกแบบและวิเคราะห์คอนเวอร์เตอร์แบบทาบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพีไอคอนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล โดยมีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะแยกเป็นหัวข้อตามลำดับต่อไปนี้

2.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

2.2 ตัวควบคุมแบบ PI

2.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

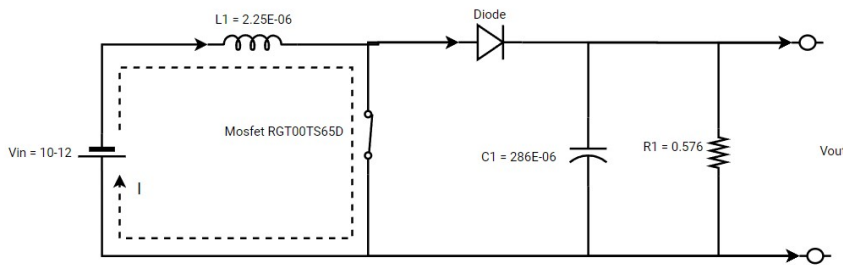
วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ คือ วงจรคอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่ยกแรงดันไฟฟ้า มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ มอสเฟต ไดโอด ตัวเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ (C) โดยในงานวิจัยนี้ใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์ควบคุมการตัดต่อวงจร ไดโอดทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้า (Laoprom, & Tunyasirirut, 2020; Reddy et al., 2023) แสดงลักษณะวงจรดังรูปที่ 1 เมื่อสวิตช์ตัดวงจรตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่กรองแรงดันเอาต์พุตให้เรียบขึ้น และตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่สะสมพลังงานและจ่ายพลังงานในช่วงที่สวิตช์ปิด (Turn-off switch) และสวิตช์เปิด (Turn-on switch) แสดงดังรูปที่ 2 (ก) และรูปที่ 1 (ข) ตามลำดับ



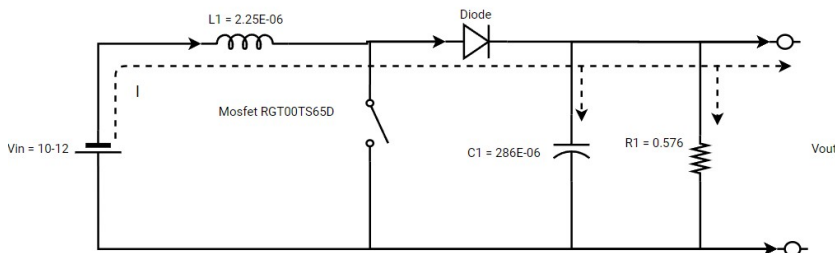
รูปที่ 1 วงจรบูสคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ MOFET

- โหมดสวิตช์เปิด (Mode Switch On) เริ่มต้น ที่ $t=0$ s พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_{in}) จะจ่ายให้ไปสะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำในระยะเวลาหนึ่งในช่วงเวลาที่สวิตช์เปิด (Switch On) อยู่โดยแรงดันไฟฟ้าที่ตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (V_{in})
- โหมดสวิตช์ปิด (Mode Switch Off) เริ่มต้นที่ $t=t_1$ พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_{in}) และพลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำ จะถูกส่งมาไปยังโหลดโดยพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวเหนี่ยวนำเกิดจากการคายพลังงานไฟฟ้าของตัวเหนี่ยวนำ หลังจากที่ได้สะสมพลังงานไว้ในช่วงเวลาที่ทำงานในโหมดสวิตช์เปิด (Mode Switch On) และจากการที่โหลดได้รับพลังงานไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายและการคายพลังงานของตัวเหนี่ยวนำนี้นำส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต (Output) มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Input)

จากการทำงานของวงจรทั้ง 2 โหมดนี้ทำให้เห็นได้ชัดว่าวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) จะมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดอยู่ตลอดเวลาถึงแม้ว่าจะมีบางส่วนที่สวิตช์ไม่ได้ทำงานก็ตาม



(ก) โหมดสวิตช์ปิด

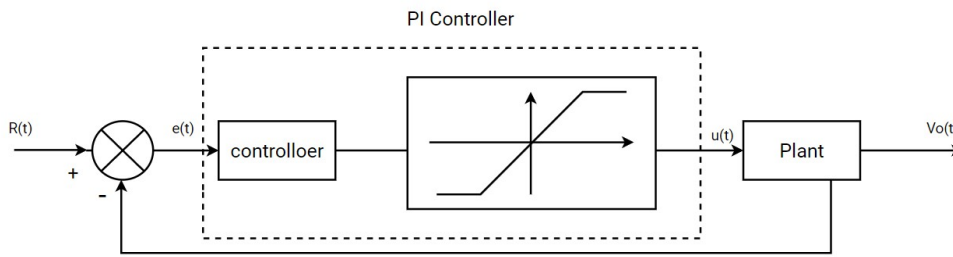


(ข) โหมดสวิตช์เปิด

รูปที่ 2 โหมดการทำงานของวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์

2.2 ตัวควบคุมแบบ PI

วิธีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพและถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานควบคุมทางวิศวกรรม คือ ตัวควบคุมแบบ PI โดยตัวควบคุมดังกล่าวจะคำนวณค่าความผิดพลาดซึ่งเป็นผลต่างระหว่างตัวแปรกระบวนการที่วัดได้และค่าเซตพอยต์ที่ต้องการ คอนโทรลเลอร์พยายามลดข้อผิดพลาดโดยการปรับกระบวนการผ่านการใช้ตัวแปรที่ถูกจัดการ (Özdemir & Erdem, 2018) รูปที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุม PI



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุม PI

เมื่อรับสัญญาณ $u(t)$ จะสร้างเอาต์พุต $Vo(t)$ ที่แก้ไขแล้ว ซึ่งจะถูกรับเทียบอีกครั้งกับสัญญาณอ้างอิงจนกระทั่งถึงระดับที่ต้องการ ผลของการควบคุมตามสัดส่วนอินทิกรัลและอนุพันธ์ต่อระบบวงปิด (Close Loop) ตัวควบคุม PI จะถูกปรับด้วยตนเองโดยการตั้งค่า K_i เท่ากับศูนย์ ค่าของ K_p ได้รับการปรับด้วยตนเองซึ่งมีแนวโน้มมากที่สุดที่จะเป็น Quarter Amplitude Decay (QAD) เพื่อกำจัดข้อผิดพลาดระหว่างจุดตั้งค่าและตัวแปรกระบวนการในทันที ตัวควบคุม PI จะทำให้แน่ใจว่าบัสต์คอนเวอร์เตอร์ส่งแรงดันไฟฟ้าเพียงพอให้กับโหลด โดยการเพิ่มค่า K_i ของระบบจนถึงออฟเซตจะทำให้เวลาที่เพิ่มขึ้นของระบบลดลง (Yanarates & Zhou, 2022) อย่างไรก็ตามระบบจะไม่เสถียรและโอเวอร์ชูตจะเพิ่มขึ้น ต้องปรับค่า K_i ในปริมาณที่กำหนดเพื่อให้แน่ใจว่าระบบทนต่อการเกินกำหนดในขณะที่ลดเวลาในการตกตะกอนและรักษาเสถียรภาพ ซึ่งแสดงดังสมการที่ (5)

$$u(t) = K_p(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (5)$$

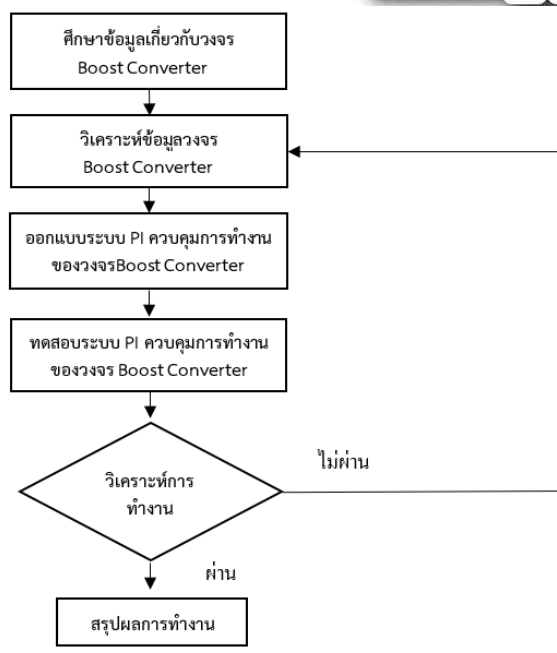
ในงานวิจัยนี้ การจำลองวงจรและการออกแบบตัวควบคุมทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB Simulink เปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตคงที่เพื่อสร้างข้อผิดพลาด หลังจากนั้นข้อผิดพลาดจะเชื่อมต่อกับบล็อก PI และนำเอาต์พุตไปเปรียบเทียบกับสัญญาณพื้นเลื้อยเพื่อสร้างรอบการทำงานที่เทียบเท่าซึ่งใช้ในการทำงานอุปกรณ์สวิตช์ของคอนเวอร์เตอร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์กระแสตรงสำหรับจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งทำการออกแบบค่าพารามิเตอร์และจำลองการทำงานของวงจรดังกล่าวบนโปรแกรม MATLAB Simulink โดยประยุกต์ใช้ตัวควบคุม PI สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยการรักษาแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้คงที่ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังนี้

3.1 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

การจัดทำวิจัยนี้เป็นการจัดทำเกี่ยวกับการออกแบบและวิเคราะห์คอนเวอร์เตอร์แบบทบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยฟิโคโนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ โดยมีลำดับขั้นตอนการดำเนินโครงการซึ่งสามารถอธิบายเป็นผังงานได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนการดำเนินงานวิจัย

3.2 การออกแบบค่าพารามิเตอร์วงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

โดยการออกแบบการคำนวณนั้น ใช้โหมดกระแสต่อเนื่องกำหนดความถี่ของสวิตช์ (f) 20 kHz ค่าการออกแบบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของกระแสและแรงดันเอาต์พุต ค่าดิวตี้ไซเคิล (D) ค่าตัวเหนี่ยวนำ (L) และค่าตัวเก็บประจุ (C) (รุ่งวิษา, 2565; Jaber, 2021) คำนวณค่าได้ตามสมการที่ (1-4) ในการออกแบบค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ ขนาด แรงดันอินพุต 10 โวลต์ และแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ เพื่อใช้กับโหลดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ 250 วัตต์ แสดงผลการออกแบบค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 1

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} \quad (1)$$

$$L_{min} \geq \frac{D(1-D)^2 R}{2f_0} \quad (2)$$

$$C_{out} \geq \frac{DV_{out}}{Rf_0\Delta V_{out}} \quad (3)$$

$$R = \frac{P}{I^2} \quad (4)$$

โดยที่	V_{in}	คือ	แรงดันไฟฟ้าอินพุต, V
	L_1	คือ	ตัวเหนี่ยวนำ, H
	D_1	คือ	ดิวตี้ไซเคิล
	M_1	คือ	มอสเฟส
	C_1	คือ	ตัวเก็บประจุ, F
	R_1	คือ	ตัวต้านทาน, Ω
	V_{out}	คือ	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต, V
	F_0	คือ	ค่าความถี่, Hz

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์จากการออกแบบของวงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

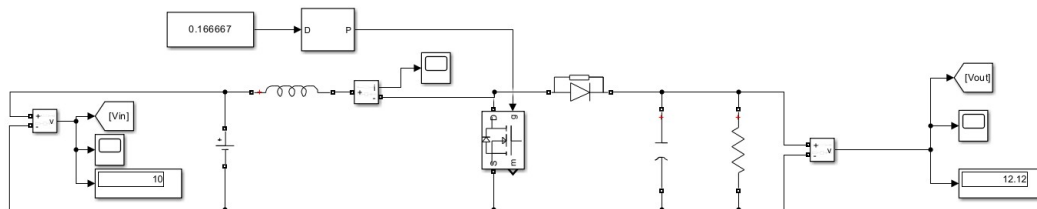
พารามิเตอร์	ขนาด
ความถี่การสวิตช์ (f)	20 kHz
ดิวตี้ไซเคิล (D)	0.0166667
การเหนี่ยวนำ (L)	2.25 uH
คาปาซิเตอร์ (C)	868.0556 uF

3.3 การจำลองวงจรและออกแบบตัวควบคุมบนซอฟต์แวร์ Matlab Simulink

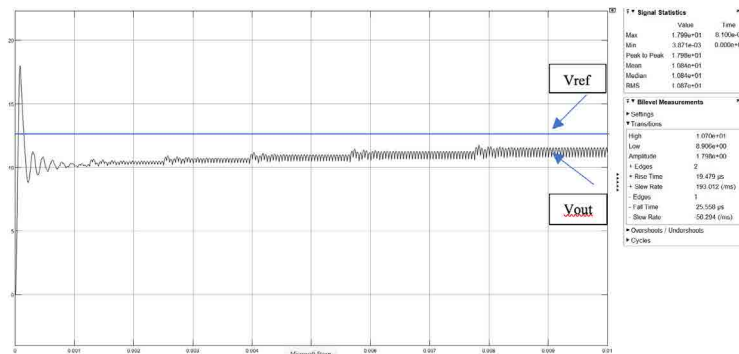
การจำลองวงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์ (อัครกิตตี้ และคณะ, 2021) ประกอบด้วยบล็อกกำเนิดสัญญาณพัลส์ ดีซี โวลเตจ-ซอร์ส ตัวเหนี่ยวนำ มอสเฟต ไดโอด ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทาน และออสซิลอสโคป ดังรูปที่ 5

3.3.1 วงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์ที่พิกัดแรงดัน 12 โวลต์

จากค่าพารามิเตอร์สำหรับวงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์ที่พิกัดแรงดัน 12 โวลต์ ในตารางที่ 1 ทำการจำลองวงจรบนซอฟต์แวร์ Matlab Simulink (Gopal & Selvan, 2020) ค่าดิวตี้ไซเคิลสัญญาณชั้บเกต 16.6667 เปอร์เซ็นต์ แรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ แสดงลักษณะสัญญาณแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ ดังรูปที่ 6



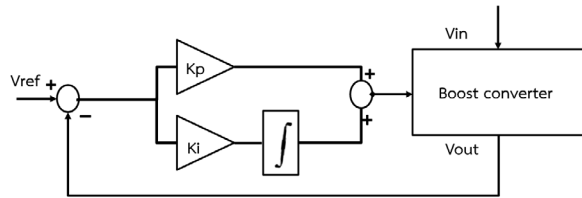
รูปที่ 5 วงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์ที่พิกัดแรงดัน 12 โวลต์



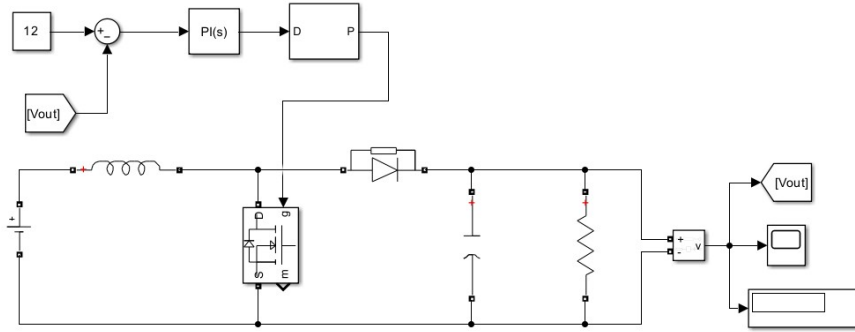
รูปที่ 6 ลักษณะสัญญาณแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์

3.3.2 การออกแบบตัวควบคุม PI สำหรับวงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์

การออกแบบตัวควบคุม PI สำหรับวงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์ ทำการจำลองบนซอฟต์แวร์ Matlab Simulink (Farhani et al., 2020; Barkhordarian, 1996; Langpoklakpam, 2022) ดังรูปที่ 7 โดยปรับจูนค่า K_i และ K_p ด้วยวิธีการลองผิดลองถูก (Trial and error) ซึ่งพิจารณาจากค่าแรงดันเกิน (Overshoot) และเวลา (Rise time) ที่มีค่าน้อยที่สุดเมื่อทำการทดสอบในช่วงแรงดันขนาด 10-12 โวลต์ และแสดงการจำลองการทำงานทั้งระบบดังรูปที่ 8 ประกอบด้วย ภาคการควบคุมแบบพีไอโดยทำการวัดแรงดันเอาต์พุตของวงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์ เปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง 12 โวลต์ เพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์ของวงจรบวกรวมคอนเวอร์เตอร์ ให้มีแรงดันเอาต์พุตคงที่



รูปที่ 7 วงจรบรูสคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PI



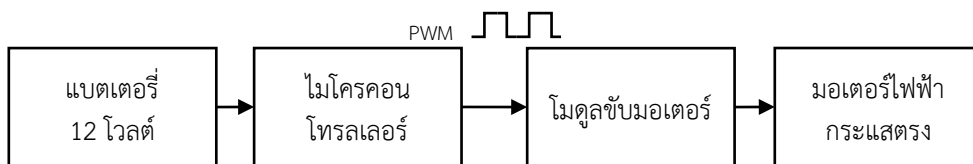
รูปที่ 8 การจำลองวงจรบรูสคอนเวอร์เตอร์โดยใช้ตัวควบคุม PI บนซอฟต์แวร์ MATLAB Simulink

3.4 การทำงานของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์

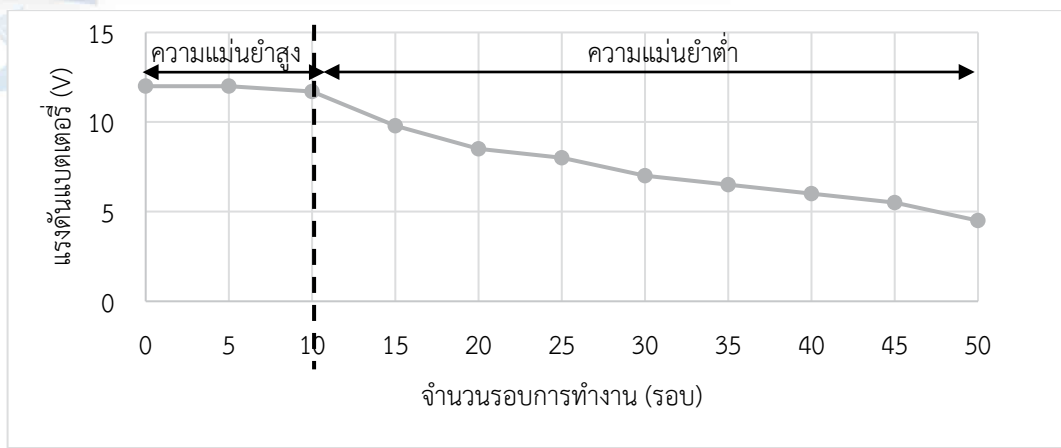
จากการควบคุมการทำงานหุ่นยนต์สำหรับการตากเมล็ดพันธุ์ควบคุมแบบอัตโนมัติ (เกษมศักดิ์ และคณะ, 2021) แสดงบล็อกไดอะแกรมของการทำงานหุ่นยนต์สำหรับการตากเมล็ดพันธุ์ควบคุมแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 9 และผลการวัดการใช้พลังงานของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ดังตารางที่ 2 ระบบรับแรงดันจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยควบคุมด้วยสัญญาณ PWM เมื่อหุ่นยนต์ทำงานไป 10 รอบการทำงาน ระดับแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ลดลง ส่งผลให้ความแม่นยำของมอเตอร์ลดลง แสดงข้อมูลดังรูปที่ 10

ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดการใช้พลังงานของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์

คุณลักษณะของแหล่งจ่าย	หน่วย
กระแสแบตเตอรี่ (A)	40.0
แรงดันแบตเตอรี่ (V)	13.20
ค่า CCA ของแบตเตอรี่	370
เวลาการทำงานสถานะไม่มีโหลดต่อรอบ (นาท)	7
กระแสขณะใช้งานไม่มีโหลด (A)	4.27
ค่าพลังงานต่อรอบ (W)	58.61

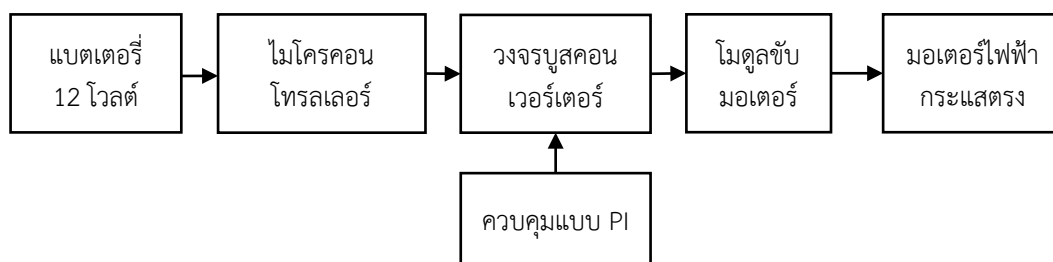


รูปที่ 9 บล็อกไดอะแกรมของการทำงานหุ่นยนต์สำหรับการตากเมล็ดพันธุ์ควบคุมแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 10 การทำงานของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ใช้การควบคุมแบบ PWM

จากข้อมูลข้างต้น จึงออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้าเพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่สำหรับหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์แบบอัตโนมัติ แสดงบล็อกไดอะแกรมของการใช้คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้าที่แสดงด้วยตัวควบคุมแบบ PI ดังรูปที่ 11 โดยการใช้คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้าที่แสดงด้วยตัวควบคุมพีไอ เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าที่จากแบตเตอรี่ สำหรับจ่ายให้มอเตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าที่แสดงสำหรับหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 11 บล็อกไดอะแกรมของการใช้คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้าที่แสดงด้วยตัวควบคุมแบบ PI

4. ผลการออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้าที่แสดงด้วยตัวควบคุมแบบ PI

4.1 ผลการปรับจูนค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม PI สำหรับวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

การจำลองการทำงานของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์โดยใช้ตัวควบคุมแบบ PI บนซอฟต์แวร์ MATLAB Simulink แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองนี้ดังตารางที่ 3 และจากแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์เมื่อทำงานแบบวงรอบปิด ได้ค่า K_p เท่ากับ $1e-12$ และค่า K_i เท่ากับ 10 สำหรับแรงดันเอาต์พุตที่ต้องการ 12 โวลต์ ในกรณีนี้ที่ K_p และ K_i เปลี่ยนแปลงมีค่าสูงขึ้นผลตอบสนองของระบบจะมีแรงดันเกิน (Overshoot) และเกิดการแกว่งมากขึ้น

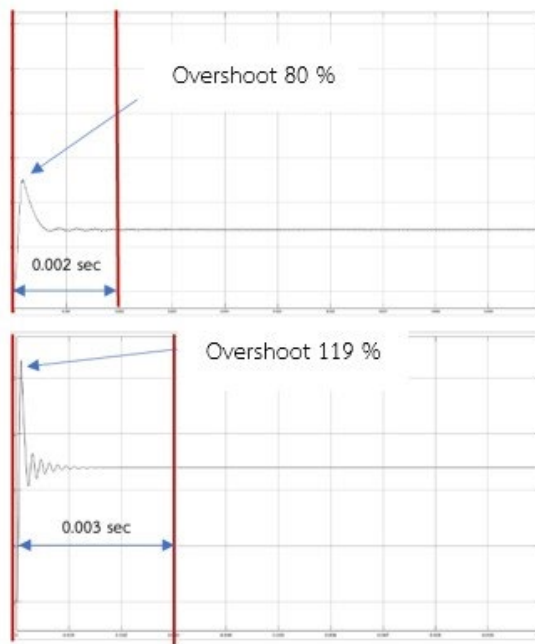
ตารางที่ 3 ผลการออกแบบค่าพารามิเตอร์สำหรับการจำลองการทำงานบนซอฟต์แวร์ MATLAB Simulink

พารามิเตอร์	ขนาด
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_{in})	10-12 V
แรงดันไฟฟ้าขาออก (V_{out})	12 V
กำลังไฟฟ้าพิกัด (P)	250 W
ความถี่การสวิตช์ (f)	20 kHz
ดิวตี้ไซเคิล (D)	0.0166667
การเหนี่ยวนำ (L)	2.25 uH
คาปาซิเตอร์ (C)	868.0556 uF
K_p	$1e-12$
K_i	10

จากผลการทดสอบที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขาเข้าระหว่าง 10-12 โวลต์ เพื่อหาค่าความเหมาะสมของค่า K_p และ K_i โดยแสดงผลการเปรียบเทียบระดับแรงดันเกินและระยะเวลาดังตารางที่ 3 และแสดงลักษณะสัญญาณเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI และควบคุมด้วย PWM ในการจ่ายแรงดันที่ 12 โวลต์ ดังรูปที่ 12 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูสคอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมด้วย PI พบว่า เปอร์เซนต์แรงดันเกินลดลง 39 เปอร์เซนต์ และใช้เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัวใกล้เคียงกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุม PI ที่นำเสนอเมื่อใช้ร่วมกับบูสต์คอนเวอร์เตอร์ให้การควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ดีขึ้นและลดแรงดันเกินจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบได้

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบการควบคุมด้วย PWM และการควบคุมแบบ PI สำหรับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

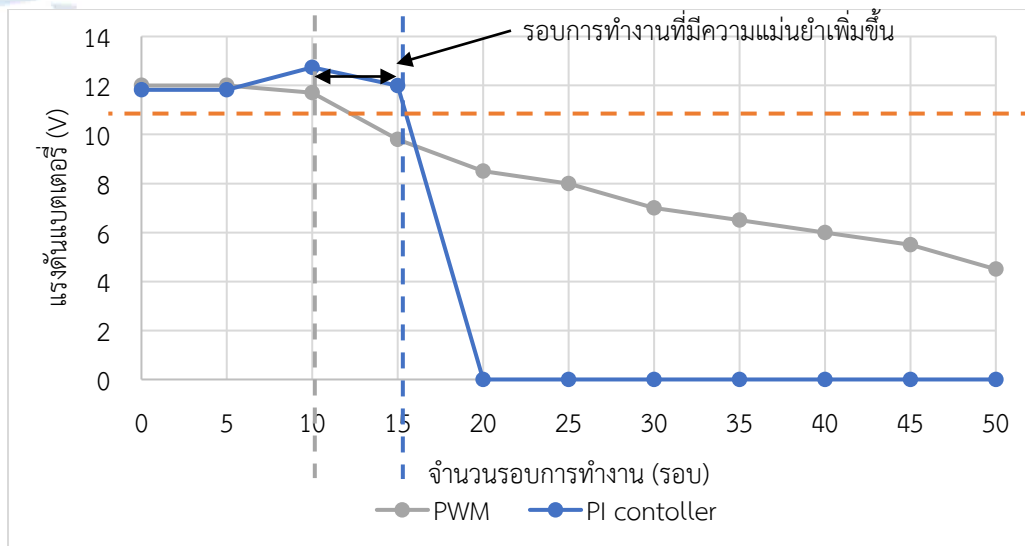
แรงดันขาเข้า (V)	การควบคุมด้วย PWM			การควบคุมด้วย PI		
	แรงดันขาออก (V)	แรงดันเกิน (%)	เวลา (Sec)	แรงดันขาออก (V)	แรงดันเกิน (%)	เวลา (Sec)
10.0	12.14	82	0.003	11.97	50	0.010
10.5	12.74	92	0.003	11.99	57	0.010
11.0	13.35	100	0.003	11.98	65	0.010
11.5	13.96	110	0.002	11.99	73	0.020
12.0	14.57	119	0.002	12.00	80	0.003



รูปที่ 12 ผลการเปรียบเทียบลักษณะสัญญาณเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ PI และควบคุมด้วย PWM

4.2 ผลการเปรียบเทียบการควบคุมจำนวนรอบการทำงานของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์

ในส่วนนี้ทำการทดสอบการใช้งานหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ระหว่างการใช้อุปกรณ์คอนเวอร์เตอร์แบบควบคุมแบบ PI และใช้รูปแบบการควบคุมแบบ PWM จากผลการทดสอบ พบว่า หุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ที่ใช้วงจรถูกควบคุมด้วยคอนเวอร์เตอร์แบบควบคุมแบบ PI มีรอบการทำงานสูงสุด 15 รอบ และมีค่าความแม่นยำในการเคลื่อนที่ 100% ในขณะที่หุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ที่ใช้การควบคุมแบบ PWM มีรอบการทำงานสูงสุด 50 รอบ มีค่าความแม่นยำในการเคลื่อนที่เพียง 60% ซึ่งจากรูปที่ 13 แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ลดลงหลังรอบการทำงานที่ 10 จึงทำให้การควบคุมแบบ PWM มีค่าความแม่นยำลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ลดลง



รูปที่ 13 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์ระหว่างการควบคุมแบบ PWM และการใช้วงจรมอเตอร์แบบควบคุมแบบ PI

5. สรุปและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ นำเสนอการออกแบบและวิเคราะห์คอนเวอร์เตอร์แบบทบทแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยฟิโคโนโทรลเลอร์สำหรับหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ ซึ่งใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 250 วัตต์ และใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 40 Ah ซึ่งจำลองการทำงานบนซอฟต์แวร์ MATLAB Simulink ในขณะที่ปรับจูนค่า K_i และ K_p ซึ่งจากการเปรียบเทียบขนาดของแรงเกินเกิน (Overshoot) และเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัวระหว่างวงจรมอเตอร์ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ PI และการควบคุมแบบ PWM พบว่า เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวใกล้เคียงกัน คือ 0.03 วินาที และ 0.02 วินาที ตามลำดับ โดยที่วงจรมอเตอร์ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ PI มีค่าแรงดันเกินเกินเท่ากับ 80% ในขณะที่การควบคุมแบบ PWM มีค่าแรงดันเกินเกินเท่ากับเท่ากับ 119% ซึ่งการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบ PI เกิดแรงดันเกินน้อยกว่า 39% และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนรอบการทำงานที่มีประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ พบว่า เมื่อจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ สำหรับใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์สามารถช่วยเพิ่มจำนวนรอบที่แม่นยำในการควบคุมได้เพิ่มขึ้น 5 รอบการทำงาน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้วิธีการออกแบบและควบคุมวงจรมอเตอร์ที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสามารถยกระดับแรงดันจากแบตเตอรี่ให้คงที่และเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของหุ่นยนต์ตากเมล็ดพันธุ์ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก หน่วยวิจัยการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายระบบพลังงานสะอาด หน่วยวิจัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร ที่กรุณาเอื้อเพื่อสถานที่สำหรับการวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ และบุคลากรในหน่วยงาน และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (มทร.ล้านนา) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา "แก้วยอดคำล้านนา" ตามสัญญาเลขที่ KYKL-66-DENEE-004 จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- Bochtis, D., & Sørensen, C. G. (2021). *Agricultural Robotics*. In R. Bajcsy (Ed.), *Springer Handbook of Robotics* (pp. 1065-1085). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_45
- Poojavarshini, S., Kavitha, R., Premalatha, K., & Maithili, P. (2021, October). *Design and Simulation of DC to DC Boost and SEPIC Converters using MPPT for Photovoltaic system using MATLAB/SIMULINK*. In *2021 International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA)* (pp. 1-5). IEEE.

- สมบัติ ทพยรัตนานนท์, ธวัชชัย ทองเหลียม, อีรพล ทำลานดี และรัชพล โสนาค. (2559). *การออกแบบและสร้างวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ที่มีย่านการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุตกว้างสำหรับสแตปีไลเซอร์*. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครปฐม. นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครปฐม, 8, 624-363. สืบค้นจาก <https://publication.npru.ac.th>
- Faraj, K. S., & Hussain, J. F. (2020). *Analysis and comparison of DC-DC boost converter and interleaved DC-DC boost converter*. Engineering and Technology Journal, 38(5A), 622-635
- เกษมศักดิ์ เรืองฤทธิ์, ปาริชาติ พิมพา และอัศวินท์ อินกอง. (2565). *การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับการตากเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบอัตโนมัติ* (ปริญญาโท). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
- Zhang, Y., Li, J., & Zhang, X. (2021). *Design and Implementation of PI and PID Controlled Boost Converters for DC Motor in Agricultural Robots*. IEEE Transactions on Power Electronics, 36(4), 3920-3931. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2021.3060357>
- Laoprom, I., & Tunyasirut, S. (2020). *Design of PI Controller for Voltage Controller of Four-Phase Interleaved Boost Converter Using Particle Swarm Optimization*. Journal of Control Science and Engineering, 2020(1), 9515160
- Reddy, B. N., Goud, B. S., Sai Kalyan, C. N., Balachandran, P. K., Aljafari, B., & Sangeetha, K. (2023). *The Design of 2S2L -Based Buck-Boost Converter with a Wide Conversion Range*. International Transactions on Electrical Energy Systems, 2023(1), 4057091.
- รุ่งวิชา ไชยยศ. (2565). *ดีซีทูดีซีบูสต์คอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางสำหรับการประยุกต์ใช้กับมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าในโหมดคืนพลังงาน*. NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 18(1), 50-63.
- Jaber, S. F., & Shakir, A. M. (2021). *Design and simulation of a boost-microinverter for optimized photovoltaic system performance*. Int. J. SMART GRID (ijSmartGrid), 5(2), 94-102.
- Özdemir, A., & Erdem, Z. (2018). *Double-loop PI controller design of the DC-DC boost converter with a proposed approach for calculation of the controller parameters*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 232(2), 137-148.
- Yanarates, C., & Zhou, Z. (2022). *Design and cascade PI controller-based robust model reference adaptive control of DC-DC boost converter*. IEEE access, 10, 44909-44922.
- อักรกิตติ์ ไชยธนกุลวัฒน์, ณัฐที ถึงสุข, อีรวุฒิ แสงบุญ, ธนโชติ เริ่มศรี, นิพนธ์ เชื้อนเพชร, & วิสิทธิ์ ตรีศักดิ์ดา. (2020). *การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรเพิ่มระดับแรงดันด้วยเทคนิคสลับเบอร์*. วารสารวิชาการ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 2(1 (2020)), 22-34.
- Gopal, J. N., & Selvan, N. M. (2020). *Performance analysis of PI and fractional order PI controlled quadratic boost converter system using MATLAB/Simulink*. Bull. Sci. Res, 49(59), 49.
- Farhani, S., N'Diaye, A., Djerdir, A., & Bacha, F. (2020). *Design and practical study of three phase interleaved boost converter for fuel cell electric vehicle*. Journal of Power Sources, 479, 228815.
- Barkhordarian, V. (1996). *Power MOSFET basics. Powerconversion and Intelligent Motion-English Edition*, 22(6), 2-8.
- Langpoklakpam, C., Liu, A. C., Chu, K. H., Hsu, L. H., Lee, W. C., Chen, S. C., ... & Kuo, H. C. (2022). *Review of silicon carbide processing for power MOSFET*. Crystals, 12(2), 245.

การพัฒนาสื่อดิจิทัลเพื่อฝึกทักษะการทำตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน ของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดตาก

นามิดา ชื่อสัตย์สกุลชัย^{1*} ยพรัตน์ อิมพิทักษ์² และอภิชัย ชื่อสัตย์สกุลชัย²

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
41/1 หมู่7 ตำบลไม้งาม อำเภอมือง จังหวัดตาก 63000

*namida_nong@rmutl.ac.th, 0894380037

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อดิจิทัลสนับสนุนการทำตลาดออนไลน์ และเพื่อถ่ายทอดความรู้การทำตลาดออนไลน์ให้กับเกษตรกรในจังหวัดตาก กลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกโครงการนำลูกหลานกลับบ้านเพื่อสานต่ออาชีพเกษตรกรในจังหวัดตาก จำนวน 32 คน การศึกษาเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลถามความรู้และทักษะการใช้สมาร์ตโฟนเพื่อการทำตลาดออนไลน์ ความต้องการสื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับการตลาดออนไลน์ และแบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อดิจิทัล โดยแบบสอบถามได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำผลจากแบบสอบถามมาดำเนินการสร้างสื่อดิจิทัลได้ 4 สื่อ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับ Facebook Live ความรู้เกี่ยวกับแพลตฟอร์ม TikTok ความรู้เกี่ยวกับ Facebook Marketplace และความรู้เกี่ยวกับแพลตฟอร์ม Shopee ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจจากการใช้สื่อโดยรวมในระดับสูงสุด

คำสำคัญ สื่อดิจิทัล ตลาดออนไลน์ สมาร์ตโฟน

Development of Digital Media for Training Online Marketing Skills on Smartphones for Farmers in Tak Province.

Namida Suesatsakulchai^{1*} Yopharat Imphitak² Apichai Suesatsakunchai²

¹Rajamangala University of Technology Lanna Tak
41/1 Pahonyothin Road, Maingam, Muamg, Tak 63000

*namida_nong@rmutl.ac.th, 0894380037

Abstract

This research aims to develop digital media to support online marketing on smartphones and to transfer online marketing knowledge to farmers in Tak province. The sample group is member of the project takes children home to carry on agriculture career in Tak province. The information was collected. A questionnaire was created and validated by experts. The question consists of a knowledge and skill of smartphone usage for online marketing. Moreover, the question covers to learning media demand about online marketing to develop a learning video media. The result found that there were 32 participants. There are four learning video media that is knowledge of the Facebook Live, the Tiktok platform, the Facebook Marketplace, and the Shopee platform. The evaluation satisfaction with learning video media in sample group showed that the participants had the highest overall satisfaction level.

Keywords: Digital media, online market, smartphone

1. บทนำ

การตลาดออนไลน์ คือ การทำการตลาดผ่านระบบอินเทอร์เน็ต สามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้รวดเร็วและเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้ทั่วโลก หรือเฉพาะเจาะจงตามความต้องการของลูกค้า แคมเปญการตลาดออนไลน์ ยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย และยังทำให้ปริมาณการซื้อ-ขายเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ผู้ขายจะต้องศึกษาเรื่องของสินค้าและกำหนดกลุ่มเป้าหมายให้ชัดเจน เพื่อให้การใช้สื่อทุกประเภทมีประสิทธิภาพ การทำการตลาดในสื่อออนไลน์ เช่น Facebook, Google, YouTube, Instagram มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อทำให้สินค้าของเราเป็นที่รู้จักเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ผู้อื่นได้รับรู้และเกิดความสนใจ จนกระทั่งเข้ามาใช้บริการหรือซื้อสินค้าของเราในที่สุด โดยการตลาดออนไลน์ (Online Marketing) (วีระนันท์ คำนี้งวุฒิ, 2562) Social Marketing คือ การทำการตลาดผ่านทาง Social network เช่น facebook , instagram , line และ twitter เป็นต้น จากผลการวิจัยกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมซื้อสินค้าโอท็อป ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ของผู้บริโภคในจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ส่วนใหญ่ผู้ตอบแบบสอบถามได้รับการสื่อสาร/ประชาสัมพันธ์การซื้อขายสินค้าในสื่อสังคมออนไลน์ และทราบถึงแหล่งสินค้าโอท็อปผ่านสื่อสังคมออนไลน์ที่รู้จักเป็นครั้งแรกจาก Facebook มากที่สุด เหตุผลการเลือกซื้อสินค้าโอท็อปผ่านสื่อสังคมออนไลน์เพราะขั้นตอนการซื้อไม่ยุ่งยาก แต่ละคร้งมีค่าใช้จ่ายในการซื้อมากที่สุด คือ 500-1,000 บาท นิยมเข้าไปเลือกซื้อสินค้าโอท็อป มากที่สุด จาก Facebook ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดออนไลน์ โดยรวมทั้ง 6 ด้าน พบว่า มีผลต่อพฤติกรรมซื้อสินค้าโอท็อปผ่านสื่อสังคมออนไลน์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (มาลินี คำเครือ, 2562)

โครงการนำลูกหลานเกษตรกรกลับบ้าน สานต่ออาชีพการเกษตร ในพื้นที่จังหวัดตาก การดำเนินโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ โดยเปิดรับบุตรหลานเกษตรกร ที่ต้องการกลับบ้านสู่ถิ่นฐานบ้านเกิด เพื่อสานต่ออาชีพการเกษตรจากรุ่นพ่อแม่ ได้มีเวลาอยู่ใกล้ชิดกับครอบครัวมากยิ่งขึ้น และต้องการสร้างคนรุ่นใหม่ให้หันมาประกอบอาชีพการเกษตร โดยกรมส่งเสริมสหกรณ์ จะดำเนินโครงการ 3 ปี ระหว่างปี 2563 – 2565 ในการพัฒนาและบ่มเพาะอาชีพการเกษตรเพื่อให้เป็นเกษตรกรมืออาชีพและรายได้ที่มั่นคง (ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการสหกรณ์ที่ 18, 2563) จังหวัดตากมีผู้สมัครเข้าร่วมโครงการฯ จำนวน 64 ราย (กลุ่มฐานข้อมูลสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2563) จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลความต้องการของผู้เข้าร่วมโครงการของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมสหกรณ์จังหวัดตาก สรุปได้ว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการให้สนับสนุนด้านความรู้และเทคโนโลยี (ร้อยละ 91) ต้องการให้สนับสนุนช่องทางการจำหน่าย (ร้อยละ 83) ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ในการสนับสนุนความรู้ด้านเทคโนโลยีและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายให้กับเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดตาก โดยศึกษาความต้องการใช้สื่อการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรบนสมาร์ตโฟน เพื่อพัฒนาสื่อดิจิทัลสนับสนุนการทำตลาดออนไลน์สินค้าเกษตร และ ประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อดิจิทัลสนับสนุนการทำตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรบนสมาร์ตโฟนให้กับผู้เข้าร่วมโครงการดังกล่าวให้สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สื่อดิจิทัล (Digital Media) คือ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่มาจากสื่อแอนะล็อก โดยมีการนำข้อความ กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง ภาพวิดีโอ เว็บไซต์ สื่อสังคมออนไลน์หรือโซเชียลมีเดีย รวมไปถึงเนื้อหาดิจิทัลสมัยใหม่อื่น ๆ เข้ามาผสมผสานและเชื่อมโยงเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน จากความหมายดังกล่าวสื่อดิจิทัลจึงสามารถแบ่งได้ 5 ประเภท คือ ข้อความ เสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและวิดีโอ (ชุดีสันต์ เกิดวิบูลย์เวช, 2560) การตลาดสังคมออนไลน์ คือ รูปแบบของการสร้างเครื่องมือทางการตลาดบนโลกอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีการใช้สื่อออนไลน์ในการกระจายและสร้างมูลค่าทางการตลาด โดยการสร้างการติดต่อสื่อสาร และสร้างตราสินค้าให้บรรลุตามความต้องการ โดยพื้นฐานการสร้างการตลาดสังคมออนไลน์นั้นเป็น การสร้างกิจกรรมทางการตลาดทั้งเนื้อหา รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เสียงเพื่อวัตถุประสงค์หลักของ การตลาดเพื่อกระจายเนื้อหาไปยังผู้บริโภค ซึ่งการตลาดผ่านสังคมออนไลน์ถือได้ว่าเป็นความนิยม แนวโน้มในทางธุรกิจที่จะเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างง่าย การใช้เฟซบุ๊กกรุ๊ป (Facebook Group) ในการสร้างความจงรักภักดีกับแบรนด์ เป็นพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้และปิดการขายกันเฉพาะกลุ่ม การใช้เฟซบุ๊ก แมสเซนเจอร์ (Facebook Messenger) และไลน์ (Line) ในการตอบคำถาม พุดคุยโต้ตอบกับกลุ่มเป้าหมายเป็นการส่วนตัว มีการใช้เทคนิคการโพสต์รูปและข้อความเรียกความน่าสนใจและสงสัยของกลุ่มเป้าหมาย เพื่อปิดการขายทางเฟซบุ๊กแมสเซนเจอร์ (Facebook Messenger) และไลน์ (Line) ได้ในที่สุด มีการกำหนดประเภทเนื้อหาในการสื่อสารการตลาดออนไลน์ ทั้งในเรื่องส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการซื้อหรือใช้บริการ การส่งเสริมการขาย และการให้ข้อมูลที่ เป็นประโยชน์ในลักษณะให้ความรู้สอนเทคนิคต่าง ๆ การสื่อสารหลักนอกจากเป็นการโพสต์ขายสินค้าแล้ว ยังเน้นการสร้างแบรนด์ให้เป็นที่ยอมรับในทุกช่องทาง มีการเลือกช่วงเวลาใน

การโพสต์ที่คิดว่ากลุ่มเป้าหมายจะว่างในการเข้ามาเลือกซื้อสินค้าได้สะดวก และอาศัยความสม่ำเสมอในการโพสต์ เพื่อเป็นที่จดจำของกลุ่มเป้าหมายได้ง่าย (อัญชลี หล่อนิล และจันทิมา เขียวแก้ว, 2562)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การศึกษาของพินดา พานิชกุล และลัทธกาญจน์ กุญแก้ว (2566) ได้สร้างสื่อดิจิทัลคอนเทนต์โดยชุมชนเพื่อสร้างช่องทางการตลาดออนไลน์ของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกหอมแดงศรีสะเกษมาตรฐาน GI ในเขตอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ พบว่า เนื้อหาดิจิทัลคอนเทนต์มี 4 ประเด็น คือ วิธีการเพาะปลูก ลักษณะของหอมแดงศรีสะเกษ GI การเก็บรักษา และคุณสมบัติของหอมแดง ประสิทธิภาพโดยรวมของสื่อดิจิทัลคอนเทนต์อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีเนื้อหาที่ถูกต้องและน่าสนใจ ภาพและเสียงมีคุณภาพที่ดี ช่วยสนับสนุนให้เกิดความสนใจในสินค้า การศึกษาของปวีณา ชัยวนารมย์ และบวรเกียรติรัตน์ (2566) ได้พัฒนาสื่อดิจิทัลสะท้อนปัญหาการปล่อยสัตว์เลี้ยงภายในวัดปรุณาวาส กรุงเทพมหานคร พบว่า กลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นว่าการนำสื่อดิจิทัลมาใช้เป็นเครื่องมือสามารถสะท้อนถึงปัญหาการนำสัตว์เลี้ยงมาปล่อยภายในวัดได้ การศึกษาของจุฑามาศ พิรพิชระ และคณะ (2564) ได้พัฒนาสื่อดิจิทัลอาหารจากกล้วยเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต พบว่า สื่อดิจิทัลมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำไปประยุกต์และพัฒนาเป็นอาชีพได้ การเข้าถึงสื่อดิจิทัลสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา และการศึกษาของ พจนศิริรินทร์ ลิ้มปิ่นนันทน์ ธนศ ยืนสุข และทิพวิมล ชมภูคำ (2564) ได้พัฒนาสื่อดิจิทัลสำหรับให้ความรู้มารดาหลังคลอดในโรงพยาบาล พบว่า สื่อดิจิทัลกระตุ้นให้ผู้รับสารเกิดความสนใจและเข้าใจข้อมูล และสื่อดิจิทัลมีส่วนช่วยให้มารดารับรู้การดูแลตนเองและบุตร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เกษตรกรที่สมัครเข้าร่วมโครงการนำลูกหลานเกษตรกรกลับบ้าน สานต่ออาชีพการเกษตร จังหวัดตาก จำนวน 64 ราย (กลุ่มฐานข้อมูลสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2563)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เกษตรกรที่สมัครเข้าร่วมโครงการนำลูกหลานเกษตรกรกลับบ้าน สานต่ออาชีพการเกษตร จังหวัดตาก โดยสุ่มเลือกเฉพาะเจาะจง เกษตรกรที่มีความพร้อมและต้องการเข้าร่วมโครงการ ในอัตราร้อยละ 50 ของผู้สมัครเข้าร่วมโครงการ

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการทำวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามความรู้และทักษะการใช้สมาร์ตโฟนเพื่อการตลาดออนไลน์และความต้องการใช้สื่อตลาดออนไลน์ ประกอบด้วย 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน ระดับรายได้และประสบการณ์การทำตลาดออนไลน์ ตอนที่ 2 ศักยภาพในการใช้งานตลาดออนไลน์และความต้องการใช้สื่อความรู้ด้านการทำตลาดออนไลน์ และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อตลาดออนไลน์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน ระดับรายได้และประสบการณ์การจัดทำ การทำตลาดออนไลน์ ตอนที่ 2 ความคิดเห็น/ความพึงพอใจ เกี่ยวกับสื่อตลาดออนไลน์ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

การสร้างสื่อตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน

1) สอบถามความรู้และทักษะด้านการทำตลาดออนไลน์และความต้องการใช้สื่อตลาดออนไลน์เพื่อนำความรู้ และทักษะจากสื่อที่พัฒนามาประยุกต์กับการทำตลาดออนไลน์สำหรับผลิตภัณฑ์ของตนเองโดยสื่อที่พัฒนาตรวจสอบความถูกต้อง และเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

2) ดำเนินการพัฒนาสื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน โดยดูความต้องการใช้สื่อสูงสุดใน 4 ลำดับแรก เมื่อพัฒนาสื่อเรียบร้อยแล้วจึงนำสื่อการทำตลาดออนไลน์สำหรับเกษตรกรให้ผู้เชี่ยวชาญ/ผู้ทรงคุณวุฒิ ทำการตรวจสอบแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ พร้อมจัดทำคู่มือการสื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน จำนวน 4 เนื้อหาที่สอดคล้องกับสื่อที่พัฒนาขึ้นเพื่อประกอบการใช้งาน

3) ดำเนินการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อตลาดออนไลน์ ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบประเมินจากค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ให้ระดับความคิดเห็นแบบประเมินความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

1) ผลความประสงคิในการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์โฟนดังแสดงในตารางที่ 1
ตารางที่ 1 ระดับความประสงคิในการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์โฟน

วัตถุประสงค์	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. เพิ่มช่องทางการจำหน่ายทางออนไลน์	4.44	0.504	มากที่สุด
2. เพิ่มความรู้การทำการตลาดออนไลน์	4.69	0.471	มากที่สุด
3. ต้องการในการอบรมทักษะการทำตลาดออนไลน์บนสมาร์โฟน	4.38	0.492	มากที่สุด
รวม	4.50	0.489	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 แสดงระดับความประสงคิในการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์โฟน ประกอบด้วย 3 ด้านโดยเรียงจากมากไปน้อยดังนี้ ต้องการเพิ่มความรู้การทำการตลาดออนไลน์ ต้องการเพิ่มช่องทางการจำหน่ายทางออนไลน์และต้องการในการอบรมทักษะการทำตลาดออนไลน์บนสมาร์โฟน

2) ผลความต้องการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์โฟนดังแสดงในตารางที่ 2

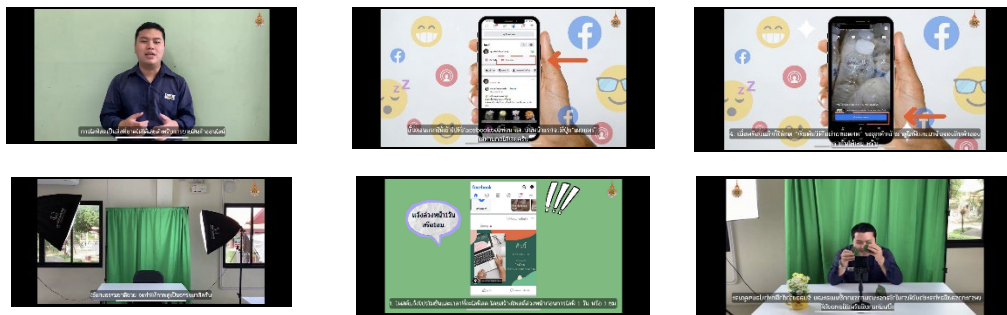
ตารางที่ 2 แสดงระดับความต้องการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์โฟน

ความรู้/ทักษะ/ประสบการณ์	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. ทักษะด้านการถ่ายภาพ	3.45	0.905	มาก
2. ทักษะด้านการสร้างคอนเทนต์	3.52	0.939	มาก
3. ทักษะด้านการตัดต่อวิดีโอ	3.50	0.508	มาก
4. ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Live	4.63	0.492	มากที่สุด
5. ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Fanpage	3.53	0.761	มาก
6. ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Marketplace	4.41	0.837	มากที่สุด
7. ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม Lazada	3.44	1.045	มาก
8. ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม Shopee	4.19	1.091	มาก
9. ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม TikTok	4.50	0.803	มากที่สุด
10. ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม Line Shopping	3.56	1.480	มาก
11. ความรู้ความเข้าใจด้าน YouTube	3.72	0.634	มาก
12. ความรู้ความเข้าใจการยิงโฆษณาเพื่อสร้างยอดขาย	3.66	0.653	มาก
รวม	3.84	0.846	มาก

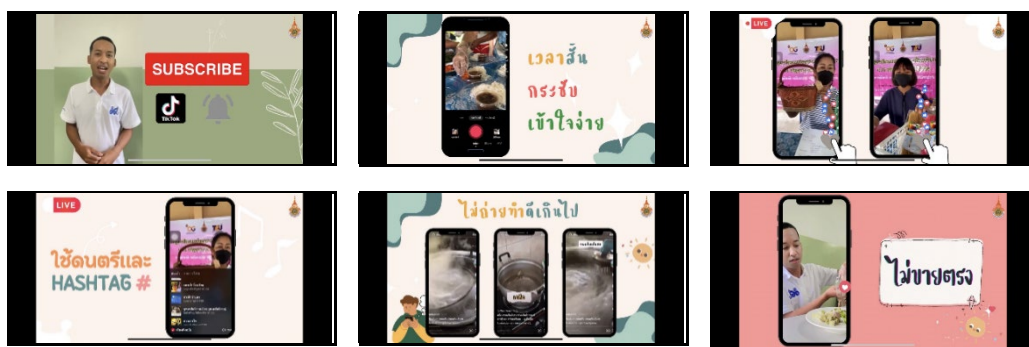
ตารางที่ 2 แสดงระดับความต้องการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยใน 4 ลำดับแรก ดังนี้ ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Live ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม TikTok ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Marketplace และ ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม Shopee

3) การสร้างสื่อตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน

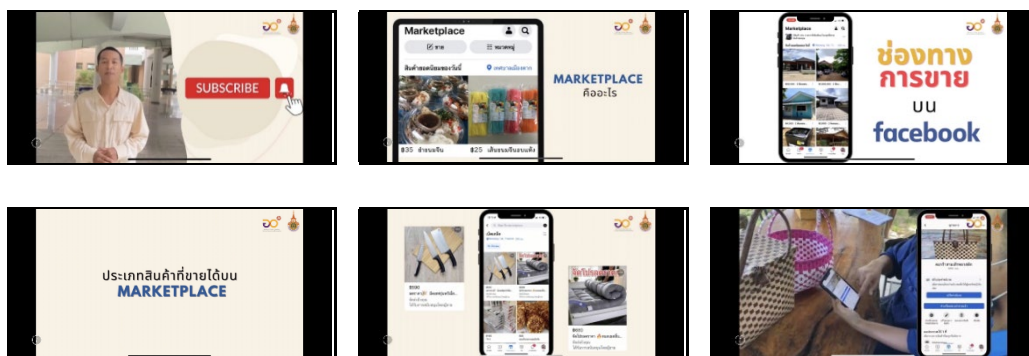
ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความต้องการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน ความต้องการ 4 ลำดับแรก พบว่า (1) ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Live (2) ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม TikTok (3) ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Marketplace และ (4) ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม Shopee ทางคณะวิจัยจึงดำเนินการสร้างสื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน หน้าจอแสดงผลดังแสดงในภาพที่ 1 ถึงภาพที่ 4 ตามลำดับ



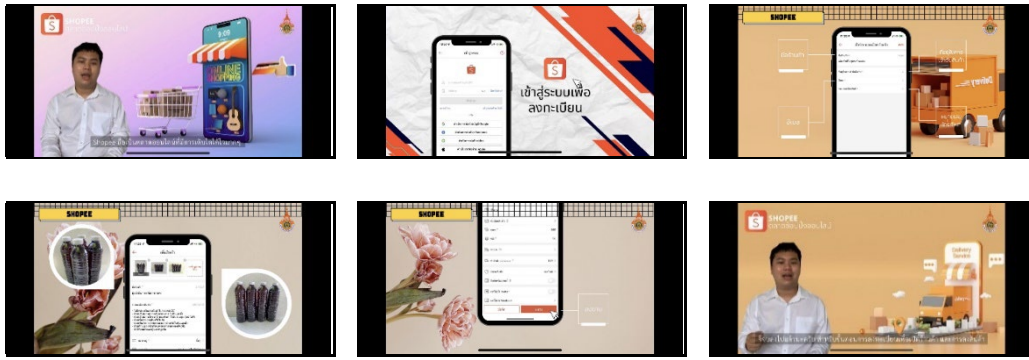
ภาพที่ 1 หน้าจอสื่อถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Live



ภาพที่ 2 หน้าจอสื่อถ่ายทอดวิธีการขายสินค้าในแอปพลิเคชัน TikTok



ภาพที่ 3 หน้าจอสื่อถ่ายทอดวิธีการเพิ่มช่องทางการขายสินค้าผ่าน Facebook Marketplace



ภาพที่ 4 หน้าจอสื่อถ่ายทอดวิธีการขายสินค้าในแอปพลิเคชัน Shopee

ผลการประเมินความพึงพอใจจากการถ่ายทอดสื่อตลาดออนไลน์ผลความพึงพอใจจาก แบบประเมินและสรุปผลการประเมินความพึงพอใจโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจการรับชมสื่อตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านเนื้อหาความรู้	4.36	0.572	มากที่สุด
1.1 สื่อถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจด้าน Face Live	4.37	0.573	มากที่สุด
1.2 สื่อถ่ายทอดวิธีการขายสินค้าในแอปพลิเคชัน TikTok	4.39	0.598	มากที่สุด
1.3 สื่อถ่ายทอดวิธีการเพิ่มช่องทางการขายสินค้าผ่าน Facebook Marketplace	4.32	0.587	มากที่สุด
1.4 สื่อถ่ายทอดวิธีการขายสินค้าในแอปพลิเคชัน Shopee	4.37	0.530	มากที่สุด
2. ด้านการนำเสนอภาพและเสียงประกอบเนื้อหา	4.39	0.595	มากที่สุด
2.1 สื่อถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจด้าน Face Live	4.37	0.600	มากที่สุด
2.2 สื่อถ่ายทอดวิธีการขายสินค้าในแอปพลิเคชัน TikTok	4.41	0.615	มากที่สุด
2.3 สื่อถ่ายทอดวิธีการเพิ่มช่องทางการขายสินค้าผ่าน Facebook Marketplace	4.38	0.577	มากที่สุด
2.4 สื่อถ่ายทอดวิธีการขายสินค้าในแอปพลิเคชัน Shopee	4.40	0.587	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจการรับชมสื่อตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟนจำนวน 4 สื่อ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านเนื้อหาความรู้โดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย=4.36, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=0.572) โดยกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อสื่อดิจิทัลถ่ายทอดวิธีการขายสินค้าในแอปพลิเคชัน TikTok โดยรวมในระดับมากที่สุด โดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย=4.39, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=0.598) และด้านการ นำเสนอภาพและเสียงประกอบเนื้อหาโดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย=4.39, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=0.595) โดยกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อสื่อดิจิทัลถ่ายทอดวิธีการขาย

สินค้าในแอปพลิเคชันTikTokโดยรวมในระดับมากที่สุดโดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย=4.41, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=0.615)

5. สรุปและอภิปรายผล

1) สรุปความรู้และทักษะด้านการทำการตลาดออนไลน์

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความประสงค์ในการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน เพื่อเพิ่มความรู้การทำ การตลาดออนไลน์ ต้องการเพิ่มช่องทางการจำหน่ายทางออนไลน์และต้องการในการอบรมทักษะการทำตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน โดยมีระดับความรู้ ทักษะและประสบการณ์ทำสื่อการตลาดออนไลน์อยู่ในระดับน้อย

2) สรุปความต้องการใช้สื่อการตลาดออนไลน์

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความประสงค์ในการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน อยู่ในระดับ มาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อยใน 4 ลำดับแรก ดังนี้ ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Live ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม TikTok ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Marketplace ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด และ ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม Shopee ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก

3) สรุปผลการสร้างสื่อตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน

สรุปผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความต้องการใช้สื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน ทางคณะวิจัยจึงดำเนินการสร้างสื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน จำนวนทั้งสิ้น 4 สื่อ ได้แก่ 1. ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Live 2. ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม TikTok 3. ความรู้ความเข้าใจด้าน Facebook Marketplace และ 4. ความรู้ความเข้าใจแพลตฟอร์ม Shopee

4) สรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจในการใช้งานสื่อตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟน

สรุปผลการพัฒนาสื่อตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟนสำเร็จเรียบร้อยแล้ว นักวิจัยได้จัดทำถ่ายทอดองค์ความรู้การใช้งานสื่อให้กับเกษตรกร หลังจากที่เกษตรกรได้รับชมสื่อเรียบร้อยแล้ว นักวิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจในการรับชมสื่อ จำนวนทั้งสิ้น 4 สื่อ ซึ่งกำหนดเป็นมาตรวัดอันดับความพึงพอใจ 5 ระดับ ผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.38

5) อภิปรายผล

ผลการประเมินความพึงพอใจสื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟนจากกลุ่มตัวอย่างสมาชิก โครงการลูกหลานกลับบ้าน สานต่ออาชีพเกษตรกร จังหวัดตาก พบว่ามีความพึงพอใจสื่อการตลาดออนไลน์บนสมาร์ตโฟนโดยรวมในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ จุฑามาศ พีรพัชระ และคณะ (2564) และสอดคล้องกับการศึกษาของ พจนศิริพันธ์ ลิ้มปิ่นนันทน์ ธเนศ ยืนสุข และ ทิพวิมล ชมภูคำ (2564) และวีระนันท์ คำนิงวุฒิและอัญญา กลิ่นเทียน (2562) โดยผู้ประกอบการควรมีความรู้เกี่ยวกับการประชาสัมพันธ์และการตลาดออนไลน์ เพื่อให้สามารถสร้างแนวทางการประชาสัมพันธ์และการสื่อสารการตลาดออนไลน์ได้ด้วยตนเองและการประชาสัมพันธ์และการตลาดออนไลน์ควรมุ่งเน้นคุณภาพของสินค้าและสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค สอดคล้องกับการศึกษาของพินดา พานิชกุล และลัทธกาญจน์ กุญแก้ว (2566) และสอดคล้องกับการศึกษาของปวีณา ชัยขวนารมย์ และบรรลือ รัตน์ (2566) และสอดคล้องกับการศึกษาของวิศนันทน์ อุปรมย์และอภิรดี สราญรมย์ (2563) โดย ผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะนำการตลาดออนไลน์มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของส่วนประสมการตลาดของตนให้ดียิ่งขึ้น ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมการตลาดทั้ง 7 ด้าน รวมถึงปัจจัยด้านการตลาดออนไลน์ในระดับมากที่สุดโดยให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านการตลาดออนไลน์สูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง

ในปัจจุบันธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce) ของไทยเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องมาจากเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้อย่างสะดวก รวดเร็ว แต่เพียงปลายนิ้วสัมผัส ผู้ประกอบการในธุรกิจต่างๆเองก็มองว่าเวลานี้ E-Commerce เป็น ช่องทางการขายหลักในการเข้าถึงผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำ E-Commerce ผ่าน แอปพลิเคชัน เนื่องจากความสะดวกในการใช้งาน มีระบบชำระเงินหลากหลายช่องทาง รวมถึงมีระบบจัดการสินค้าและขนส่งถึงปลายทางพร้อมเก็บเงิน ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายและมั่นใจในระบบการสั่งซื้อสินค้าผ่านทาง แอปพลิเคชันออนไลน์มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของจุฑารัตน์ เกียรติศิริมี (2558) และสอดคล้องกับการศึกษาของกฤตยา

เนตรแก้ว (2561) โดยข้อมูลการใช้เฟสบุ๊คมีการเข้าถึงเฟสบุ๊คผ่านสมาร์ตโฟนมากที่สุด โดยใช้งานที่บ้านมากที่สุด ใช้เฟสบุ๊คเพื่อการติดตามข่าวสารประจำวันมากที่สุด ในแต่ละวันจะใช้งานเฟสบุ๊ค 2 ชั่วโมงขึ้นไป – 4 ชั่วโมง ช่วงเวลาที่มากที่สุดคือ 20.01-00.00 มีการใช้งานเฟสบุ๊คทุกวัน มีประสบการณ์การใช้เฟสบุ๊คมากกว่า 4 ปี ขึ้นไป

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปี พ.ศ.2565

7. เอกสารอ้างอิง

กรมตรวจบัญชีสหกรณ์. (2563). *การจัดทำบัญชีและการใช้งานโปรแกรมระบบบัญชี*. สืบค้น 16 มิถุนายน 2565. จาก https://www.cad.go.th/ewt_news.php?nid=50846&filename=radio_2566

กฤตยา เนตรแก้ว. (2561). *การทำตลาดออนไลน์ผ่านเฟสบุ๊คของร้านเสื้อผ้าแฟชั่นสตรีที่มีผลต่อกระบวนการตอบสนองของผู้บริโภค*. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะนิเทศศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

กลุ่มฐานข้อมูลสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมสหกรณ์. (2563). *ข้อมูลโครงการนำลูกหลานเกษตรกรกลับบ้าน สานต่ออาชีพการเกษตร จังหวัดตาก*. สืบค้น 16 มิถุนายน 2565. จาก <https://office.cpd.go.th/itc/organization-information/personnel-house/development-group.html>.

จุฑามาศ พีรพัชระ และคณะ. (2564). *การพัฒนาสื่อดิจิทัลอาหารจากกล้วยเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต*. วารสารวิชาการนวัตกรรมการสื่อสารสังคม. 9(1). 42-53.

จุฑารัตน์ เกียรติรัตมี. (2558). *ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อสินค้าผ่านทางแอปพลิเคชันออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล*. การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชุตีสันต์ เกิดวิบูลย์เวช. (2560). *สื่อดิจิทัลใหม่. สื่อแห่งอนาคต (ฉบับปรับปรุง)*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ปวีณา ชัยวนารมย์ และบวร เครือรัตน์. (2566). *การพัฒนาสื่อดิจิทัลสะท้อนปัญหาการปล่อยสัตว์เลี้ยงภายในวัดบูรณาวาส กรุงเทพมหานคร*. Journal of Buddhist Anthropology. 8(2). 139-149.

พจน์ศิริรินทร์ ลิ้มปิ่นนันทน์ ธเนศ ยืนสุข และทิพวิมล ชมภูคำ. (2564). *การพัฒนาสื่อดิจิทัลสำหรับให้ความรู้มารดาหลังคลอดในโรงพยาบาล*. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ. 7(1). 64-73.

พนิดา พานิชกุล และละอองกาญจน์ กุญแก้ว. (2566) *การสร้างสื่อดิจิทัลคอนเทนต์โดยชุมชนเพื่อสร้างช่องทางการตลาดออนไลน์ของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกหอมแดงศรีสะเกษมาตรฐาน GI ในเขตอำเภอขามเฒ่า จังหวัดศรีสะเกษ*. วารสารบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 5(2). 64-84.

มาลินี คำเครือ. (2562). *กลยุทธ์การสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรม การซื้อสินค้าโอท็อป ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ของผู้บริโภคในจังหวัดกาญจนบุรี*. วารสารวิจัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. 6(1), 1-8.

วิศนันท อูปรมัย และอภิรดี สราญรมย์. (2563). *การตลาดออนไลน์เพื่อการพัฒนา ส่วนประสมการตลาดของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม จังหวัดนนทบุรี*. วารสารสุโขทัยธรรมาธิราช, 36-51.

วีระนันท์ คำนิ้งวุฒิ และอัญญา กลิ่นเทียน. (2562). *การพัฒนารูปแบบสื่อประชาสัมพันธ์และการตลาดออนไลน์สำหรับสินค้า OTOP ในประเทศไทย กรณีศึกษาสินค้า OTOP จังหวัดนครนายก*. วารสารวิชาการนวัตกรรมการสื่อสารสังคม. 32-45.

ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการสหกรณ์ที่ 18, 2563). โครงการนำลูกหลานเกษตรกรกลับบ้าน สานต่ออาชีพการเกษตร. สืบค้น 15 มิ
ถุนายน 2565. จาก [https://cttc.cpd.go.th/cttc18/
index.php/allnews/publicrelations/219-news001-2563](https://cttc.cpd.go.th/cttc18/index.php/allnews/publicrelations/219-news001-2563).
อัญชลี หล่อนิล และจันทิมา เขียวแก้ว.(2562). การใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อการสื่อสารการตลาดในกลุ่ม ธุรกิจผู้เลี้ยงกระบองเพชร.
การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติ. ครั้งที่ 14, 274-285.

การปรับปรุงความแม่นยำในการพูดสำหรับนักเรียนชายขอบโดยใช้เทคโนโลยี Google's Speech to Text

ภาณุเดช ทิพย์อักษร^{1*} จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน² ประเสริฐ ลือโขง³ อนุพงศ์ ไพโรจน์⁴ อรรถพล วิเวก⁵ ณัฐชาสิทธิ์ ชูเกียรติขจร⁶
ประเสริฐ เทพภาพ⁷ และกฤษฎา ยิ่งขยัน^{8*}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่, 50300

* krisda@rmutl.ac.th, 053921444

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอเครื่องมือที่ประเมินความสามารถในการสื่อสารด้วยวาจาของนักเรียนประถมศึกษาที่ด้อยโอกาสระหว่างอายุ 6-10 ปี โดยใช้เทคโนโลยีการแปลงคำพูดเป็นข้อความของ Google (Speech-to-Text หรือ STT) นักเรียนจะออกเสียงคำที่กำหนดไว้ล่วงหน้า 100 คำ ซึ่งประกอบด้วยคำที่ประสมด้วยสระเดี่ยวเสียงยาวและสระเดี่ยวเสียงสั้น จากบัญชีคำพื้นฐานระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 โดยอ่านคำละ 10 ครั้ง และบันทึกเสียงเพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ประมวลผลแบบคลาวด์ คอมพิวเตอร์จะเปรียบเทียบระหว่างการถอดความจากเสียงกับคำที่คาดหวัง เพื่อให้ได้ข้อมูลสถิติเกี่ยวกับการออกเสียงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ผลการวิจัยพบว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสามารถแปลงข้อมูลเสียงเป็นข้อความเพื่อประเมินความถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการศึกษาเน้นสัดส่วนของการออกเสียงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ซึ่งให้ข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับการช่วยเหลือทางการศึกษาอย่างเฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเทคโนโลยีการแปลงคำพูดเป็นข้อความของ Google จะมีประสิทธิภาพ แต่ก็พบว่ามีข้อจำกัดในการประมวลผลการพูดของเด็กเล็ก ปัจจุบัน เครื่องมือนี้กำลังอยู่ในช่วงการลงพื้นที่วิจัยเพื่อจัดเก็บข้อมูลจากนักเรียนในโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร โครงการนี้มุ่งหวังที่จะปรับปรุงโอกาสทางการศึกษาโดยการส่งเสริมพัฒนาการทางภาษาของนักเรียนที่ด้อยโอกาส งานวิจัยนี้เสนอวิธีปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารด้วยวาจาของนักเรียนประถมศึกษา และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ห่างไกลอื่นๆ ต่อไป

Keywords: ประเมินความสามารถการสื่อสารด้วยวาจา, การออกเสียงคำ, เทคโนโลยีการแปลงคำพูดเป็นข้อความ (Speech-to-Text หรือ STT),

Enhancing Speech Accuracy for Marginal Students Using Google's Speech to Text Technology

Panudech Tipauksorn^{1*} Jutturit Thongpron² Prasert Luekhong³ Anupong Pairote⁴
Atthaphon Wiwek⁵ Natchasit Chukiatkhajorn⁶ Prasert Teppap⁷ Krisda Yingkayun^{8*}

Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL), Chiang Mai, Thailand, 50300

* krisda@rmutl.ac.th, 053921444

Abstract

This study introduces an innovative tool for assessing verbal skills in underprivileged primary students aged 6-10. Utilizing Google's Speech-to-Text technology, the research examines 100 core vocabulary words from grades 1-3, including long and short single-vowel compounds. Students read each word ten times, with recordings analyzed by cloud software. The tool effectively converts speech to text, comparing transcriptions with expected words to generate pronunciation accuracy data. Results offer insights for targeted educational support, though challenges persist with processing young children's speech. Ongoing field research in remote highland schools is gathering crucial data, aiming to enhance educational opportunities by fostering language development in disadvantaged areas. This project presents practical strategies for improving verbal communication in primary education, with potential for wider application in remote settings. The research contributes to understanding and addressing language barriers faced by underserved student populations.

Keywords: Speech Assessment, Marginal Students, Google Speech-to-Text, Primary Education

1. บทนำ

การประเมินทักษะภาษาพูดของเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มด้อยโอกาสนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการตรวจพบและแก้ไขปัญหาความบกพร่องในการเรียนรู้ภาษา นักเรียนที่ถือว่าด้อยโอกาส ซึ่งหมายถึงนักเรียนที่ต้องเผชิญกับอุปสรรคมากกว่าในการประสบความสำเร็จทางการศึกษา จำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือเฉพาะสำหรับการพัฒนาทักษะการพูด เครื่องมือวัดผลการฝึกพูดจึงถูกสร้างขึ้นมาโดยเฉพาะเพื่อประเมินและปรับปรุงความสามารถในการสื่อสารด้วยวาจาของนักเรียน ช่วยให้ครูสามารถจัดการช่วยเหลือได้อย่างเจาะจง โดยปกติเครื่องมือเหล่านี้จะประกอบด้วยการบันทึกเสียงพูด การแปลงเสียงเป็นข้อความด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง และการประเมินความแม่นยำของคำที่พูดออกมาโดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

ความสำคัญของการได้รับทักษะทางภาษาในวัยเด็กตอนต้นได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นรากฐานสำคัญต่อความสำเร็จทางวิชาการและการยอมรับในสังคมต่อไป ความสามารถในการพูดอย่างมีประสิทธิภาพนับเป็นสิ่งสำคัญในบริบทของโรงเรียนประถมศึกษา โดยเฉพาะสำหรับนักเรียนอายุระหว่าง 6-10 ปี ช่วงแรกของพัฒนาการเป็นช่วงสำคัญสำหรับการเรียนรู้ภาษา และความล่าช้าหรือข้อบกพร่องใดๆ อาจส่งผลกระทบต่อในระยะยาว ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนด้อยโอกาสได้รับทรัพยากรและวิธีการประเมินที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมโอกาสทางการศึกษาอย่างเท่าเทียม

วิธีการประเมินการพูดล่าสุดรวมถึงระบบการรู้จำเสียงพูดอัตโนมัติ (Automatic Speech Recognition หรือ ASR) ที่ทันสมัย เช่น Google Speech-to-Text ระบบเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพอย่างมากในการถอดเสียงพูดเป็นข้อความอย่างแม่นยำ ทำให้เหมาะที่จะนำมาใช้สำหรับการสอน อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ในการประเมินความสามารถด้านการพูดของเด็กเล็ก โดยเฉพาะผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเรียนรู้ นั้นยังคงเป็นความท้าทายอยู่

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือการสร้างโปรแกรมที่ครอบคลุมโดยมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเพื่อประเมินความสามารถในการสื่อสารด้วยวาจาของนักเรียนประถมศึกษาที่ด้อยโอกาสในช่วงอายุ 6-10 ปี โครงการนี้มุ่งใช้เทคโนโลยีการแปลงคำพูดเป็นข้อความ (Speech-to-Text) ของ Google เพื่อแปลงเสียงพูดที่บันทึกไว้เป็นข้อความ และประเมินความถูกต้องของแต่ละคำที่นักเรียนพูดออกมา โปรแกรมจะวิเคราะห์ข้อความที่ถอดจากเสียงโดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลคำ 100 คำที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และจะสร้างข้อมูลสถิติเกี่ยวกับความถูกต้องของการออกเสียงในรูปแบบร้อยละความถูกต้องของแต่ละคำสำหรับนักเรียนแต่ละคน

การนำเครื่องมือวัดประเมินการพูดที่พัฒนาขึ้นมาใช้กับนักเรียนจะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถระบุจุดแข็งและจุดอ่อนในทักษะการพูดของนักเรียนแต่ละคนได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่องมือนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยให้ครูสามารถออกแบบแผนการสอนเฉพาะบุคคล ปรับเปลี่ยนวิธีการสอน และให้ความช่วยเหลือที่ตรงจุดแก่นักเรียนแต่ละคน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาทักษะการพูดของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของการประเมินทักษะภาษาพูดในเด็ก การประเมินทักษะภาษาพูดในเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะกลุ่มด้อยโอกาส มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาการเรียนรู้และการสื่อสาร [1, 2] การได้รับทักษะทางภาษาในวัยเด็กตอนต้นเป็นรากฐานสำคัญต่อความสำเร็จทางวิชาการและการยอมรับในสังคม [4, 9]

2.2 เทคโนโลยีการรู้จำเสียงพูดอัตโนมัติ (ASR) ระบบการรู้จำเสียงพูดอัตโนมัติ เช่น Google Speech-to-Text (STT) มีบทบาทสำคัญในการประเมินและพัฒนาทักษะการพูด [1, 3] เทคโนโลยีนี้ช่วยในการแปลงเสียงพูดเป็นข้อความ ทำให้สามารถวิเคราะห์และประเมินความถูกต้องของการออกเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2, 4]

2.3 ประสิทธิภาพและข้อจำกัดของ Google STT Google STT แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีในหลายบริบท แต่ก็ยังมีข้อจำกัดบางประการ:

- มีอัตราความผิดพลาดในการตัดข้อมูลสูงกว่าการแทนที่และการแทรก โดยเฉพาะในการถอดความเรื่องราวของเด็ก [2, 9]
- ประสิทธิภาพอาจแตกต่างกันตามบริบทและความซับซ้อนของประโยค [3, 13]
- มีความอ่อนไหวต่อการแจ้งเตือนผิดพลาด โดยเฉพาะเมื่อทดสอบกับเสียงสังเคราะห์ [5, 12]

2.4 ความท้าทายในการใช้ ASR กับเด็ก การใช้ ASR กับเสียงพูดของเด็กมีความท้าทายเฉพาะ:

- ระบบอื่น เช่น Naver Clova อาจมีประสิทธิภาพสูงกว่า Google STT ในการถอดความเรื่องราวของเด็ก [9]

- ความแตกต่างของสำเนียงและภูมิหลังทางภาษามีผลต่อความแม่นยำของระบบ [10, 11]
- 2.5 แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ ASR กับเด็ก ควรพิจารณา:
- การปรับแต่งค่าและการรวมการปรับสำเนียงเฉพาะ [14]
 - การใช้ระบบเสริม เช่น CorrectSpeech เพื่อแก้ไขประเภทความผิดพลาดเฉพาะ [8, 15]
 - การรับประกันคุณภาพการจัดเรียงเสียง-หน่วยเสียงที่สูง เพื่อเพิ่มความธรรมชาติและ ความถูกต้องของเสียงพูดที่ได้รับการแก้ไข [7, 8]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

รวบรวมคำศัพท์พื้นฐานระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 จากบัญชีของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยเน้นคำที่ประสมด้วยสระเดี่ยวเสียงยาวและสระเดี่ยวเสียงสั้น คำศัพท์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ นำมาจากบัญชีคำพื้นฐานที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ซึ่งเป็นคำที่ได้รับการยอมรับและใช้ในโรงเรียนที่ตั้งในลักษณะพิเศษ เช่น โรงเรียนในพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดารและโรงเรียนในพื้นที่เกาะ [16]

การศึกษานี้มุ่งเป้าหมายไปที่นักเรียนด้อยโอกาสในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 3 ซึ่งมีความอายุระหว่าง 6-10 ปี โดยมีการคัดเลือกนักเรียนทั้งหมด 30 คน ในจำนวนนี้มีการเลือกนักเรียนระดับชั้นละ 10 คน เกณฑ์การคัดเลือกครอบคลุมนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มนักเรียนด้อยโอกาส โดยเฉพาะผู้ที่ต้องการความช่วยเหลือทางการศึกษาเพิ่มเติมเนื่องจากข้อจำกัดด้านเศรษฐกิจสังคมและภาษา การสุ่มตัวอย่างทุกระดับชั้นถูกนำมาใช้เพื่อให้มั่นใจว่ามีการแทนที่อย่างเท่าเทียมจากทุกระดับชั้น โดยมีการแสดงข้อมูลในตาราง 1

ตารางที่ 1: ตารางประชากรและกลุ่มตัวอย่างแต่ละระดับชั้น

ระดับชั้น	จำนวนประชากรนักเรียน	จำนวนคำที่ใช้ในการฝึกออกเสียง	จำนวนการฝึกออกเสียงต่อละคำ
ประถมศึกษาชั้นปีที่ 1	10	100	10
ประถมศึกษาชั้นปีที่ 2	10	100	10
ประถมศึกษาชั้นปีที่ 3	10	100	10
รวม	30	100	30,000

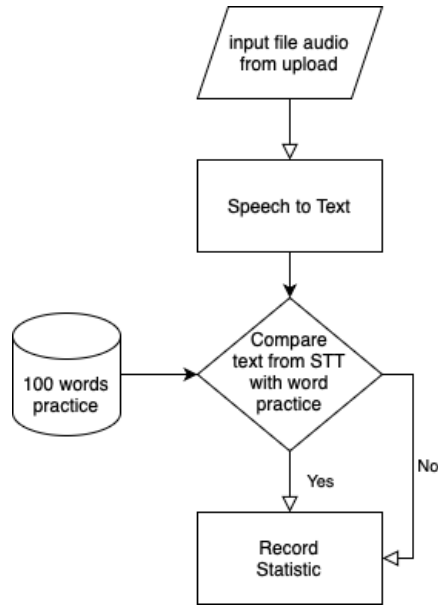
การเก็บรวบรวมข้อมูลและตัวแปร

การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยการบันทึกเสียงแต่ละนักเรียนออกเสียงคำที่กำหนดไว้ล่วงหน้า 100 คำ คำละ 10 ครั้ง ทำให้ได้ไฟล์เสียงที่ครบถ้วนสำหรับนักเรียนแต่ละคน การบันทึกเสียงดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่เงียบเพื่อให้ได้คุณภาพเสียงที่ชัดเจน จากนั้นไฟล์เสียงเหล่านี้จะถูกอัปโหลดไปยังโปรแกรมแบบคลาวด์ที่ใช้ Google Speech-to-Text (STT) เพื่อถอดความตัวแปรหลักที่ถูกวัดคือจำนวนการออกเสียงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องสำหรับแต่ละคำของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งจะถูกรับปริมาณโดยการเปรียบเทียบกับคำที่คาดหวังในฐานข้อมูล

ตาราง 2: แสดงตัวแปร

ตัวแปรที่จัดเก็บ	วิธีการวัด
การออกเสียงที่ถูกต้อง	จำนวนความถูกต้องจากการแปลงเป็นข้อความเปรียบเทียบกับข้อมูลคำ
การออกเสียงที่ผิด	จำนวนความผิดจากการแปลงเป็นข้อความเปรียบเทียบกับข้อมูลคำ
ความแม่นยำในการออกเสียง	ร้อยละของความถูกต้องจากจำนวนข้อความทั้งหมด

แผนภาพของระบบ



รูปที่. 1 แผนภาพระบบการวัดประเมินความถูกต้อง

แผนภาพระบบแสดงขั้นตอนการประเมินและบันทึกการฝึกพูดของนักเรียนประถมศึกษาด้วยโอกาสโดยใช้เทคโนโลยี Google Speech-to-Text (STT) ระบบนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อประเมินความถูกต้องของการออกเสียงของนักเรียนเทียบกับฐานข้อมูลคำ 100 คำที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ดังนี้เป็นคำอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบตามแผนภาพ:

1. อินพุตไฟล์เสียงจากการอัปโหลด:
 - กระบวนการเริ่มต้นด้วยการอัปโหลดไฟล์เสียงที่มีการบันทึกเสียงนักเรียนออกเสียงคำ 100 คำที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนแต่ละคนจะบันทึกแต่ละคำ 10 ครั้ง ทำให้ได้ไฟล์เสียงที่ครบถ้วน
2. แปลงเสียงเป็นข้อความ:
 - ไฟล์เสียงที่อัปโหลดจะถูกประมวลผลโดยใช้เทคโนโลยี Google Speech-to-Text (STT) ส่วนประกอบนี้จะแปลงคำพูดในไฟล์เสียงให้เป็นข้อความ
3. เปรียบเทียบข้อความจาก STT กับฝึกพูดคำ:
 - ข้อความที่ถอดจากส่วน STT จะถูกเปรียบเทียบกับคำที่คาดหวังในฐานข้อมูลฝึกพูด 100 คำ ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบว่าคำที่ถอดมีการจับคู่กับคำในฐานข้อมูลหรือไม่
4. จุดตัดสินใจ (ใช่/ไม่ใช่):
 - ระบบจะประเมินว่าคำที่ถอดนั้นตรงกับคำที่คาดหวังออกเสียงถูกต้องหรือไม่:
 - **ใช่:** ถ้าคำที่ถอดตรงกับคำที่คาดหวัง ระบบจะดำเนินการบันทึกคำสถิติถูกต้อง
 - **ไม่ใช่:** ถ้าคำที่ถอดไม่ตรงกับคำที่คาดหวัง ระบบจะดำเนินการบันทึกคำสถิติไม่ถูกต้องระบบ จะวนกลับและดำเนินการกับคำถัดไป เพื่อให้มั่นใจว่าทุกคำได้รับการประเมิน
5. บันทึกสถิติ:
 - สำหรับแต่ละคำ ระบบจะบันทึกผลการเปรียบเทียบ โดยจะนับจำนวนการออกเสียงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ซึ่งจะถูกนำมาคำนวณหาความถูกต้องสำหรับนักเรียนแต่ละคน สถิติเหล่านี้ให้ข้อมูลที่มีคุณค่าเกี่ยวกับความสามารถในการพูดของนักเรียน

โดยระบบที่อธิบายนี้สามารถประมวลผลการบันทึกเสียง ประเมินความถูกต้องในการออกเสียงของนักเรียนแต่ละคน และบันทึกผลลัพธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้โดยครูผู้สอนในการระบุจุดที่นักเรียนควรได้รับการปรับปรุง และ

ในกรณีนี้ บันทึกการถอดความแสดงให้เห็นว่านักเรียนออกเสียงคำดังกล่าวได้ถูกต้องทุกครั้ง และระบบ Google STT สามารถรับรู้ได้อย่างถูกต้อง โดยระบบระบุคำว่า "กิน" ถึง 15 ครั้ง ซึ่งมากกว่าจำนวนที่คาดหวังไว้เนื่องจากความสามารถในการรับรู้ที่สมบูรณ์แบบ ส่งผลให้มีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 3: ผลการทดลอง

File	คำประเมิน	จำนวนคำประเมินคาดหวัง	ผลจากการแปลงเสียงเป็นข้อความ	จำนวนคำที่อ่านถูก	ความแม่นยำการอ่าน
Testspeech3.wav	กิน	10	กินกินกันกินกินกินกันการกิน	5	50%
Testspeech2.wav	กิน	10	กินกินกันกินกินกินกินกินกินกินกินกินกินกินกินกินกินกิน	15	100%

จากไฟล์ **Testspeech3.wav** แสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถจดจำคำว่า “กิน” ได้ถูกต้องเพียง 5 ครั้งจากทั้งหมด 10 ครั้ง ที่คาดหวังไว้ทำให้ความแม่นยำของการจดจำอยู่ที่ 50.00% ผลลัพธ์นี้บ่งบอกว่าระบบมีความคลาดเคลื่อนในบางส่วนของ การจดจำคำ จากไฟล์ **Testspeech2.wav** แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถจดจำคำว่า “กิน” ได้ถูกต้องถึง 15 ครั้งจากทั้งหมด 10 ครั้ง ที่คาดหวังไว้ ทำให้ความแม่นยำของการจดจำอยู่ที่ 100.00% ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพในการจดจำคำได้มากขึ้นในครั้งที่สอง

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและข้อจำกัดของเครื่องมือประเมินความสามารถในการสื่อสารด้วยวาจา สำหรับนักเรียนประถมศึกษาที่ด้อยโอกาสอายุ 6-10 ปี โดยใช้เทคโนโลยี Google Speech-to-Text (STT) เครื่องมือสามารถแปลงข้อมูลเสียงเป็นข้อความและวิเคราะห์ความถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความแม่นยำสูงถึง 100% ในกรณีที่นักเรียนออกเสียงชัดเจน อย่างไรก็ตาม พบความคลาดเคลื่อนในการรู้จำเสียงเมื่อนักเรียนออกเสียงไม่ชัดเจน ซึ่งอาจทำให้ความแม่นยำลดลงเหลือ 50% ในบางกรณี นอกจากนี้ ยังพบข้อจำกัดในการประมวลผลการพูดของเด็กเล็ก โดยเฉพาะเมื่อเสียงพูดไม่ชัดเจน แม้จะมีข้อจำกัดดังกล่าว เครื่องมือนี้ยังคงมีประโยชน์อย่างมากต่อการเรียนการสอน โดยช่วยให้ครูสามารถระบุจุดแข็งและจุดอ่อนในทักษะการพูดของนักเรียนแต่ละคนได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้สามารถออกแบบแผนการสอนเฉพาะบุคคลและให้ความช่วยเหลือที่ตรงจุดได้ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี STT มีศักยภาพในการสนับสนุนการพัฒนาทักษะการพูดของนักเรียนด้อยโอกาสในระดับประถมศึกษา แม้จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดบางประการในการใช้งาน โดยรวมแล้ว เครื่องมือนี้สามารถเป็นทรัพยากรที่มีค่าในการสนับสนุนการเรียนการสอนและการพัฒนาทักษะการสื่อสารของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอย่างจริงใจมายัง สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน กลุ่มงานใต้ร่มพระบารมี และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนและทุนวิจัย ซึ่งทำให้การวิจัยนี้เป็นไปได้ ขอขอบคุณสำหรับโอกาสและความมุ่งมั่นในการส่งเสริมเทคโนโลยีทางการศึกษาที่ท่านได้มอบให้แก่พวกเรา

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] H., Yang., Jung-Mee, Kim. (2023). Comparison of Automatic Speech Recognition System for School-aged Children's Narratives: Naver Clova Speech and Google Speech-to-Text. *Communication Sciences and Disorders*, doi: 10.12963/csd.23952
- [2] Evgeny, Kostyuchenko., Lidiya, N., Balatskaya., S, S, Kharchenko., M, A, Lapina. (2021). Comparison of recognition using Google and Kaldi to solve the problem of assessing intelligibility. doi: 10.1088/1757-899X/1069/1/012032
- [3] Bogdan, Iancu. (2019). Evaluating Google Speech-to-Text API's Performance for Romanian E-Learning Resources. doi: 10.12948/ISSN14531305/23.1.2019.02
- [4] Julia, K., Lau., Kelvin, Kong., Zhou, Yang., Joshua, Low., Chun, Yong, Chong., Mei, Kuan, Lim., David, Lo. (2023). Synthesizing Speech Test Cases with Text-to-Speech? An Empirical Study on the False Alarms in Automated Speech Recognition Testing. *arXiv.org*, doi: 10.48550/arXiv.2305.17445
- [5] Daxin, Tan., Liqun, Deng., Nianzu, Zheng., Yu, Ting, Yeung., Xin, Jiang., Xiao, Chen., Tan, Lee. (2022). CorrectSpeech: A Fully Automated System for Speech Correction and Accent Reduction. doi: 10.1109/ISCSLP57327.2022.10038107
- [6] Frank, Zalkow., Prachi, Govalkar., Meinard, Müller., Emanuel, A., P., Habets., Christian, Dittmar. (2023). Evaluating Speech-Phoneme Alignment and its Impact on Neural Text-To-Speech Synthesis. doi: 10.1109/icassp49357.2023.10097248
- [7] Muhammad, Hilmi, Asyrofi., Ferdian, Thung., David, Lo., Lingxiao, Jiang. (2020). CrossASR: Efficient Differential Testing of Automatic Speech Recognition via Text-To-Speech. doi: 10.1109/ICSME46990.2020.00066
- [8] Jack, Birkenbeuel., Helen, Joyce., Ronald, Sahyouni., Dillon, Cheung., Marlon, Maducdoc., Navid, Mostaghni., Sammy, Sahyouni., Hamid, R., Djalilian., Jefferson, W., Chen., Harrison, W., Lin. (2021). Google translate in healthcare: preliminary evaluation of transcription, translation and speech synthesis accuracy. doi: 10.1136/BMJINNOV-2019-000347
- [9] Jiří, Přebil., Jiří, Přebil., Anna, Přebilová., Jindřich, Matoušek. (2020). Automatic statistical evaluation of quality of unit selection speech synthesis with different prosody manipulations. *Journal of Electrical Engineering-elektrotechnicky Casopis*, doi: 10.2478/JEE-2020-0012
- [10] Andrey, R., Biktimirov., D., Yu., Gruzdev. (2022). Boosting Speech-to-Text software potential. *Naučnyj rezul'tat*, doi: 10.18413/2313-8912-2022-8-4-0-6
- [11] Grant, Zietsman, Grant, Zietsman., Reza, Malekian, Grant, Zietsman. (2022). Modelling of a Speech-to-Text Recognition System for Air Traffic Control and NATO Air Command. *Journal of Internet Technology*, doi: 10.53106/160792642022122307008
- [12] H., Yang., Jung-Mee, Kim. (2023). Comparison of Automatic Speech Recognition System for School-aged Children's Narratives: Naver Clova Speech and Google Speech-to-Text. *Communication Sciences and Disorders*, doi: 10.12963/csd.23952
- [13] Miguel, Cerdeira, Negrão., Patricio, Domingues. (2021). SpeechToText: An open-source software for automatic detection and transcription of voice recordings in digital forensics. doi: 10.1016/J.FSIDI.2021.301223
- [14] Jack, Birkenbeuel., Helen, Joyce., Ronald, Sahyouni., Dillon, Cheung., Marlon, Maducdoc., Navid, Mostaghni., Sammy, Sahyouni., Hamid, R., Djalilian., Jefferson, W., Chen., Harrison, W., Lin. (2021). Google translate in healthcare: preliminary evaluation of transcription, translation and speech synthesis accuracy. doi: 10.1136/BMJINNOV-2019-000347

- [15] Julia, K., Lau., Kelvin, Kong., Zhou, Yang., Joshua, Low., Chun, Yong, Chong., Mei, Kuan, Lim., David, Lo. (2023). Synthesizing Speech Test Cases with Text-to-Speech? An Empirical Study on the False Alarms in Automated Speech Recognition Testing. arXiv.org, doi: 10.48550/arXiv.2305.17445
- [16] Lijuan, Wang., Yong, Zhao., Min, Chu., Frank, K., Soong., Zhigang, Cao. (2005). Phonetic transcription verification with generalized posterior probability.. doi: 10.21437/INTERSPEECH.2005-609
- [16] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2529). บัญชีคำพื้นฐานระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3. กรุงเทพฯ: สพฐ.

การออกแบบชุดต้นแบบระบบติดตามรถยนต์ทางทหารผ่านแพลตฟอร์ม LoRaWAN

วิวัฒน์ สิริภูษกุล^{1*}, อนุรักษ์ วงษ์พระจันทร์², ไพรัช สร้อยภูระยา³
วรากร ไตรศัพท์⁴, ภูรินทร์ ดินานพ⁵, ชนะ จันท์อ้อม^{6#}

¹อาจารย์ ประจำสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

^{2,3,4,5} อาจารย์ กองส่วนการศึกษา โรงเรียนทหารสื่อสาร กรมการทหารสื่อสาร

⁶ อาจารย์ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

E-mail: armer5061@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบต้นแบบสำหรับการติดตามตำแหน่งของยานเกราะในหน่วยทหารโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านระบบเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลระยะไกลกำลังต่ำ (LoRaWAN) อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบให้ติดตั้งบนยานเกราะที่มีการติดตั้งอุปกรณ์สื่อสาร เพื่อรายงานตำแหน่งของหน่วยทหารเพื่อสนับสนุนภารกิจต่าง ๆ เช่น การปฏิบัติการเคลื่อนที่ การลาดตระเวน หรือการบรรเทาภัยพิบัติ เป็นต้น ระบบทำงานด้วยหน่วยประมวลผลกลางที่รับและส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ GPS ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับยานเกราะไปยังศูนย์บัญชาการกองพันผ่านเกตเวย์ ข้อมูลนี้จะถูกประมวลผลและแสดงบนแผนที่สถานการณ์ ซึ่งให้ภาพการปฏิบัติการร่วมทางทหาร (Common Operational Picture - COP) สำหรับปฏิบัติการทางทหาร ตามผลการทดสอบ ความแม่นยำของพิกัดที่รายงานอยู่ในช่วง 2.5 เมตร ทำให้สามารถสั่งการและตัดสินใจได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้เพิ่มอัตราความสำเร็จและลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นกับทหารในระหว่างภารกิจ จนได้ผลลัพธ์เป็นอุปกรณ์รับ - ส่งข้อมูลพิกัดของยานเกราะที่ติดตั้งชุดต้นแบบในภูมิประเทศจริงได้ระยะ 3.6 กม. เป็นระยะที่มีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพึงพอใจในหน่วยระดับกองพันดำเนินกลยุทธ์ได้

คำสำคัญ : ระบบเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลระยะไกลกำลังต่ำ, ภาพการปฏิบัติการร่วมทางทหาร

Abstract

This research presents the design of a prototype for tracking the position of armored vehicles in military units using Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) communication technology. The device is designed to be installed on armored vehicles equipped with communication equipment to report the positions of military units, supporting various missions such as maneuver operations, reconnaissance, or disaster relief. The system operates with a central processing unit that receives and transmits data from a GPS sensor specifically designed for armored vehicles to the battalion command center via a gateway. This data is processed and displayed on a situational map, providing a Common Operational Picture (COP) for military operations. According to the test results, the reported coordinates' accuracy is within 2.5 meters, allowing precise command and decision-making. This accuracy enhances mission success rates and reduces casualties during operations. The outcome is a location data transmission device for armored vehicles, which, when installed in real terrain, achieves an effective range of 3.6 km, proving satisfactory for battalion-level strategic operations.

Keywords : Long Range Wide Area Network, Common Operational Picture

1. บทนำ

เทคโนโลยี LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) เป็นย่านความถี่ที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายเนื่องจากเป็นที่นิยมในอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) สำหรับการส่งสัญญาณเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในประเทศไทย LoRaWAN ทำงานในย่านความถี่ 920-925 MHz โดยมีระยะการส่งสัญญาณประมาณ 4.8-10 กิโลเมตร คุณสมบัติหลักของมันคือเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำและมีระยะไกล ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อที่มีประสิทธิภาพในอุปกรณ์เซ็นเซอร์ IoT LoRaWAN มุ่งเน้นไปที่การสื่อสารระยะไกลที่มีประสิทธิภาพสำหรับแอปพลิเคชัน IoT ที่ต้องการการเชื่อมต่อและการสื่อสารทางไกลอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การติดตามทรัพย์สิน การจัดการทรัพยากรทางเคมีหรือเกษตรกรรม และการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกล เทคโนโลยีนี้มีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายอื่น ๆ เช่น Wi-Fi หรือ Bluetooth เนื่องจากไม่ถูกจำกัดด้วยระยะการสื่อสารและการใช้พลังงาน

การปฏิบัติการทางทหาร โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าหรือภูเขาที่ห่างไกลซึ่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตหรือดาวเทียมอาจไม่สามารถเข้าถึงได้หรือมีจุดอ่อนสัญญาณ การสื่อสารสำหรับทหารสามารถเป็นเรื่องท้าทายได้ เพื่อให้สามารถสื่อสารได้โดยไม่ต้องพึ่งพาสัญญาณอินเทอร์เน็ตหรือดาวเทียม สามารถใช้ LoRaWAN ได้ แม้ในกรณีที่อินเทอร์เน็ตล้ม LoRaWAN ยังคงสามารถทำงานได้เนื่องจากไม่ต้องการการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตโดยตรงสำหรับการสื่อสารระยะไกล โปรโตคอลนี้ใช้คลื่นวิทยุไร้สายและไม่ขึ้นกับโครงสร้างพื้นฐานของอินเทอร์เน็ต ทำให้มีความน่าเชื่อถือสูงและสามารถทำงานได้ในสถานการณ์ที่การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตมีปัญหา อีกทั้งการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยการพัฒนาและประเมินผลประสิทธิภาพของระบบติดตามตำแหน่งสำหรับปฏิบัติการด้านยุทธการและการข่าวด้วยเทคโนโลยี LoRaWAN ที่สามารถประมวลผลและแสดงผลข้อมูลบนแผนที่สถานการณ์ ซึ่งจะช่วยให้ศูนย์บัญชาการและควบคุมหัวหน้าชุดปฏิบัติการ ทราบถึงภาพรวมของตำแหน่งและสถานะของเจ้าหน้าที่ในแต่ละหน่วยที่เข้าร่วมในการปฏิบัติการกิจ ทำให้สามารถสั่งการและตัดสินใจได้อย่างถูกต้องแม่นยำ แต่ยังมีข้อจำกัดในบางภูมิภาคที่เป็นลักษณะของจุดอ่อนสัญญาณ [1] ผู้วิจัยจึงมีแนวทางการเชื่อมโยงของชุดต้นแบบ Gateway LoRaWAN ที่ใช้บนพาหนะทหาร ให้สามารถทำการเชื่อมการติดต่อสื่อสารแบบ Mesh Radio ได้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริง

2. ขอบเขตงานวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาโครงข่ายสื่อสารที่ส่งข้อมูลกำลังต่ำแบบไร้สาย (LoRaWAN) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อโครงข่ายการสื่อสารทางทหารกับรถยนต์เกราะทางทหาร

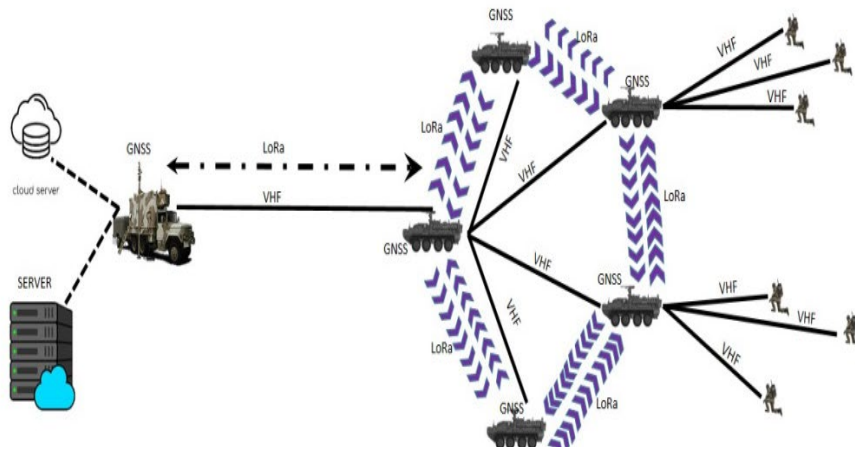
2.2 เพื่อแสดงพิกัดหรือตำแหน่งของยานเกราะมายังที่บังคับการได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตวงจรถเฉพาะทางทหารได้

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 เทคโนโลยี LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

เทคโนโลยี LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายที่เน้นการเชื่อมต่อและการสื่อสารข้อมูลระยะไกลด้วยการใช้พลังงานต่ำ โดยมีความสามารถในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT (Internet of things) ที่ต้องการสื่อสารระยะไกล ระบบสามารถเชื่อมต่อทุกระบบย่อย ๆ เข้าด้วยกันเพื่อสร้างเครือข่ายที่มีความเสถียรและสามารถสื่อสารโดยไม่มีช่วงที่ขาดหาย นอกจากนี้ ระบบยังมีมาตรฐานที่ช่วยในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลที่ถูกส่งผ่าน LoRaWAN ทำให้เป็นเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสื่อสารระยะไกล [2,3] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลระยะไกลกำลังต่ำ (LoRaWAN)

3.1.2 รถสื่อสารทางทหารยุทธวิธี

รถสื่อสารทางทหารยุทธวิธี (Commander's Vehicle) หรือรถบัญชาการ ใช้ประจำการอยู่ในหน่วยตั้งแต่กองร้อยทหารราบขึ้นไป ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารและกระจายคำสั่งทางยุทธวิธีหรือรับภารกิจต่าง ๆ ที่ผู้บังคับบัญชามอบหมาย โดยรถยนต์ทหารทุกคันจะติดตั้งอุปกรณ์และระบบการติดต่อสื่อสารทุกประเภทที่มีใช้ในพื้นที่ที่ประจำการ คือ วิทยุระบบ VHF/FM และ HF/SSB เพื่อให้ผู้บังคับกองร้อยสามารถสื่อสารกับหน่วยต่าง ๆ ได้ตามข่ายการสื่อสาร ส่วนรถสื่อสารบังคับบัญชาในระดับกองพล จะได้รับการสนับสนุนจากกองพันทหารสื่อสารที่เป็นหน่วยในอัตรากองพลนั้น ๆ โดยจะติดตั้งชุดวิทยุที่ต้องใช้ส่งการบังคับบัญชาให้แก่หน่วยที่อยู่ในหน้าแนว (ทก.ยว.) อีกทั้งติดตั้งชุดวิทยุที่มีขีดความสามารถในการส่งต่อ (Retransmission) เพื่อเพิ่มระยะในการติดต่อสื่อสาร หรือเป็นจุดชดเชยในส่วนการสื่อสารในพื้นที่อับสัญญาณ รถสื่อสารบังคับบัญชา จะสามารถเคลื่อนย้ายไปยังที่หมายต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว โดยยังดำรงการติดต่อสื่อสารได้ตามปกติ [4] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลระยะไกลกำลังต่ำ

ที่มา: <https://www.nzherald.co.nz/nz/humvees-used-by-victims-were-retired-by-us-forces/BSRAXTBHYHLWOT5LQMKQVGY7MMY>

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยเสนอการออกแบบระบบติดตามยานพาหนะทางทหารแบบเคลื่อนที่โดยใช้เทคโนโลยี LoRaWAN ซึ่งประกอบด้วย Raspberry Pi ที่รวมเข้ากับ GPS LoRa เพื่อส่งสัญญาณจากยานพาหนะสื่อสารไปยังสถานีรับที่ย่านความถี่ 923 MHz ระบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการรายงานพิกัดและแสดงผลผ่านเว็บไซต์ Grafana โดยที่การพัฒนาการติดตามยานเกราะสำหรับการปฏิบัติการทางทหารและข่าวสาร มีเทคโนโลยีหลัก 2 ประเภทที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เทคโนโลยีการสื่อสารและเทคโนโลยีการระบุตำแหน่ง ในแง่ของเทคโนโลยีการสื่อสาร งานวิจัยได้เสนอการใช้ระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือเพื่อส่งข้อมูลต่าง ๆ ไปยังระบบแสดงผลผ่าน GPS [5,6] และข้อความสั้น [7,8,9,10] ระบบเหล่านี้มีการใช้พลังงานสูงและสามารถทำงานได้เฉพาะในพื้นที่ที่มีสัญญาณครอบคลุม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย [11,12,13] ที่แนะนำการใช้เทคโนโลยี Wi-Fi สำหรับการส่งข้อมูล ซึ่งสนับสนุนการส่งข้อมูลปริมาณมากด้วยความเร็วสูง อย่างไรก็ตาม ระยะการส่งสัญญาณมีจำกัด และมีความเสี่ยงต่อการรบกวนสัญญาณเนื่องจากการใช้ย่านความถี่สาธารณะ (ISM-Band)

จากงานวิจัยของ พันเอก ผศ.ดร.ผเดิม หนังสือ อาจารย์กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า เป็นโครงการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์สำหรับส่งและรับข้อมูลดิจิทัลในวิทยุทางทหารรุ่น AN/PRC-77 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนวิทยุรุ่นนี้จากระบบอนาล็อกเป็นระบบดิจิทัล โดยเน้นการเปิดช่องทางการติดต่อสื่อสารแบบดิจิทัลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางสองเครื่อง (Machine to Machine) แทนการใช้มนุษย์ในการสื่อสาร (Man to Man) งานวิจัยนี้เน้นการแปลงวิทยุรุ่น AN/PRC-77 ให้สามารถรายงานพิกัดของข้าศึกที่ตรวจพบได้ โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นสื่อกลางในการรับส่งสัญญาณ ซึ่งผลลัพธ์ที่คาดหวังคือการมีระบบติดต่อสื่อสารแบบดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอนาล็อก สามารถส่งและรับข้อมูลพิกัดของข้าศึกได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว งานวิจัยนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาการสื่อสารทางทหารให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดความผิดพลาดจากการใช้มนุษย์ในการส่งข้อมูลและเพิ่มความเร็วในการตอบสนองต่อสถานการณ์ในสนามรบ [14]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการสร้างต้นแบบสำหรับการติดตามตำแหน่งของรถยนต์ในหน่วยทหารโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร LoRaWAN หลักการออกแบบสำหรับการติดตามยานเกราะสำหรับการปฏิบัติการทางทหารและข่าวสารโดยใช้เทคโนโลยี LoRaWAN จะกล่าวถึงปัจจัยสำคัญที่นักวิจัยใช้ในกระบวนการออกแบบ รวมถึงแนวทางการออกแบบระบบ สถาปัตยกรรมโดยรวมของระบบ รายละเอียดของอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ที่ใช้ การออกแบบประสิทธิภาพการสื่อสาร และการออกแบบระบบแสดงสถานการณ์บนแผนที่ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

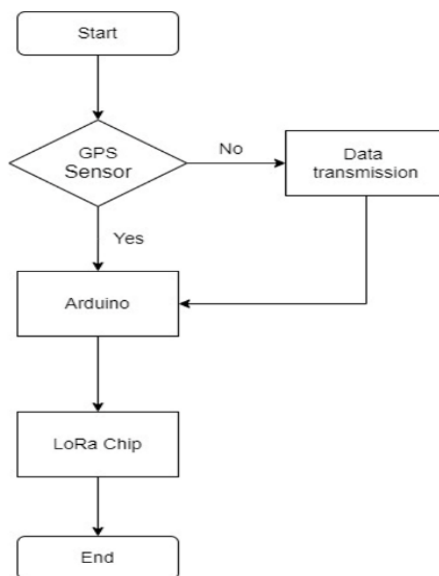
4.1 แนวทางการออกแบบ

เนื่องจากอุปกรณ์ติดตามตำแหน่งจะถูกใช้โดยรถยนต์สื่อสารทางทหารจากหน่วยงานด้านความมั่นคง ผู้วิจัยจึงได้รวมข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติการของหน่วยงานมาเป็นปัจจัยในการออกแบบระบบดังนี้

- อุปกรณ์ต้องมีขนาดกะทัดรัด ติดตั้งง่ายและมีน้ำหนักเบา
- ระบบการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ติดตามและเกตเวย์ต้องเป็นเครือข่ายส่วนตัว เพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติการในพื้นที่ภูเขาหรือป่าทึบที่อาจไม่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือ
- รัศมีการส่งข้อมูลระหว่างโหนดและเกตเวย์ต้องครอบคลุมอย่างน้อย 5 กิโลเมตรโดยไม่มีสิ่งกีดขวาง (Line of sight)
- อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเจ้าหน้าที่ทหารต้องใช้พลังงานต่ำ เพื่อให้สามารถปฏิบัติการนาน ๆ ได้
- ศูนย์บัญชาการต้องสามารถแสดงตำแหน่งและสถานะของรถยนต์เกราะได้แบบเรียลไทม์

4.2 การออกแบบโครงสร้าง Algorithm

โครงสร้างระบบประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางที่ใช้ควบคุมและสื่อสารกับโมดูลเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ภายในระบบ โดยประกอบด้วยระบบสื่อสารไร้พลังงานต่ำ เช่น เซ็นเซอร์ระบุตำแหน่งดาวเทียมระยะไกล เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบสามแกน และ LoRa gateway ดังในรูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ติดตามที่ออกแบบ แต่ละส่วนประกอบมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3 แผนผังการออกแบบโครงสร้างระบบ

4.3 โมดูลเซ็นเซอร์ LoRa 32

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M5 แบบ 32 บิต ที่ใช้พลังงานต่ำสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ และส่งข้อมูลที่ประมวลผลแล้วส่งไปยังโมดูลสื่อสาร LoRa 32 เพื่อส่งข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยี LoRaWAN ดังในรูปที่ 4

อุปกรณ์นี้ใช้สำหรับระบุตำแหน่งยานเกราะ โดยอุปกรณ์ GPS จะรายงานข้อมูลตามมาตรฐาน MNEA-0183 ซึ่งรวมถึงพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น วันที่-เวลา สถานะ GPS ละติจูด ลองจิจูด ความเร็ว ทิศทางการเคลื่อนที่ และระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยังระบบประมวลผลและแสดงบนแผนที่สถานการณ์เซ็นเซอร์ GPS ที่เลือกใช้คือโมดูลตำแหน่ง LoRa 32 ซึ่งมีแพลตฟอร์มรับสัญญาณ F9 ของ u-blox แพลตฟอร์มนี้รองรับ GNSS หลายย่านความถี่สำหรับการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม โดยโมดูล LoRa 32 ใช้เทคโนโลยี RTK หลายย่านความถี่ของ u-blox เพื่อให้ได้ความแม่นยำในระดับเซนติเมตร ใช้พลังงานต่ำ ขนาดกะทัดรัด และมีความไวสูงในการรับสัญญาณดาวเทียม

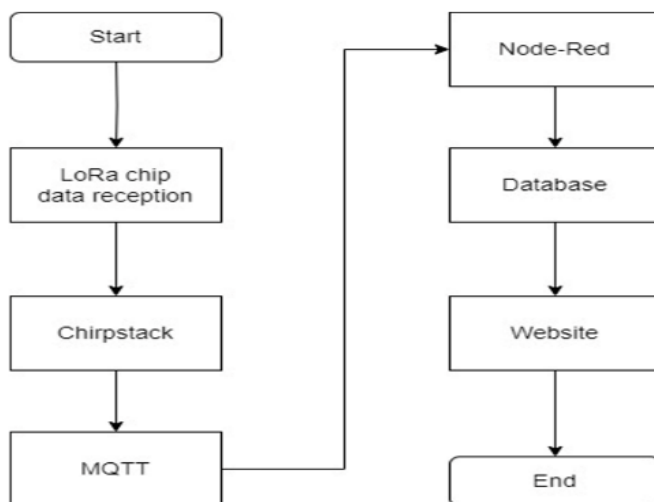


รูปที่ 4 โมดูลเซ็นเซอร์ LoRa 32

ที่มา: <https://www.flyrobo.in/ublox-neo-6m-gps-module-with-eprom>

4.4 การออกแบบ Algorithm LoRaWAN

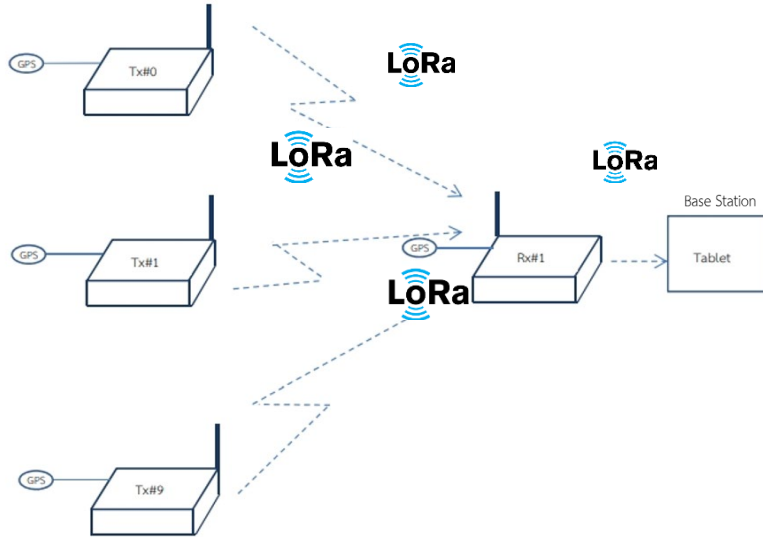
ระบบใช้เทคโนโลยี LoRaWAN สำหรับการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์รายงานตำแหน่งไปยังศูนย์บัญชาการและควบคุม LoRaWAN ถูกเลือกใช้เนื่องจากมีคุณสมบัติการใช้พลังงานต่ำ ทำให้สามารถสื่อสารในระยะไกลได้ นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อการรบกวนในระดับสูง ระบบนี้ใช้ชิปเซ็ต Sx 1276 จาก Semtech ซึ่งมีพลังงานการส่งสูงสุด 100 mW และมีความไว -148 dBm ในประเทศไทย เทคโนโลยี LoRaWAN ทำงานในย่านความถี่ 923 MHz ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะ ดังในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการออกแบบ Algorithm LoRaWAN

4.5 การทดสอบกับระบบติดตามรถยนต์ทางทหารผ่านแพลตฟอร์ม LoRaWAN

การออกแบบการทดสอบกับระบบสื่อสารติดตามรถยนต์ทางทหารผ่านแพลตฟอร์ม LoRaWAN โดยทำการทดสอบการทำงานของกล่องส่งข้อมูลผ่านโครงข่าย LoRaWAN แบบกระจายยานพาหนะ จำนวน 3 เครื่อง (Tx#0, Tx#1 และ Tx#9) และเครื่องรับผ่านโครงข่าย LoRaWAN แบบประจำที่ (Base Station) จำนวน 1 ชุด แล้วสังเกตข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมแสดงผลฝั่งรับ (Dashboard) ดังในรูปที่ 6

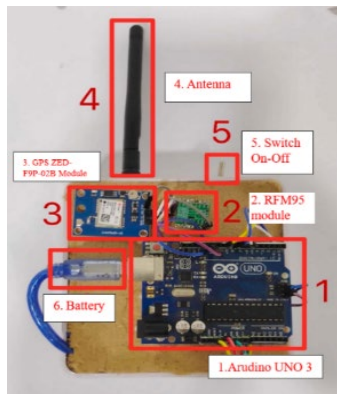


รูปที่ 6 การออกแบบการทดสอบ Algorithm ในการรวมข้อมูล

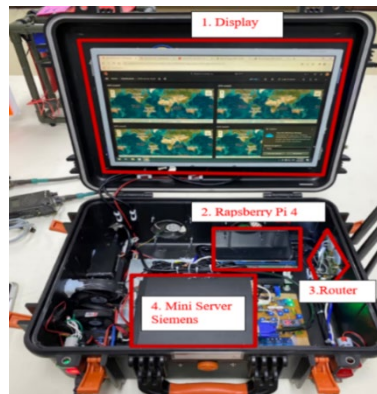
5. ผลการวิจัยและการทดสอบการทำงาน

5.1 ชุดสาธิตที่เสร็จสมบูรณ์

การจัดทำชุดต้นแบบระบบติดตามรถยนต์ทางทหารผ่านแพลตฟอร์ม LoRaWAN ที่เสร็จสมบูรณ์ โดยสามารถรองรับการเชื่อมต่อกับชุดวิทยุทหารแบบ CNR-900 ที่ประจำอยู่บนรถยนต์ทางทหารเข้ากับชุดต้นแบบผ่านไมโครโปรเซสเซอร์ Raspberry Pi4 พร้อมกับ GPS LoRa เพื่อยานพาหนะสื่อสารที่เคลื่อนที่ซึ่งส่งข้อมูลไปยังสถานีรับสัญญาณที่มีความถี่ 923 MHz การศึกษานี้มุ่งเน้นการสำรวจความเป็นไปได้ในการรายงานตำแหน่งและการแสดงข้อมูลผ่านเว็บไซต์ Grafana โดยที่ต้นแบบ Gateway LoRaWAN ที่ใช้บนพาหนะทหาร ดังในรูปที่ 7 (ก) ใช้ในการสื่อสารเน้นไปที่โมดูลเซ็นเซอร์ LoRa 32 ที่รับสัญญาณ GPS และส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งไปยังบอร์ด Arduino UNO 3 ซึ่งจากนั้น Arduino ซึ่งจะส่งผ่านโครงข่าย LoRa Gateway เพื่อส่งข้อมูลไปที่ฐานที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมและควบคุม ที่ออกแบบเพื่อรองรับสัญญาณผ่านต้นแบบที่ประจำบนยานเกราะ ส่งต่อไปยัง MQTT ซึ่งจะส่งข้อมูลไปยัง Node-RED ซึ่งจะประมวลผลและแยกข้อมูลเพื่อส่งไปยังฐานข้อมูล ฐานข้อมูลจะเก็บและประมวลผลข้อมูลซึ่งสามารถแสดงผลและวิเคราะห์ผ่านเว็บไซต์ Grafana ดังในรูปที่ 7 (ข)



(ก) แบบประจำรถยนต์เกราะ

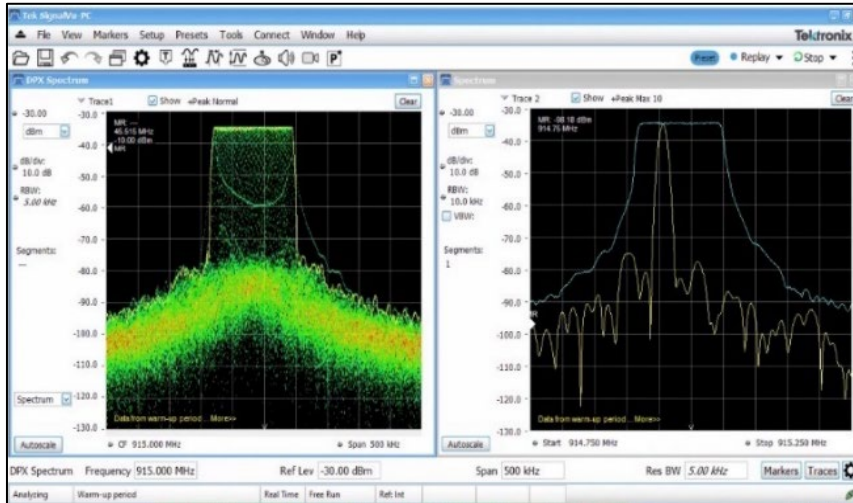


(ข) แบบประจำศูนย์ควบคุม

รูปที่ 7 ชุดต้นแบบระบบติดตามรถยนต์ทางทหารผ่านแพลตฟอร์ม LoRaWAN

5.2 การกระจายคลื่นของเสาอากาศ

การแพร่กระจายคลื่น LoRa อยู่ในช่วงย่านความถี่ 923 MHz โดยใช้สเปกตรัม รุ่น RSA306B USB Spectrum Analyzer ยี่ห้อ Tektronix โดยย่านความถี่ดังกล่าวเป็นไปตามที่ กสทช. ประกาศ เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคมที่ไม่ใช่ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ซึ่งใช้คลื่นความถี่ย่าน 920-925 MHz และ Time Slot จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 6-10 วินาทีขึ้นกับระยะทางของชุดเชื่อมต่อวิทยุผ่านโครงข่าย RoIP แบบเคลื่อนที่ห่างจากชุดเชื่อมต่อวิทยุผ่านโครงข่าย LoRaWAN แบบประจำที่ ดังในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การแพร่กระจายคลื่น LoRa โดยใช้ RSA306B USB Spectrum Analyzer

5.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดที่ได้จาก GPS ผ่านระบบ LoRaWan

จากการทดสอบต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุผ่านโครงข่าย LoRaWan แบบประจำที่ (Base Station) ไม่มีการเคลื่อนที่ แต่ค่าพิกัดของชุดต้นแบบประกอบรถยนต์ผ่านโครงข่าย LoRaWan แบบเคลื่อนที่จำนวน 3 ชุด จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS ของแต่ละเครื่องดังตารางที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ข้อมูลพิกัดที่ได้รับจากกล่องส่งข้อมูลหมายเลข 0

เวลา (วินาที)	พิกัดข้อมูลที่ได้รับ (ในรูปแบบมาตรฐานของ GPS)	พิกัดข้อมูลที่ได้รับในระบบ MGRS
0.946	1418.19892, 10109.90302	47PQR 33545 82362
10.965	1418.19918, 10109.90323	47PQR 33545 82363
20.959	1418.19969, 10109.90353	47PQR 33546 82364
30.959	1418.20107, 10109.90236	47PQR 33543 82366
40.946	1418.20234, 10109.90089	47PQR 33541 82369
50.956	1418.20298, 10109.89980	47PQR 33539 82370
60.957	1418.20316, 10109.89907	47PQR 33538 82370
ค่าความแตกต่างสูงสุดในแนวระดับ		2 เมตร
ค่าความแตกต่างสูงสุดในแนวตั้ง		3 เมตร

ตารางที่ 2 ข้อมูลพิกัดที่ได้รับจากกล่องส่งข้อมูลหมายเลข 1

เวลา (วินาที)	พิกัดข้อมูลที่ได้รับ (ในรูปแบบมาตรฐานของ GPS)	พิกัดข้อมูลที่ได้รับในระบบ MGRS
0.946	1418.19739,10109.89297	47PQR 33527 82359
10.965	1418.19730,10109.89379	47PQR 33528 82359
20.959	1418.19797,10109.89556	47PQR 33531 82361
30.959	1418.19837,10109.89586	47PQR 33532 82361
40.946	1418.19864,10109.89488	47PQR 33530 82362
50.956	1418.19860,10109.89339	47PQR 33527 82362
60.957	1418.19851,10109.89257	47PQR 33526 82361
ค่าความแตกต่างสูงสุดในแนวระดับ		4 เมตร
ค่าความแตกต่างสูงสุดในแนวตั้ง		3 เมตร

ตารางที่ 3 ข้อมูลพิกัดที่ได้รับจากกล่องส่งข้อมูลหมายเลข 2

เวลา (วินาที)	พิกัดข้อมูลที่ได้รับ (ในรูปแบบมาตรฐานของ GPS)	พิกัดข้อมูลที่ได้รับในระบบ MGRS
0.946	1418.19814,10109.89464	47PQR 33530 82361
10.965	1418.19813,10109.89456	47PQR 33529 82361
20.959	1418.19857,10109.89382	47PQR 33528 82362
30.959	1418.19878,10109.89376	47PQR 33528 82362
40.946	1418.19934,10109.89363	47PQR 33528 82363
50.956	1418.19981,10109.89404	47PQR 33529 82364
60.957	1418.20009,10109.89431	47PQR 33529 82364
ค่าความแตกต่างสูงสุดในแนวระดับ		2 เมตร
ค่าความแตกต่างสูงสุดในแนวตั้ง		3 เมตร

ดังนั้นจะแสดงให้เห็นว่า ตามตารางที่ 1 ถึง 3 ค่าพิกัดที่ได้รับจาก GPS เมื่อเปรียบเทียบกับระบบพิกัดทางทหารแบบ MGRS อาจจะมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ถึง 3-4 เมตรทั้งในแนวเหนือใต้และแนวตะวันออกตะวันตก พร้อมทั้งได้ทำการทดสอบในพื้นที่ บริเวณ วัดหนองซอน (พิกัด 47Q PU405749) อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก สามารถรองรับการรับ-ส่งข้อมูลระยะทางประมาณ 3.6 กิโลเมตร วัดระยะตามแนว line of Sight ลักษณะพื้นที่เป็นชุมชนโดยรอบพร้อมทั้งมีสถานีวิทยุกระจายเสียงชุมชน ดังในรูปที่ 9





รูปที่ 9 การทดสอบชุดต้นแบบ บริเวณวัดทองขอม อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

6. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาและออกแบบในการรับส่งข้อมูลพิกัดผ่านโครงข่าย LoRaWAN สามารถรับส่งข้อมูลระยะทางถึง 3.6 กิโลเมตร ด้วยความเร็ว 4800 บิตต่อวินาที พร้อมทั้งทำการทดสอบการแพร่กระจายคลื่นของ Chip LoRaWAN ในย่าน 923 MHz ที่เป็นไปตาม กสทช. อนุญาตให้สามารถใช้งานได้ ทั้งนี้ระบบสามารถทำงานได้อย่างน่าพึงพอใจสำหรับหน่วยทหารในพื้นที่ในระดับกองพันทหารราบยานเกราะที่ไม่จำเป็นต้องให้รถแต่ละคันทำการรายงานพิกัดทางทหารของตนเอง (MGRS) มายังศูนย์บัญชาเพื่อติดตามและประเมินผลการปฏิบัติได้พร้อมทั้งประหยัดเวลา ความแม่นยำของข้อมูลพิกัด GPS ที่ห่างไม่เกิน 3-4 เมตรทั้งทางตั้งและระดับ จึงมีความน่าเชื่อถือได้มากกว่าการรายงานผ่านบุคคลที่ทำการอ่านค่าพิกัดบนแผนที่โดยตรง

7. กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยชุดต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี สำเร็จลุล่วงด้วยดีนั้น ต้องขอขอบคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยทุนวิจัยโครงการวิจัยแผนงานการวิจัยและพัฒนาเพื่อดำรงสภาพยุทธโศภกรณ์ของกองทัพ สำหรับอุตสาหกรรมความมั่นคงและป้องกันประเทศ ประจำปี 2566 ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนทรศน์ แซ่ลิ้ม เบญจา บุญเอื้อ วราวุฒิ ภิรมย์ สรภพ สุภชัยพานิชพงศ์ และมาลินดา หงษ์ทอง, “การออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามตำแหน่งสำหรับปฏิบัติการด้านยุทธการและการข่าวด้วยเทคโนโลยี LoRaWAN”. วารสารวิชาการเทคโนโลยีป้องกันประเทศปีที่ 3 ฉบับที่ 8, ก.ค.-ธ.ค. 2564
- [2] J. Bell, and H.M. Dee, “Watching plants grow – a position paper on computer vision and Arabidopsis thaliana”, *IET Computer Vision*, Vol. 11, ISS 2, p. 113-121, 2017
- [3] A. Chaudhury, C. Ward, A. Talasaz, A.G. Ivanov, M. Brophy, B. Grodzinski, N.P.A. Huner, R.V. Patel, and J.L. Barron, “Machine Vision System for 3D Plant Phenotyping”, arXiv:1705.00540, 2017
- [4] คู่มือการใช้งานชุดวิทยุตระกูล CNR900 การใช้งานและเชื่อมต่อวิทยุ Combat net radio
- [5] Hoque, M.I., Amin, A.A., Rahaman, M.J. & Hossam-E-Haider, M. 2017. Designing and Performance Evaluation of GSM/GPS Based Helicopter Tracking Device.
- [6] Mustafa, A., al-Nouman, M.I.A. & Awad, O.A. 2019. A Smart real-time tracking system using GSM/GPRS technologies. First International Conference of Computer and Applied Sciences.
- [7] Islam, M.N., Islam, M.R., Rafiqul Islam, S.M., Bhuyan, S.A. & Hasib, F. 2018. LocSoldiers: Towards Developing an Emergency Troops Locating System in Military Operations. 4th International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology.

- [8] Yellamma, P., Chandra, N.S.N.S.P., Sukhesh, P., Shruthi, P. & Teja, S.S. 2021. Arduino Based Vehicle Accident Alert System Using GPS, GSM and MEMS Accelerometer. 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication.
- [9] Ameen, F.N., Mohammed, Z.S. & Sddiq, A.I. 2018. An Economic Tracking Scheme for GPS-GSM Based Moving Object Tracking System. The 2nd International Conference on Engineering. Technology and Sciences of Al-Kitab University.
- [10] Bharavi, U. & Rao, M.S. 2017. Design and Development of GSM and GPS Tracking Module. 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics Information & Communication Technology.
- [11] Mohsin, A. & Yellampalli, S.S. 2017.
- [12] Raj, J.T. & Sankar, J. 2017. IoT Based Smart School Bus Monitoring and Notification System. IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference.
- [13] Ranjeeth, B., Reddy B.S., Reddy, Y.M.K, Suchitra, S. & Pavithra, B. 2020. Smart Child Safety Wearable Device. International Conference on Electronics and Sustainable Communication System.
- [14] พันเอก ผนเดิม หนังสือ, “การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ในการส่งและอุปกรณ์ในการรับข้อมูลดิจิทัลสำหรับวิทยุทางทหารรุ่น AN/PRC-77”. วารสารวิชาการ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, Published on December 2013.

การพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน สิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัยของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว กรณีศึกษาอาคาร C2 วิทยาลัย เทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มนตรี เงามเดช^{1*} จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน¹ วรจักร์ เมืองใจ¹ นพพร พัชรประภคิตี¹
ณัฐวัฒน์ พัลลวิ¹ กัญจน์ นาคเอี่ยม¹ นริศ กำแพงแก้ว² ดอน วิริยะคำ³ และ ชีระศักดิ์ สมศักดิ์⁴

¹ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

² สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

³ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

⁴ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

*montri@rmutl.ac.th , 0949691818

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของหน่วยงานที่เพิ่มสูงขึ้น และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นอีกในอนาคต เนื่องจากมีการเพิ่มอุปกรณ์การใช้พลังงาน เพื่อรองรับการจัดการเรียนการสอน ระบบสาธารณูปโภค การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลก และจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งที่ผ่านมามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานและมีกิจกรรมรณรงค์ส่งเสริมให้บุคลากรร่วมกันประหยัดพลังงาน และได้ผลดีอยู่ในระดับหนึ่ง แต่ยังคงขาดการบริหารจัดการ เทคโนโลยีและนวัตกรรมอย่างเป็นระบบ ซึ่งหากสามารถนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมสมัยใหม่ ทางดิจิทัล IoT และมีระบบบริหารจัดการที่ดี ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของพลังงานได้มากขึ้น ปัจจุบันค่าพลังงานไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการเป็นระบบรวมทั้งวิทยาลัย จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบตรวจวัดและแสดงผล กรณีศึกษา อาคาร C2 วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระบบการจัดการพลังงาน สามารถเก็บบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถแสดงผลออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยมีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อไปได้ การพัฒนาระบบจัดการพลังงานดังกล่าวสามารถขยายผลนำมาใช้กับอาคารอื่นๆ ในวิทยาลัย และ รวมไปถึงนำมาใช้กับทุกอาคารในมหาวิทยาลัยต่อไป อีกทั้งยังส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงพลังงานด้วย และในด้านระบบการจัดการตามแนวทางของมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green UI University)

คำสำคัญ : พลังงาน, ระบบจัดการพลังงาน, อาชีวอนามัยและความปลอดภัย, มหาวิทยาลัยสีเขียว

Development of the energy, environment, biology and safety management system of Rajamangala University of Technology Lanna to a green university.
Case study at C2 College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

Montri Ngao-det ^{1*} Jutturit Thongpron ¹ Worrajak Muangjai ¹ Nopporn Patcharaprakiti ¹
Nattawat Panlawan ¹ Kan Nakaiam ¹ Naris Khampangkaew ² Don Wilakham ³ and Teerasak Somsak ⁴

¹Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

²Office of Academic Resource and Information Technology, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, 50300

³Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Lanna

⁴College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna
98, Moo.8, Tambon Papong, Amphoe Doi Saket, Chiang Mai, 50220

*E-mail, montri@rmutl.ac.th, 0949691818

Abstract

Rajamangala University of Technology Lanna exhibits a proclivity for augmenting its power consumption, which is anticipated to escalate in the foreseeable future owing to the proliferation of power-intensive apparatus required to facilitate educational administration. To some extent, public utilities, global temperature change, and the growing number of students who have graduated from Applied Sciences have implemented energy conservation measures and organized activities that promote collaboration, energy efficiency, and effectiveness. However, a lack of proper management persists. Technology and innovation work together as a unified system. We can significantly enhance energy efficiency by incorporating current technology and innovation, such as digital systems, the Internet of Things (IoT), and an efficient administration system. At present, electricity costs, colleges, technology, and societies are all classified as systems. There is a concept for developing measuring and display systems. The study of the C2 building at the College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology, can improve the department's electricity utilization. This can subsequently drive the adoption of energy storage and management solutions, ultimately facilitating the expansion of energy systems based on the Green UI University.

Keywords: Energy, Energy Management, Biosafety, Green University

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของหน่วยงานที่เพิ่มสูงขึ้น และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นอีกในอนาคต การบริหารจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมอย่างเป็นระบบ ซึ่งหากสามารถนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมสมัยใหม่ทางดิจิทัล IoT และมีระบบบริหารจัดการที่ดี ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของพลังงานได้มากขึ้น กรณีศึกษาอาคาร C2 วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระบบการจัดการพลังงาน สิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย โดยมีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อไปได้ การพัฒนาระบบจัดการพลังงานดังกล่าวสามารถขยายผลนำมาใช้กับอาคารอื่นๆ ในวิทยาลัย และ รวมไปถึงนำมาใช้กับทุกอาคารในมหาวิทยาลัย อีกทั้งยังส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงพลังงานด้วย และในด้านระบบการจัดการตามแนวทางของมหาวิทยาลัยสีเขียว

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.1 เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงาน สิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของ อาคาร C2 วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

1.2 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของ อาคาร C2 วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

1.3 เพื่อสร้างแนวทางต้นแบบในการเข้าสู่การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียว

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการพลังงาน

หลักเกณฑ์ในการตรวจสอบการจัดการพลังงาน การตรวจสอบและการรับรองการจัดการพลังงานนั้น เป็นสิ่งสำคัญที่จะบ่งบอกถึงความสามารถของ การจัดการพลังงาน และการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม/อาคารควบคุม ดังนั้น เกณฑ์การตรวจสอบ จึงต้องมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดของวิธีการจัดการพลังงาน มีความชัดเจน และเหมาะสมเพื่อเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ และจัดลำดับความสามารถของโรงงานควบคุม/อาคารควบคุมในการจัดการด้านพลังงาน และ เพื่อให้พนักงานเจ้าหน้าที่หรือผู้ที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบมีแนวทางในการปฏิบัติและสามารถตรวจสอบและ รับรองการจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและบังเกิดประสิทธิผล ประเด็นใดเป็น ความร้ายแรง (Major) และประเด็นใดบ้างเป็นความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor)

ขั้นตอนการจัดการพลังงาน จากข้อกำหนดตามกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ซึ่งกำหนดให้โรงงานควบคุม และอาคาร ควบคุม จำเป็นต้องเริ่มให้มีวิธีการจัดการพลังงานเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยวิธีการจัดการพลังงานนั้นต้องมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งมีการวางแผนการดำเนินการ ที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของการจัดการพลังงาน การดำเนินการสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

(2) การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

(3) การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

(4) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

(5) การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการ อนุรักษ์พลังงาน

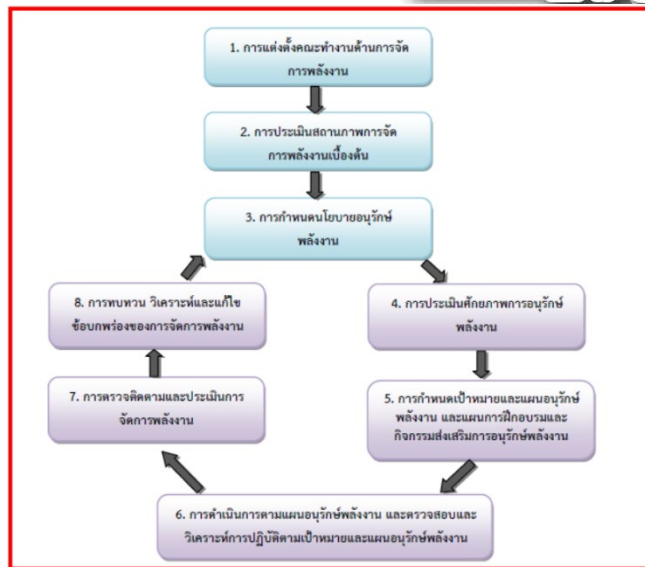
(6) การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์

พลังงาน

(7) การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

(8) การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน ทั้งนี้ โดยรายละเอียดของการดำเนินการใน

ขั้นตอนในข้อ (4) ข้อ (5) ข้อ (6) ข้อ (7) และข้อ (8) ต้อง เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ด้วย



รูปที่ 3 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประกอบด้วย วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง อธิบายถึงกระบวนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียดและชัดเจน

3.1 ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วยนวัตกรรมมิเตอร์วัดพลังงาน ที่ได้รับมอบจากบริษัท พีบีดับบลิว โลท์ติง จำกัด และมีอุปกรณ์ปล่อยสัญญาณ WiFi ให้กับนวัตกรรมมิเตอร์วัดพลังงาน รายละเอียดดังรูปที่ 4ก และ 4ข



(ก) นวัตกรรมมิเตอร์วัดพลังงาน



(ข) อุปกรณ์ระบบตรวจติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า

รูปที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

3.2 ซอฟต์แวร์ ส่วนนี้จะอธิบายถึงซอฟต์แวร์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งมีรายละเอียดประกอบ ดังนี้

3.2.1 Home Assistant

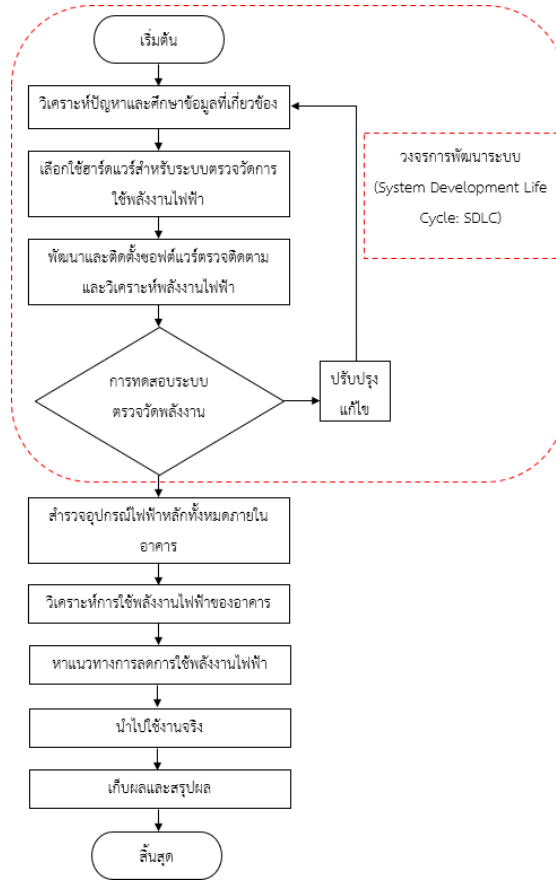
Home Assistant เป็นระบบ Home Automation ซอฟต์แวร์แบบ Open-source ฟรี ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมอุปกรณ์ IoT หรือ Smart Home ภายในบ้านหรืออาคาร (Home Automation) ได้รับการยอมรับและได้รับความนิยมใช้งานทั่วโลก โดยไม่ใช้ระบบ Cloud Server ของ ผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งมักจะเป็นเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ในต่างประเทศ แต่จะใช้เซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ภายใน (Local server) ทำให้มีความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัย ยังทำงานได้แม้ไม่มีอินเทอร์เน็ต เช่น สวิตช์

3.2.2 Node-RED

Node-RED อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อในโครงสร้างพื้นฐาน IoT ช่วยให้สามารถ รวมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์, API และบริการออนไลน์ได้อย่างง่ายดาย เชื่อมต่ออุปกรณ์และบริการต่างๆ โดยการเชื่อมต่อโหนดในโฟลว์ที่คุณต้องการ Node-RED สร้างขึ้นบน Node.js ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมเซิร์ฟเวอร์แบบโอเพ่นซอร์สและข้ามแพลตฟอร์ม Node.js ใช้สถาปัตยกรรมที่ขับเคลื่อนด้วย เหตุการณ์และไม่มีการบล็อก

3.2.3 MQTT broker

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) คือ โพรโทคอลในการส่งข้อมูลที่ พัฒนามาเพื่อใช้ในระบบ IOT ทำงานแบบ Broker and Clients Network ถูกออกแบบให้ สามารถส่งข้อมูลแบบ Real-Time



รูปที่ 5 ผังการดำเนินงานของการตรวจติดตามและวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าของอาคาร C2

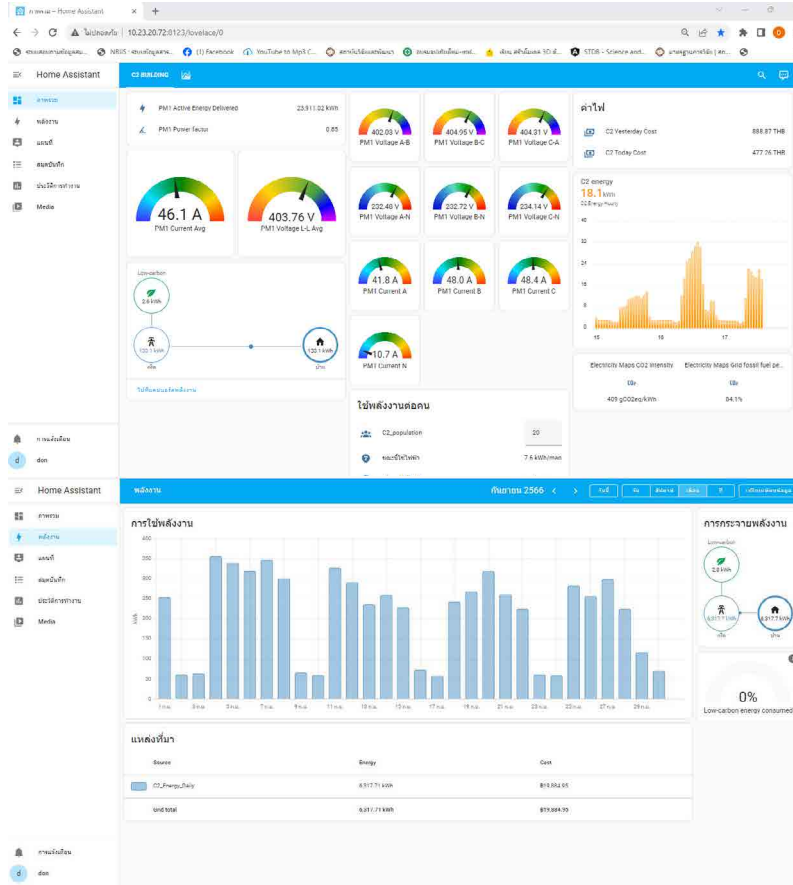


รูปที่ 6 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเก็บค่าการใช้ไฟฟ้าของอาคาร C2

4. ผลการวิจัย

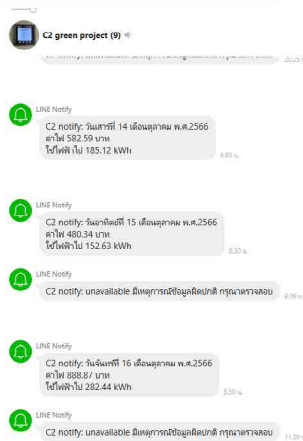
เสนอผลการวิจัยที่ตรงประเด็นตามลำดับขั้นของการวิจัย การใช้ตารางหรือแผนภูมิไม่ควรเกิน 5 ตาราง หรือแผนภูมิโดยมีการแปลความหมายและวิเคราะห์ผลที่ค้นพบอย่างชัดเจน

รูปที่ 7 แสดงผลการออกแบบและพัฒนาระบบจัดเก็บค่าพลังงานภายในอาคาร สำหรับเป็นต้นแบบในการขยายผลสู่การปฏิบัติของหน่วยงาน

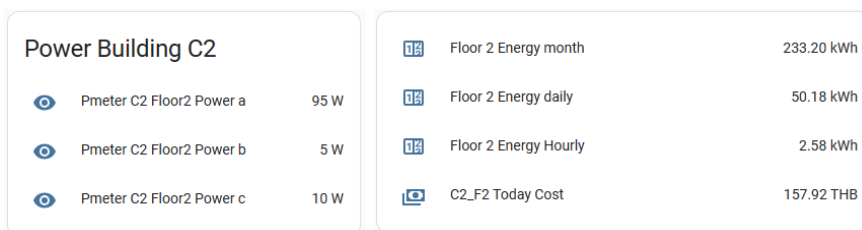


รูปที่ 7 หน้าจอแสดงผลแพลตฟอร์ม Home Assistant

รูปที่ 8 แสดงระบบการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ จะแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าจากการคำนวณของโปรแกรม รวมถึงความผิดปกติของการตรวจวัดข้อมูลทางไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น ข้อมูลความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้า ที่มีค่า ต่ำ หรือ สูง ผิดจากมาตรฐานของการไฟฟ้า

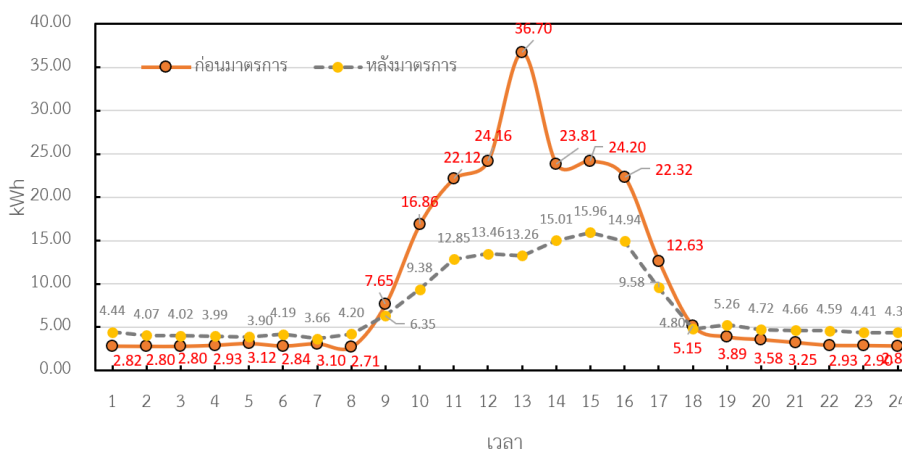


รูปที่ 8 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ



รูปที่ 9 การแสดงผลแบบ Entities ของค่าไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

รูปที่ 9 แสดงข้อมูลสรุปของการใช้ไฟฟ้า ภายในอาคาร C2 ชั้นที่ 2 มีข้อมูลสรุปการใช้ไฟฟ้าแต่ละเฟส และข้อมูลสรุปการใช้พลังงาน รายชั่วโมง รายวัน และรายเดือน



รูปที่ 9 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวันก่อนและหลังใช้มาตรการ

จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าจุด peak สุดของการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่เวลา 12:00 น. ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 36.70 kWh เป็นช่วงเวลาในการพักเที่ยงหรือพักจากการทำงาน ส่วนในช่วงเช้าและเย็นหรือช่วงก่อนเวลาราชการและหลังจากเวลาราชการมีการใช้พลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกันเฉลี่ยอยู่ที่ 2.80 kWh

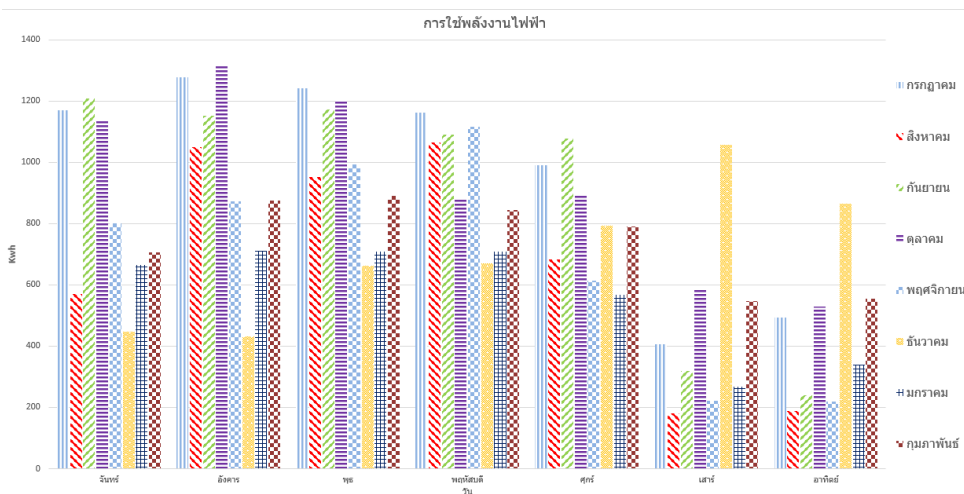
การใช้พลังงานเฉลี่ยรายวันหลังมีมาตรการลดการใช้พลังงาน ในส่วนการใช้พลังงานเฉลี่ยรายวันหลังมีมาตรการลดการใช้พลังงานจะเป็นการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-เดือนกุมภาพันธ์เป็น ระยะเวลา 4 เดือนโดยนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวันมาเฉลี่ยและนำข้อมูลรายชั่วโมงมาจัดทำเป็น Dairy load Curve

จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าจุด peak สุดของการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่เวลา 14:00 น. ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 15.96 kWh ลดลงจากจุด peak ของก่อนมีมาตรการลดการใช้พลังงาน ไฟฟ้าอยู่ 24.20 kWh ส่วนในช่วงเช้าและเย็นหรือช่วงก่อนเวลาราชการและหลังจากเวลาราชการมีการใช้พลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกันเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 5 kWh

ตารางที่ 1 บันทึกผลค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละวันในช่วงเดือนกรกฎาคม-มกราคม (kWh)

การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)							
เดือน	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
กรกฎาคม	1,169.86	1,278.75	1,241.04	1,161.02	990.69	407.37	493.37
สิงหาคม	570.39	1,049.91	952.52	1,063.85	683.03	180.82	187.25
กันยายน	1,208.46	1,153.13	1,171.34	1,091.65	1,077.90	317.98	239.96
ตุลาคม	1,132.86	1,314.54	1,203.62	878.49	890.33	587.35	528.32
พฤศจิกายน	801.83	873.02	992.38	1,116.23	613.14	221.29	219.87
ธันวาคม	448.00	431.21	661.59	671.29	793.68	1,056.32	864.70
มกราคม	664.93	710.14	707.98	709.62	568.05	267.96	340.69
กุมภาพันธ์	706.32	875.39	889.33	845.60	791.34	547.64	554.27
รวม	6,702.65	7,686.09	7,819.80	7,537.75	6,408.16	3,586.73	3,428.43
รวม วันจันทร์ - ศุกร์	36,154.45						
เฉลี่ย วันจันทร์ - ศุกร์	7,230.89						
เฉลี่ย วันจันทร์ - พฤหัสบดี	7,436.57						
รวมวันหยุดราชการ	7,015.16						

จากตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันราชการจะพบได้ว่าการใช้พลังงานอยู่ที่ 36,154.45 kWh ในส่วนของวันจันทร์ถึงวันพฤหัสบดีมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 7,436.57 kWh และในส่วนศุกร์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 6,408.16 kWh ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าวันจันทร์ถึงวันพฤหัสบดีอยู่ที่ 1,028.41 kWh ส่วนของวันหยุดราชการมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมอยู่ที่ 7,015.16 kWh โดยเทียบกับการใช้พลังงานของวันราชการคิดเป็นร้อยละ 19.40 %



รูปที่ 10 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวันเปรียบเทียบในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือน ก.ค.-ก.พ.



รูปที่ 11 ภาพการฝึกอบรมให้กับบุคลากรที่ใช้งานอาคาร C2 เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

การฝึกอบรมให้กับบุคลากรที่ใช้งานอาคาร C2 เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างความเข้าใจและการใช้ประโยชน์จากพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ขั้นตอนการฝึกอบรมสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้:

1. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้า: ให้บุคลากรเข้าใจถึงวิธีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร C2 ให้มีความเข้าใจถึงการใช้พลังงานในแต่ละอุปกรณ์ รวมถึงวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานประจำวัน
2. เทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประหยัดพลังงาน: อธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น ระบบไฟฟ้าอัตโนมัติ (Building Automation System), การใช้งานแสงสว่าง, ระบบหลังคาเพื่อการเก็บพลังงาน
3. การปรับปรุงพลังงานในอาคาร: C2 ให้เข้าใจถึงวิธีการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน เช่น การติดตั้งฉนวนความร้อน, การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอาคาร
4. การวัดและติดตามผล: อธิบายถึงการวัดและติดตามผลการใช้พลังงาน วิธีการตรวจสอบค่าพลังงานที่ใช้ในอาคาร C2 และวิธีการปรับปรุงต่อไป
5. การฝึกอบรมแบบปฏิบัติ: จัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน เช่น การทดลองใช้เทคโนโลยีมาในชีวิตประจำวัน

การฝึกอบรมเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและทักษะในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของบุคลากรในอาคาร C2 อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ

5. สรุปและอภิปรายผล

การตรวจติดตามและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าอาคาร C2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ ได้จัดทำระบบตรวจวัดและบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านแพลตฟอร์ม Home assistant และได้ทำการจัดเก็บข้อมูลผ่าน google sheet ทำให้สามารถนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์ได้สะดวกมากขึ้น ในส่วนการแสดงผลได้มีการแสดงผลแบบต่างๆ มีการส่งผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวันและค่าไฟฟ้าไปยังแอปพลิเคชัน Line เพื่อที่จะสามารถทราบถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่วันได้ง่าย

จากการเก็บข้อมูลอาคาร C2 ของมหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เป็นระยะเวลาทั้งหมด 8 เดือน เพื่อที่จะสามารถทราบถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร C2 ได้อย่างละเอียด เพื่อที่จะสามารถนำไปหาแนวทางการลดใช้ พลังงานไฟฟ้าเพื่อที่จะให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท พีบีดับบลิว ไลท์ติ้ง จำกัด ที่ได้สนับสนุนมิเตอร์วัดพลังงานเพื่อพัฒนาเป็นนวัตกรรมมิเตอร์วัดพลังงาน รวมถึงหน่วยวิจัยระบบพลังงานสะอาด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และภาคีเครือข่าย ที่สนับสนุนงบประมาณและอำนวยความสะดวก ทดลองอุปกรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] วรจักร์ เมืองใจ, สามารถ สาลี,(2563) การตรวจติดตามเพื่อควบคุม และวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการคัดผัก กรณีศึกษาอาคารผลิตผล ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง : วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม
- [2] ดร.ศุภชัย ปัญญาวีร์, (2560) การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม.
- [3] สุเมธี อินคำเชื้อ, (2560) การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยเครือข่ายไร้สาย.: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, คู่มือการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า.
- [5] สำนักงานควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย, คู่มือ กฎหมายควบคุมอาคาร, vol. 2552. 2552-04.

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสำหรับหาสภาวะที่เหมาะสมในการสีข้าว สายพันธุ์บือบอด้วยเครื่องสีข้าวแบบ 3 ลูกยาง

สมหมาย สารมาท^{1*} พุทสาयัน นราพินิจ¹

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*saramath@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการสีข้าวสายพันธุ์บือบอเพื่อลดการแตกหักของเมล็ดข้าวด้วยเครื่องสีข้าวแบบชุดลูกยาง 3 ลูก ทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน 2^3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวในระหว่างการสี 3 ปัจจัย คือ ระยะห่างลูกยางสีข้าว (1.0-1.8 mm) พื้นที่ช่องปล่อยข้าว ($6.5-26.0 \text{ cm}^2$) และความเร็วลมช่องอากาศเป่าแกลบ (0.0-6.7 m/s) โดยการกำหนดผลตอบเป็นค่าสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวที่มีลักษณะสมบูรณ์ ผลการศึกษากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการสีข้าวพันธุ์พื้นเมือง ที่ระยะห่างระหว่างลูกยางสีข้าว 1.0 mm พื้นที่ช่องปล่อยข้าว 6.5 cm^2 ความเร็วลมช่องอากาศเป่าแกลบ 6.7 m/s ได้ค่าเฉลี่ยเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ 71.88% ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R-sq(adj) 0.91 ผลงานวิจัยนี้เกษตรกรหรือชุมชนสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องสีข้าวพันธุ์พื้นเมืองเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูปเพื่อจำหน่ายออกสู่ท้องตลาด

คำสำคัญ : ออกแบบการทดลอง, กระบวนการสีข้าว, สภาวะที่เหมาะสม

Factorial design for determining optimal conditions for milling Bue Bo rice using a three-rubber-roll milling machine

Somma Saramath^{1*} Puttasayan Narapinij¹

¹ Department of Production Engineer, Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* saramath@rmutl.ac.th

Abstract

The aim of this research is to determine the optimal conditions for milling Bue Bo rice to reduce the breakage of rice grains using a three-rubber-roll rice milling machine. A full factorial experimental design (2^3) was used to study the factors affecting rice grain breakage during milling. The three factors studied were the distance of gaps between the rubber rolls (1.0-1.8 mm), the discharge port area ($6.5-26.0 \text{ cm}^2$), and the husk blower air speed (0.0-6.7 m/s). The response variable was the percentage of complete grains. The experimental results indicated that the optimal conditions for the Bue Bo rice were the distance of gaps between the rubber rolls of 1.0 mm, the discharge port area of 6.50 cm^2 , and the husk blower air speed of 6.7 m/s. These conditions resulted in an average complete grain percentage of 71.88%, with statistical significance at the 0.05 level and an adjusted R^2 coefficient R-sq(adj) of 0.91. The results of the research can be utilized by farmers or communities to design the operation systems of rice milling machines for local rice varieties, aiming to increase production volume and enhance the value of processed rice products for market distribution.

Keywords: experimental design, rice milling process, optimal conditions

1. บทนำ

พันธุ์ข้าวท้องถิ่นหรือข้าวพันธุ์พื้นเมือง มีบทบาทสำคัญในด้านการเกษตรและความมั่นคงทางอาหารในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ จากการศึกษาของประเทศอินโดนีเซีย ประเทศอินโดจีน จังหวัดอาเจะห์ ไนจีเรีย และบังคลาเทศ พบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีความสำคัญที่มีหลากหลายทั้งลักษณะทางสัณฐานวิทยาและทางพันธุกรรม มีองค์ประกอบทางโภชนาการ ทำให้เป็นทรัพยากรพันธุกรรมที่มีคุณค่าสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต (Sathya et al., 2022) ข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลังการหุงต้มจะมีคุณภาพที่ดีสำหรับการเพาะปลูกข้าวจะมีความทนทานต่อสภาพอากาศ (Md et al, 2023) มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ มีโปรตีน เส้นใย และธาตุเหล็กที่สูง ข้าวบือบอ เป็นข้าวกล้องเหลืองสายพันธุ์พื้นเมืองบนพื้นที่สูงของจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย มีลักษณะเมล็ดที่มีความเรียวยาว เมล็ดมีสีเหลืองนวล เมื่อหุงข้าวจะมีความนุ่ม กลิ่นหอม และมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทำให้ข้าวสายพันธุ์นี้เป็นสายพันธุ์ที่เป็นการต้องการของท้องตลาด ข้าวพันธุ์พื้นเมือง เรียกสั้น ๆ ว่า ข้าวดอยสามารถปลูกได้บนพื้นที่ราบสูงทางเหนือจึงจัดเป็นพืชอาหารหลักของกลุ่มชาติพันธุ์บนพื้นที่ราบสูง ซึ่งจะมีการปลูกข้าวปีละครั้งในช่วงฤดูฝน (จันทร์จิรา รุ่งเจริญ, 2566) และให้ผลผลิตสูง (นงนุช ประดิษฐ์, 2564) การแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวสารผ่านการกระบวนการแปรรูปด้วยเครื่องสีข้าว (Milling machine) ซึ่งใช้หลักการกะเทาะเปลือกข้าวให้เกิดความเสียหายหรือแตกหักของเมล็ดข้าวน้อยที่สุด ปัจจัยสำคัญของการสีข้าวให้ได้ผลผลิตที่สูง เมล็ดข้าวมีความสมบูรณ์เกิดการแตกหักน้อยขึ้นอยู่กับกระบวนการออกแบบเครื่องจักร สำหรับกลไกในการกะเทาะเปลือกข้าวโดยทั่วไปใช้หลักการกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงเพื่อให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดโดยอาศัยการกระทบของเมล็ดข้าวที่ป้อนเข้าสู่จานหมุนกับแป้ากระทบที่ทำจากยาง หลังจากกะเทาะเปลือกแปรรูปเป็นข้าวสารแล้วจะเคลื่อนที่ออกด้วยแรงลมจากการหมุนของจาน กลไกการกะเทาะเปลือกในรูปแบบนี้อาศัยเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ (Impact huller หรือ Centrifugal husker) และการแปรรูปโดยใช้กลไกจากแรงเสียดทาน โดยใช้เครื่องกะเทาะแบบแรงเสียดทาน (Friction huller) ซึ่งมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การแปรรูปในลักษณะนี้ใช้หลักการหมุนของลูกยางในทิศตรงกันข้ามที่มีความเร็วในการหมุนแตกต่างกัน เมื่อข้าวเปลือกผ่านช่องว่างระหว่างลูกยางจะเกิดแรงเสียดทานส่งผลให้เปลือกข้าวกะเทาะออกจากเมล็ดข้าว แต่กลไกการทำงานในลักษณะนี้จำเป็นจะต้องมีการออกแบบและปรับระยะช่องว่างระหว่างลูกยางให้มีความเหมาะสมเพื่อให้ข้าวและลูกยางเกิดการเสียดสีในระยะที่เกิดการกะเทาะและไม่ทำให้เกิดการเสียหายของเมล็ดข้าว

สำหรับการสีข้าวกล้องซึ่งมีรูปร่างลักษณะของเมล็ดข้าวที่แตกต่างจากข้าวขาวทั่วไป ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบเครื่องจักรให้มีขนาด ลักษณะการใช้งานและมีกลไกการทำงานที่เหมาะสม มีการพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสีข้าวให้มีผลผลิตที่สูงขึ้นและลดอัตราการแตกหักของข้าวกล้อง เช่น การออกแบบอุปกรณ์เฟืองบดและกลไกการทำงานการเข้าคู่กันของฟันเฟือง (Matching teeth) ในการบดที่เหมาะสมกันสำหรับการแปรรูปและลดการแตกหัก จำนวนลูกยางกะเทาะ ขนาดชุดลูกกลิ้งยาง จากการศึกษาขนาดของชุดลูกกลิ้งยางจำนวน 3 ชุด ขนาด 150 x 75 mm (เส้นผ่านศูนย์กลาง x ความยาว) พบว่าให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวดีสูงถึง 85% (Kalsirisilp et al., 2019) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการพัฒนาเครื่องจักรที่มีระบบควบคุมแรงดันอากาศ (Air pressure) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน การออกแบบเครื่องจักรเหล่านี้มักเกี่ยวข้องกับเพลาคบตะแกรง และระบบส่งกำลังที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสีข้าว ส่งผลให้มีการสีข้าวมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีการสีข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อไปเพิ่มผลผลิต คุณภาพ และความสม่ำเสมอสำหรับการแปรรูปข้าวกล้อง

สำหรับการวิจัยและพัฒนาหาต้นแบบเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร ด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยาง มีการใช้เครื่องคัดแยกข้าวเปลือกจากข้าวกล้องทำให้กระบวนการสีข้าวกล้องมีขั้นตอนมากขึ้น แต่ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบลูกยางโดยทั่วไปมีอัตราการกะเทาะประมาณ 80-95% การปรับการทำงานของเครื่องให้มีประสิทธิภาพการกะเทาะสูงหรือทำการกะเทาะหลายรอบเพื่อให้ได้ข้าวกล้อง 100% ส่งผลให้ข้าวมีปริมาณการแตกหักเพิ่มขึ้นซึ่งประสิทธิภาพในการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจะต้องมีการปรับค่าความเร็วและระยะห่างลูกกลิ้งยางที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวขาวและข้าวกล้อง นอกจากนี้ค่าความชื้นส่งผลต่อประสิทธิภาพการสีข้าวของเครื่องสีขนาดเล็ก (สมพจน์, 2022) ค่าความชื้นของข้าวเปลือกที่เหมาะสมกับการแปรรูปเป็นข้าวสารในช่วง 14-15% และเมล็ดข้าวเปลือกต้องมีความชื้นประมาณ 13-15% ซึ่งเหมาะสมในการสีข้าวและการเก็บรักษา (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560)

ปัญหาของการสีข้าวกล้องพันธุ์พื้นเมืองซึ่งมีข้อจำกัดด้านคุณลักษณะของเมล็ดข้าวที่มีลักษณะกลม และเมล็ดใหญ่ ทำให้การสีข้าวกล้องเมล็ดข้าวแตกหัก ได้ผลผลิตต่ำ โดยลักษณะเครื่องสีข้าวที่ใช้แรงเหวี่ยงของเมล็ดข้าวทำให้มีเมล็ดข้าวแตกหัก และมีข้าวเปลือกปนมากกว่า 30% คุณภาพการสีข้าวกล้องพันธุ์พื้นเมืองได้ผลผลิตต่ำ แนวทางการทดลองใช้เครื่องสีข้าวแบบล้อยางขัดสีข้าวแบบชุดลูกยาง 3 ลูกยาง สามารถปรับลูกกลิ้งให้เหมาะสมกับขนาดของเมล็ดข้าว มีระบบกลไกสามารถแยกเมล็ดข้าวดี แกลบ

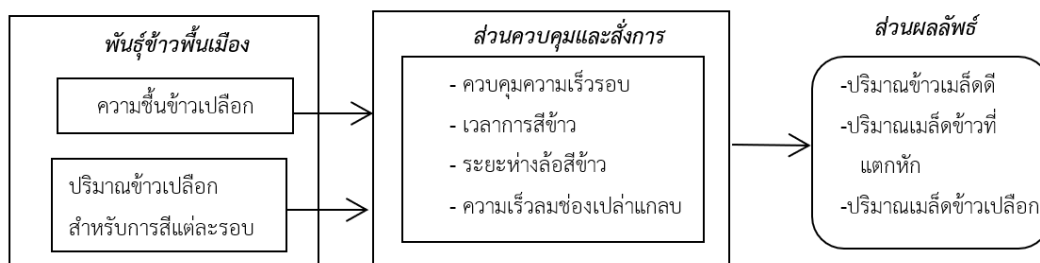
และเมล็ดข้าวหักได้ ร่วมกับวิธีการออกแบบการทดลอง (Full factorial design) เข้ามาช่วยในการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตมากขึ้น คุณภาพการสีข้าวดีมากขึ้น และลดระยะเวลาการสีข้าวแต่ละรอบการผลิต

ดังนั้นการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวแบบ 3 ลูกกลูยกวางเพื่อลดการแตกหักของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์พื้นเมือง โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน (Full factorial design) 2^3 เพื่อหารูปแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าว ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการแตกหักของข้าว 3 ปัจจัย คือ ระยะห่างลูกกลูยกวางสีข้าว (1.0-1.8 mm) พื้นที่ช่องปล่อยข้าว (6.5-26.0 cm²) และความเร็วลมช่องอากาศเป่าแกลบ (0.0-6.7 m/s) โดยการกำหนดผลตอบ (Response) เป็นค่าสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวที่มีลักษณะสมบูรณ์ ผลการทดลองสามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับเกษตรกรหรือชุมชนในการนำไปใช้ในการแปรรูปข้าวพันธุ์พื้นเมือง เพิ่มปริมาณผลผลิต พัฒนาคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูปสำหรับการจำหน่ายและเพิ่มโอกาสในการส่งออกสู่ท้องตลาดทั้งในและต่างประเทศ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

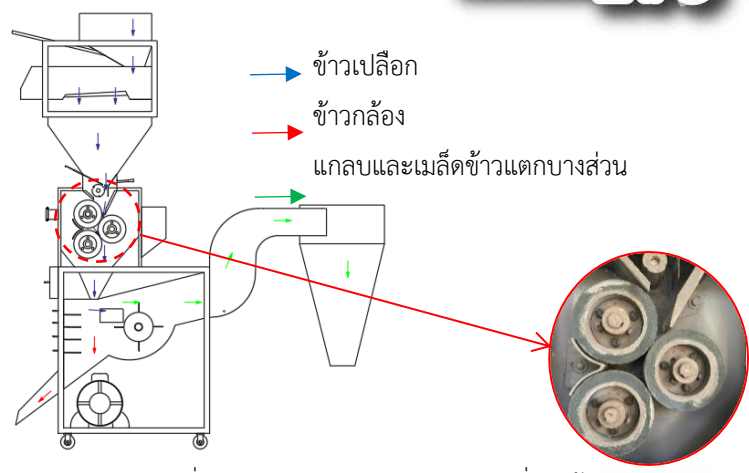
ภาคเหนืออาจจะไม่ใช่พื้นที่ปลูกข้าวที่สำคัญที่สุดของประเทศไทยเหมือนภาคกลาง แต่ในพื้นที่ที่เต็มไปด้วยป่าไม้และภูเขาสูงสลับซับซ้อน ภาคเหนือกลับเป็นแหล่งศูนย์รวมความหลากหลายทางพันธุกรรมข้าว ที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย และเป็นถิ่นกำเนิดของข้าวสายพันธุ์พื้นเมืองกว่า 500 สายพันธุ์ ซึ่งมีลักษณะเด่นไม่เหมือนใคร มีคุณค่าด้านต่าง ๆ ด้วยตัวพันธุกรรมของข้าวเอง ด้วยปัจจัยทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ เช่น สามารถทนต่ออากาศหนาว ทนน้ำท่วม ทนโรค ทนแมลง และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก ชนิดที่ยังไม่เคยปรากฏที่ไหนมาก่อน เพียงแต่ยังไม่มีการคัดเลือก จำแนกคุณค่าต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง (ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2564)

แนวทางการทดสอบเงื่อนไขการเครื่องสีข้าวพันธุ์พื้นเมืองให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนระบบกลไกเครื่องสีข้าว ล้อขัดสีข้าวเป็นแบบลูกกลิ้ง สามารถแยกเมล็ดข้าวดี และแกลบ ได้ โครงสร้างขึ้นรูปด้วยเหล็กรูปพรรณ สามารถถอดประกอบเป็นชิ้นส่วนได้ง่าย การบำรุงรักษาโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พื้นฐานช่างในการติดตั้ง และถอดประกอบ ซึ่งจะช่วยลดการแตกหักของเมล็ดข้าว เพิ่มอัตราการผลิตมากขึ้น ได้ข้าวสารปริมาณมากขึ้น คุณภาพการสีข้าวดีมากขึ้น และลดระยะเวลาการสีข้าวแต่ละรอบการผลิต โดยแต่ละกิจกรรมเป็นการเน้นให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยกรอบแนวคิดของการทำโครงการแสดงตามรูปที่ 1



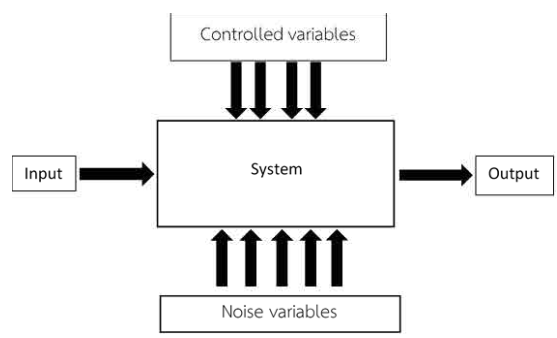
รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดและการออกแบบองค์ประกอบของระบบ

โดยเครื่องต้นแบบใช้หลักการสีข้าวกล้องโดยใช้ล้อลูกกลิ้ง 3 ล้อ สามารถปรับระยะห่างได้ มีระบบร่อนเศษสิ่งเจือปน มีระบบคัดแยกแกลบ และเมล็ดข้าวแตก ใช้กำลังมอเตอร์ขนาด 1 HP ทดรอบด้วยมอเตอร์สายพาน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะหลักการทำงานของเครื่องสีข้าว

การพัฒนาเครื่องสีข้าวใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเข้ามาช่วยโดยหลักการออกแบบการทดลอง (Experimental Design Or Design Of Experiments) คือ การทดสอบครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษา เพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Outputs or Responses) จากกระบวนการหรือระบบนั้น (ปรัชญา พละพันธ์, 2560) โดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ควบคุมได้ เรียกว่า ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่ควบคุมได้ (Controllable Variables or Factors) หรือตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่สามารถออกแบบได้ (Design Variables or Factors) และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ เรียกว่า ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่รบกวนระบบ (Uncontrollable or Noise Variables (Factors)) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ
ที่มา: (Montgomery, 2017)

โดยการทดสอบข้าวพันธุ์พื้นเมืองพันธุ์ป๊อบโดยใช้น้ำหนักข้าวสำหรับทดสอบ 1,000 g ตัวแปรที่ใช้สำหรับการออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ปริมาณข้าวสารที่ดีที่สุด มีการควบคุมตัวแปรดังนี้ 1) ระยะห่างลูกยางสีข้าว 2) พื้นที่ช่องปล่อยข้าว และ 3) ความเร็วลมช่องอากาศเป่าแกลบ

สำหรับการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพการสีข้าวกล้องพันธุ์พื้นเมืองด้วยเครื่องสีข้าวแบบชุดลูกยาง 3 ลูกให้สามารถสีข้าวพันธุ์ป๊อบที่มีลักษณะเมล็ดกลมใหญ่ซึ่งทางปฏิบัติการสีข้าวเป็นไปด้วยความยากที่จะให้ได้ข้าวกล้องเมล็ดที่สุด ลดการแตกหักเมล็ดข้าวน้อยที่สุด โดยผลของการวิจัยนี้จะสามารถช่วยแก้ปัญหาด้านการแปรรูปข้าวพันธุ์พื้นเมือง ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ของชุมชนในพื้นที่ราบสูง ทำให้เกษตรกรในชุมชนได้ผลผลิตการแปรรูปข้าวพันธุ์พื้นเมืองเพียงพอต่อความต้องการของท้องตลาด สร้างรายได้ให้กับชุมชนยกระดับรายได้ลดการว่างงาน และมีส่วนช่วยเสริมสร้างชุมชนเข้มแข็งได้อีกทางหนึ่ง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน (Full factorial design)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน (Full factorial design) เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวกล้องพันธุ์พื้นเมือง จากค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่ต้องการควบคุมกำหนด 3 ปัจจัย คือ 1) ระยะห่างลูกยางสีข้าว 2) พื้นที่ช่องปล่อยข้าว และ 3) ความเร็วลมช่องอากาศเป่ากลับ มีค่าระดับตัวแปร 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ และระดับสูง ดังตารางที่ 1 ซึ่งวัดผลตอนสุดท้ายการทดลองคือเปอร์เซ็นต์ข้าวดี โดยมีผลการทดลองซ้ำอีก 5 ครั้ง ที่ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดเพื่อยืนยันผล

2. ใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองสายพันธุ์ คือ สายพันธุ์บือบอ จากหมู่บ้านป่าตึงงาม ตำบลปึงโค้ง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
3. ใช้การออกแบบการทดลองแบบ Full factorial design (2^3) เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของปัจจัยการสีข้าวพันธุ์พื้นเมือง
4. เครื่องสีข้าวขนาดเล็กแบบชุดลูกยาง 3 ลูก สำหรับสีข้าวกล้องใช้มอเตอร์ขนาด 1 HP เป็นต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนกลไกต่าง ๆ ระบบเครื่องสีข้าว
5. ควบคุมความชื้นข้าวเปลือก 10-14% ตามมาตรฐานข้าวไทย

ตาราง 1 ระดับและขอบเขตของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัยควบคุม	ระดับของปัจจัยควบคุม (Level)		สัญลักษณ์
	ต่ำ (-1)	สูง (+1)	
1) ระยะห่างลูกยางสีข้าว (mm)	1.00	1.80	A
2) พื้นที่ช่องปล่อยข้าว (cm ²)	6.50	26.00	B
ความเร็วลมช่องเป่ากลับ (m/s)	0.00	6.70	C

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย

จากผลการออกแบบการทดลองโดยการนำปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ 1) ระยะห่างลูกยางสีข้าว 2) พื้นที่ช่องปล่อยข้าว และ 3) ความเร็วลมช่องอากาศเป่ากลับ ทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^3 แฟกทอเรียล เพื่อกรองปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวดีสำหรับการสีข้าวพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งผลการทดลองแสดงตามตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแต่ละเงื่อนไขในการออกแบบการทดลอง

ลำดับการทดลองตามการสุ่ม	ลำดับการทดลองมาตรฐาน	ค่าระดับปัจจัย			ผลตอบ (y)
		A (mm)	B (cm ²)	C (m/s)	Good grain rice (%)
17	1	1.4	16.25	3.35	67.1
1	2	1	6.5	0	66.6
6	3	1.8	6.5	6.7	69.5
5	4	1	6.5	6.7	71.4
2	5	1.8	6.5	0	61.6
12	6	1.8	26	0	63.5
10	7	1.8	6.5	0	60
7	8	1	26	6.7	71
8	9	1.8	26	6.7	68
9	10	1	6.5	0	66
14	11	1.8	6.5	6.7	68
3	12	1	26	0	65.4
15	13	1	26	6.7	71.1
16	14	1.8	26	6.7	68.2
4	15	1.8	26	0	64
13	16	1	6.5	6.7	70.7
11	17	1	26	0	65

ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสีข้าวกล้องของเทอมต่าง ๆ ของปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความ

แปรปรวนมีปัจจัยหลักที่ไม่มีนัยสำคัญเมื่อค่า P-Value สูงกว่า 0.05 คือความเร็วลมช่องอากาศเป่าแกลบ ส่วนปัจจัย ระยะห่างลูกยางสีข้าว และพื้นที่ช่องปล่อยข้าว ส่งผลกับผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R-sq(adj) มีค่าเท่ากับ 91.64% ถือว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณที่น่าพึงพอใจถือว่ายอมรับได้

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสีข้าว

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	173.895	24.842	26.05	0
Linear	3	168.672	56.224	58.96	0
A	1	37.21	37.21	39.02	0
B	1	0.36	0.36	0.38	0.554
C	1	131.102	131.102	137.48	0
2-Way Interactions	3	5.175	1.725	1.81	0.216
A*B	1	2.89	2.89	3.03	0.116
A*C	1	0.722	0.722	0.76	0.407
B*C	1	1.563	1.563	1.64	0.233
Curvature	1	0.048	0.048	0.05	0.828
Error	9	8.582	0.954		
Lack-of-Fit	1	5.522	5.522	14.44	0.005
Pure Error	8	3.06	0.383		
Total	16	182.478			

S = 0.98 R-sq = 95.30% R-sq(adj) = 91.64%

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer ได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของการสีข้าว เมล็ดข้าวดี และเมล็ดข้าวหัก ดังรูปที่ 3

Solution	rubber rolls	the discharge port area	the husk blower air speed	Good grain rice(%) Fit	Composite Desirability
1	1.0	6.5	6.7	71.64	1

รูปที่ 3 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของการสีข้าว

4.3 ผลการทดลองเพื่อยืนยันผล

การทดลองเพื่อยืนยันผลโดยทดลองสีข้าวกล้อง 1,000 g ทำการทดลองซ้ำทั้งหมดจำนวน 5 ครั้งโดยกำหนด คือ 1) ระยะห่างลูกยางสีข้าว 1.0 mm 2) พื้นที่ช่องปล่อยข้าว 6.5 cm² และ 3) ความเร็วลมช่องอากาศเป่าแกลบ 6.7 m/s เพื่อยืนยันผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือ และนำข้อมูลวิเคราะห์ทดสอบสมมติฐานโดยกำหนดสมมติฐาน H₀ : μ₀ = 71.88 H₁ : μ₁ ≠ 71.88 นำผลการทดลองซ้ำไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.469 ช่วงความเชื่อมั่นด้านขอบล่างเท่ากับ 71.64 ค่า P-Value ของผลการทดลองซ้ำมีค่าเท่ากับ 0.722 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าผลการทดสอบสมมติฐานยอมรับสมมติฐานหลัก

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบตามหลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวดีที่ได้มากที่สุดเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพการสีข้าวกล้องโดยใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมือง จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่สำคัญทั้ง 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการสีข้าวกล้องพันธุ์พื้นเมืองโดยใช้เครื่องสีข้าวแบบชุดลูกยาง 3 ลูก คือ 1) ระยะห่างระหว่างลูกยางสีข้าว 1 mm 2)

พื้นที่ช่องปล่อยข้าว 6.50 cm² 3) ความเร็วลมช่องอากาศเป่ากลับ 6.70 m/s และการทดลองยืนยันผลโดยการทดสอบสมมติฐานสรุปว่าค่าที่เหมาะสมของกระบวนการสีข้าวกล้องพันธุ์พื้นเมืองที่กำหนดมีผลทำให้คุณภาพเมล็ดข้าวดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปัจจัยอื่นสามารถปรับค่าระยะให้เหมาะสมสำหรับการสีข้าวกล้องโดยผู้ปฏิบัติงานต้องอาศัยความชำนาญของการตั้งค่าระยะของอุปกรณ์ชิ้นส่วน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนโครงการพัฒนาเครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก (Preliminary Research Program) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมู่บ้านป่าตึงงาม ตำบลปึงโค้ง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

7. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2539). เอกสารวิชาการ เครื่องจักรกลการเกษตร ผลิตสิริราชสมบัติครบ 50 ปี พุทธ. สืบค้น 18 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://t.doa.go.th>

จันทร์จิรา รุ่งเจริญ. (ออนไลน์). พันธุกรรมข้าวตอย, สืบค้นจาก: <https://hkm.hrdr.or.th/Knowledge/detail/620> (วันที่สืบค้น 16 พฤศจิกายน 2566),

ชาลิสา มณีรัตน์, ขนิษฐา ชมชื่น, วันดี บุษบา และศุภวัฒน์ วิสสุศิริกุล.(2558).การศึกษาค่าความชื้นในข้าวเปลือกที่เหมาะสมกับการแปรรูปเป็นข้าวสาร.รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 2 (213 - 219).กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

นนุช ประดิษฐ์ (2564). บีโอโปะโละ: พันธุ์ข้าวพื้นเมืองของกลุ่มชาติพันธุ์ปกากะญอในจังหวัด แม่ฮ่องสอน. สืบค้น 16 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://tarr.arda.or.th/preview/item/>

ปรัชญา พลະพันธ์. (2560). คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์บริษัทไอดีซีพรีเมียร์จำกัด.

ภัทรารุณ บุญประคอง, คณินิต ปทุมมาเกษร, และเอนก เทียนบุชา. (2020). การหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับการสีข้าวพันธุ์การค้า จังหวัดชัยนาท. วารสารวิจัย และ พัฒนาวไลย อลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 15(2), 105-118.

Md Saiful Islam, Mohammad Chhiddikur Rahman, Md Hnamul Haque, Md Shajedur Rahaman, Md Imran Omar, Md Abdur Rouf Sarkar and Mohammad Ariful Islam. (2023). Cultivation of Local Rice Varieties in Bangladesh: Assessing the Farm Level Determinants. Journal of the Bangladesh Agricultural University, doi: 10.5455/jbau.141597.

Montgomery, D. C. (2017). Design and Analysis of Experiments (J. w. sons, Ed.)

R. Kalsirisilp, S. Aliusmanan and J. Langkapin, Testing and Evaluation of Rice Milling Machine Based on Thai Industrial Standard” , *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, vol. 18, issue 2, pp. 2651-2289, 2019

Sathya Lim, Anna Onoda, Chhourn Om, Hiromu Iwamoto, Ryo Ishikawa, Hiroki Saito, Yutaka Sato, Takashige Ishii (2022). Variations in Grain Traits among Local Rice Varieties Collected More Than Half-Century Ago in Indochinese Countries. *Plants*, Vol 12, p. 1-10. doi: 10.3390/plants12010133.

Sompot Khomkaew. Effect of Paddy Moisture Content on Milling Rice Recovery of Small Milling Machine. *Srinakharinwirot University Engineering Journal* (2022) 17(1), 82-88.

การพัฒนาการป้อนกลับแบบไร้สายผ่านสายพายเพื่อควบคุมวงจรรับคองเวอเตอร์

อรทัย ลี้อยศ¹ วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ², อนุสรณ์ ยอดใจเพ็ชร^{2*}, ธเนศ ศรีพรหม²,
ฐฎพงษ์ ผลดี², ประภาส สุวรรณ², วุฒิไกร ธรรมวรรณ² และ อนนท์ นำอิน²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำนักงานบริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำนักงานบริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 หมู่ที่ 10 ต.ทรายขาว อ.พาน จ.เชียงราย 57120

*E-mail: orathai_lu66@live.rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 0634938565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาาระบบป้อนกลับแบบไร้สายผ่านสายพาย เพื่อควบคุมแรงดันด้านออกของวงจรรับคองเวอเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของแรงดันด้านออกที่ใช้การป้อนกลับแบบมีสายและไร้สาย รวมถึงการวิเคราะห์รูปสัญญาณและเวลาการหน่วงของสัญญาณป้อนกลับ การทดลองนี้ใช้วงจรรับคองเวอเตอร์ที่ควบคุมแรงดันทางด้านออกด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ C2000 ซึ่งโดยปกติจะใช้การป้อนกลับแรงดันด้วยสายสัญญาณ ในการทดลองนี้ได้ดัดแปลงเพิ่มวงจรมิโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อแบบไร้สายผ่านสายพาย เพื่อใช้ป้อนกลับสัญญาณควบคุมแบบไร้สาย ผลการวิจัยพบว่าการป้อนกลับแบบไร้สายมีการหน่วงของสัญญาณป้อนกลับโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2 มิลลิวินาที และมีเวลาการหน่วงสูงสุดประมาณ 35 มิลลิวินาที การตอบสนองของแรงดันทางด้านออกเมื่อต้องปรับตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดพบว่าอยู่ในระดับที่วงจรรับคองเวอเตอร์สามารถควบคุมได้ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการป้อนกลับแบบไร้สายมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ในระบบส่งพลังงานไฟฟ้าไร้สายที่พัฒนาต่อยอดจากวงจรรับคองเวอเตอร์ต่อไป นอกจากนี้ การใช้การป้อนกลับแบบไร้สายยังช่วยลดความซับซ้อนของการเดินสายไฟและเพิ่มความยืดหยุ่นในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบอีกด้วย

คำสำคัญ วงจรรับคองเวอเตอร์, วงจรการป้อนกลับ, การป้อนกลับแบบไร้สาย, ไวไฟ, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Development of Wireless Feedback via Wi-Fi to Control a Buck Converter Circuit

Orathai Lueyos¹, Wichet Thipprasert², Anusorn Yodjaiphet^{2*}, Thanet Sriprom²
Tatapong Phondee², Prapas Suwan², Wuttikai Tammawan², and Anon Namin²

¹Electrical Engineering , Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai
128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang District, Chiang Mai Province

²Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai
99 Sai Khao, Phan, Chiang Rai, Thailand, 57120

*E-mail: orathai_lu66@live.rmutl.ac.th, Telephone : 0634938565

Abstract

This research presents the development of a wireless feedback system using Wi-Fi to control the output voltage of a buck converter circuit. The objective is to compare the output voltage response using wired and wireless feedback, as well as to analyze the signal shape and feedback signal delay time. The experiment utilized a buck converter circuit controlled by a C2000 microcontroller board, which typically uses wired voltage feedback for operation. In this study, the circuit was modified by adding a microcontroller capable of wireless communication via Wi-Fi to provide wireless feedback control. The research findings indicate that wireless feedback using Wi-Fi has an average signal delay of 2 milliseconds and a maximum delay of approximately 35 milliseconds. The output voltage response to load changes was within the controllable range of the buck converter circuit. The experimental results suggest that wireless feedback is feasible for application in wireless power transmission systems developed from buck converter circuits. Additionally, using wireless feedback reduces the complexity of wiring and enhances the flexibility of system installation and maintenance.

Keywords: Buck converter circuit, Feedback circuit, Wireless Feedback, Wi-Fi, Microcontroller

1. บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้ากำลังเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการชาร์จและการส่งข้อมูลแบบไร้สาย การชาร์จไฟฟ้ามีสองรูปแบบหลัก คือ การชาร์จผ่านตัวนำที่เป็นที่นิยมใช้งานทั่วโลก และการชาร์จแบบเหนี่ยวนำหรือไร้สายที่ไม่ต้องใช้สายเคเบิล การชาร์จแบบไร้สายเพิ่มความสะดวกและปลอดภัย ลดการสูญเสียพลังงาน และพัฒนาเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งพลังงานและข้อมูลไร้สายระหว่างสถานีชาร์จและยานยนต์ไฟฟ้า การพัฒนาการชาร์จแบตเตอรี่และการสื่อสารไร้สายสามารถส่งข้อมูลผ่านสายพาย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสื่อสารแบบไร้สาย ทำให้การชาร์จไฟฟ้ามีประสิทธิภาพและสะดวกมากขึ้น [1]

วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เป็นหนึ่งในวงจรที่ถูกประยุกต์ใช้ในการส่งพลังงานแบบไร้สาย เป็นวงจรที่ใช้ในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากระดับสูงลงมาที่ระดับต่ำ โดยปกติวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์จะมีระบบการป้องกันกลับแรงดันเพื่อควบคุมแรงดันทางด้านออกให้คงที่ การป้องกันกลับแรงดันนี้มักจะใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อระหว่างตัววงจรควบคุมกับตัววงจรหลัก การใช้การป้องกันกลับแบบไร้สายผ่านสายพายจึงเป็นแนวทางใหม่ที่จะช่วยลดความซับซ้อนในการเดินสายและเพิ่มความยืดหยุ่นในการติดตั้งและบำรุงรักษา

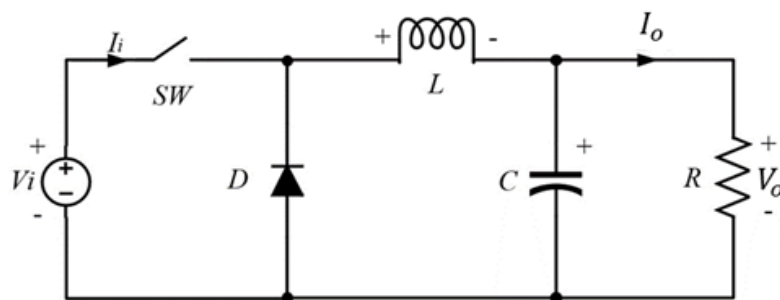
เทคโนโลยีสายพาย (Wi-Fi) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ช่วยให้การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ โดยไม่ต้องใช้สาย Wi-Fi ย่อมาจาก "Wireless Fidelity" การทำงานของ Wi-Fi ใช้คลื่นความถี่วิทยุ 2.4 GHz และ 5 GHz เพื่อส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Internet of Things (IoT) เพื่อการควบคุมจากระยะไกลก็ใช้เทคโนโลยีนี้เช่นกัน มาตรฐาน Wi-Fi ถูกพัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งใช้โปรโตคอลการเข้าถึงรหัสเพื่อความปลอดภัยของข้อมูลและการส่งข้อมูลที่รวดเร็ว หนึ่งในโปรโตคอลที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz ในการสื่อสารคือ โปรโตคอล ESP-NOW ซึ่งพัฒนาโดย Espressif Systems และใช้งานร่วมกับชิป ESP8266 และ ESP32 โปรโตคอลนี้มีลักษณะการส่งข้อมูลแบบ Peer-to-Peer โดยไม่ต้องใช้เราเตอร์หรือจุดเชื่อมต่อ การส่งข้อมูลแบบไร้สายทำให้มีความหน่วงต่ำและมีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลและการใช้พลังงานที่ต่ำ โดยชิป ESP32 ในปัจจุบันมีการพัฒนาและจำหน่ายแพร่หลายเนื่องจากความง่ายในการพัฒนาโปรแกรมและมีจำหน่ายในประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำชิปตัวนี้มาประยุกต์ใช้งาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สายพายเป็นสื่อกลางในการป้องกันกลับแบบไร้สายสำหรับการควบคุมวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ผลการตอบสนองของสัญญาณป้องกันกลับเพื่อควบคุมวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของการใช้เทคโนโลยีนี้ในการประยุกต์ไปสู่ระบบส่งพลังงานไร้สายที่มีการป้องกันกลับและควบคุมแรงดันทางด้านออกผ่านสายพาย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

วงจรทอนระดับเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแรงดันไฟฟ้าขาเข้าไปเป็นแรงดันไฟฟ้าขาออกที่ต่ำกว่า การทำงานของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์โดยใช้เพาเวอร์มอสเฟตเป็นสวิตช์ วงจรนี้ทำงานในโหมดนำกระแสต่อเนื่องเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกเป็นกระแสตรง วงจรกรองความถี่ LC ถูกใช้เพื่อลดทอนสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ โดยอัตราการผลิตทอนนั้นผูกพันกับกำลังสองของความถี่ ดังแสดงในรูป 1 [2]



รูปที่ 1 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

การทำงานของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ๆ ดังนี้:

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้าขาเข้า (V_i) เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าที่ต้องการทางด้านออก
2. สวิตช์ (SW) ปกติใช้เพาเวอร์มอสเฟต (MOSFET) เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของวงจร
3. ไดโอด (D) ทำหน้าที่ป้องกันกระแสย้อนกลับ
4. ตัวเหนี่ยวนำ (L) ทำหน้าที่เก็บพลังงานในรูปของสนามแม่เหล็กและส่งพลังงานนั้นออกไปเมื่อสวิตช์ปิด
5. ตัวเก็บประจุ (C) ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนและทำให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านออกเรียบ
6. โหลด (R) เป็นตัวต้านทานที่แปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานอื่นๆ ที่ต้องการใช้งาน

เมื่อสวิตช์เปิด กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำและไปยังโหลด โดยตัวเหนี่ยวนำจะเก็บพลังงานไว้ในรูปของสนามแม่เหล็ก เมื่อสวิตช์ปิด ตัวเหนี่ยวนำจะปล่อยพลังงานที่เก็บไว้ออกมาเพื่อรักษากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดให้คงที่ ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออก (V_o) ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_i)

2.2 โพรโตคอล ESP-NOW

ESP-NOW เป็นโพรโตคอลการสื่อสารแบบไร้สายที่พัฒนาโดย Espressif Systems ซึ่งถูกใช้งานร่วมกับชิป ESP8266 และ ESP32 โพรโตคอลนี้ใช้คลื่นความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นคลื่นความถี่เดียวกับที่ใช้ใน Wi-Fi แต่แตกต่างตรงที่ ESP-NOW มีลักษณะการส่งข้อมูลแบบ Peer-to-Peer (P2P) ซึ่งไม่ต้องใช้เราเตอร์หรือจุดเชื่อมต่อ (Access Point) ในการส่งข้อมูล ทำให้การสื่อสารมีความหน่วงต่ำและมีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลสูง [3]

คุณสมบัติและข้อดีของโพรโตคอล ESP-NOW

1. การส่งข้อมูลแบบ Peer-to-Peer (P2P) การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านเราเตอร์หรือตัวกลางอื่นๆ ทำให้การสื่อสารมีความหน่วงต่ำและมีความน่าเชื่อถือสูง
2. ประหยัดพลังงาน เนื่องจากการสื่อสารผ่าน ESP-NOW ใช้พลังงานน้อยกว่า Wi-Fi แบบทั่วไป จึงเหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้แบตเตอรี่ เช่น อุปกรณ์ IoT ที่ต้องการประหยัดพลังงาน
3. ความหน่วงต่ำ เนื่องจากการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไม่ต้องผ่านเราเตอร์หรือตัวกลางอื่นๆ การส่งข้อมูลจึงมีความหน่วงต่ำมาก ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการการตอบสนองแบบเรียลไทม์
4. รองรับการเชื่อมต่อหลายอุปกรณ์ ESP-NOW สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลายตัวได้พร้อมกัน ทำให้ง่ายต่อการสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์หรือระบบควบคุมที่มีหลายอุปกรณ์
5. ง่ายต่อการพัฒนา Espressif Systems ได้จัดเตรียมไลบรารีและตัวอย่างโค้ดสำหรับโพรโตคอล ESP-NOW ทำให้นักพัฒนาสามารถนำไปใช้งานได้ง่ายและรวดเร็ว

โพรโตคอล ESP-NOW สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในหลายๆ ด้าน เช่น:

- การสื่อสารระหว่างเซ็นเซอร์ สามารถใช้ ESP-NOW เพื่อส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์หลายตัวในระบบ IoT โดยไม่ต้องใช้เราเตอร์
- การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกล เช่น การควบคุมระบบไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ในบ้านอัจฉริยะ
- การส่งข้อมูลที่ต้องการความหน่วงต่ำ เช่น การส่งข้อมูลจากอุปกรณ์วัดหรือเซ็นเซอร์ที่ต้องการการตอบสนองแบบเรียลไทม์

โดยสรุป โพรโตคอล ESP-NOW เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่มีประสิทธิภาพสูง เหมาะสำหรับการใช้งานในระบบ IoT และการส่งข้อมูลที่ต้องการความหน่วงต่ำ และการใช้พลังงานต่ำ โดยโพรโตคอลนี้ช่วยให้การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทำได้ง่ายและรวดเร็ว.

2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 และ ESP32

บอร์ด Arduino MEGA 2560 การทำหน้าที่ในการแปลงอะนาล็อกเป็นดิจิตอลซึ่งการแปลงข้อมูลได้ดีกว่าตัว ESP32 โดยตรงการทำงานแตกต่างจาก AT mega 328 ที่ใช้อยู่กับ บอร์ด Arduino UNO โดย Arduino MEGA มี DAC 54 ขา (เป็น PWM ได้ 15 ขา) มี ADC 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด และขาแหล่งจ่ายไฟ 5V [4]

ESP32 เป็นชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภท SoC (System-on-a-Chip) พัฒนาและผลิตโดยบริษัท Espressif Systems อุปกรณ์หรือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth 4.2 BLE การรับและส่งข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150 Mbps ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6 โวลต์ ถึง 3.3 โวลต์ มี GPIO จำนวน 32 ช่อง มีขา ADC จำนวน 16 ช่อง มีขา DAC จำนวน 2 ช่อง ESP32 ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้หลายการทำงานแต่ทำแต่ละคำสั่งได้ดีทีละคำสั่ง [5]



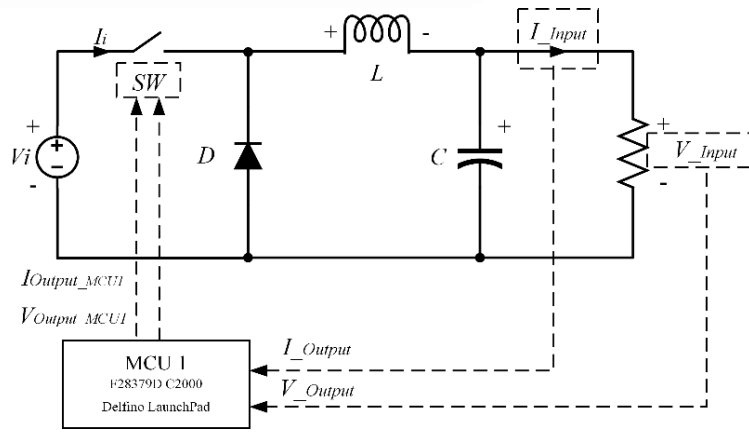
รูปที่ 2 บอร์ด Arduino MEGA 2560 และ ESP32

3. วิธีดำเนินการวิจัย

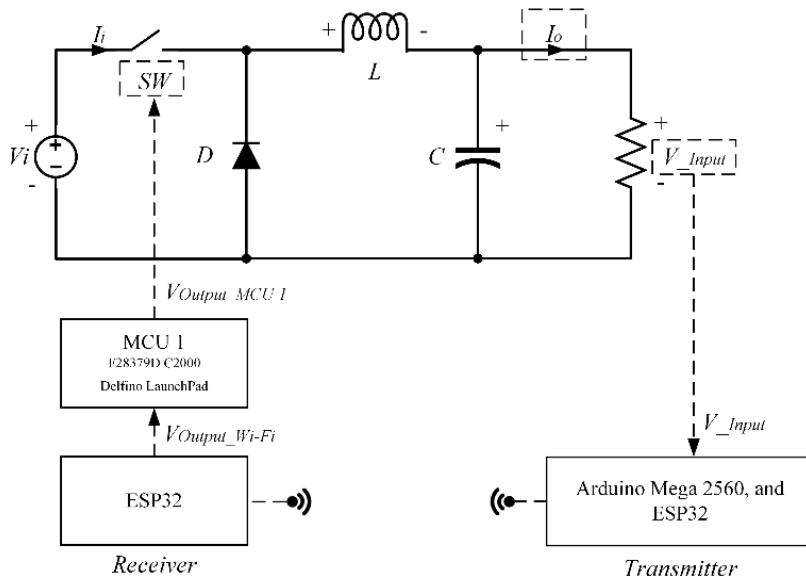
จากวงจรพื้นฐานของบักคอนเวอร์เตอร์ในรูปที่ 1 พัฒนางจรให้มีการควบคุมแรงดันทางด้านออกคงที่ตามรูปวงจรถที่ 3 โดยประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมระบบป้อนกลับคือบอร์ด C2000 ที่มีการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Matlab/Simulink โดยจะวัดแรงดัน V_{b_avg} มาปรับความค่า Duty cycle การสั่งสวิตซ์ SW ให้แรงดันทางด้านขาออกเป็นไปตามที่ต้องการ ในวงจรถที่ 3 นี้จะใช้การป้อนกลับแบบมีสายเข้าสู่บอร์ด C2000 โดยผลตอบสนองของวงจรถนี้จะเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับวงจรถป้อนกลับแบบไร้สายผ่านสายไฟ ทั้งรูปสัญญาณการตอบสนองของแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านโหลดและการหน่วงเวลาเมื่อทางด้านโหลดมีการเปลี่ยนแปลง

จากนั้นปรับปรุงวงจรถให้เป็นวงจรถให้เปลี่ยนจากป้อนกลับแบบต่อตรงเป็นการป้อนกลับแบบไร้สาย ดังนั้นวงจรถจึงมีการเปลี่ยนไปตามรูปที่ 4 ใช้บอร์ด Arduino mega 2560 เป็นส่วนของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล ไม่ใช้บอร์ด ESP32 แปลงโดยตรงเนื่องจากบอร์ด ESP32 มีปัญหาเรื่องความเป็นเชิงเส้นของการแปลงข้อมูลซึ่งจะส่งผลให้แรงดันที่วัดได้มีความผิดเพี้ยน อีกทั้งยังรับแรงดันได้เพียงแค่ 3.3 โวลต์เท่านั้น ต่อจากนั้นบอร์ด Arduino mega 2560 ก็ส่งข้อมูลผ่านโมดูลส่งข้อมูลแบบอนุกรมหรือ USART เข้าสู่บอร์ด ESP32 เพื่อส่งข้อมูลผ่านสายไฟต่อไป

จากรูปที่ 4 บอร์ด ESP32 ที่อยู่ฝั่งส่งข้อมูลจะเชื่อมต่อต่อกับบอร์ด ESP32 ฝั่งรับด้วยโปรโตคอล ESP-NOW โดยจะใช้เพื่อประโยชน์ของโปรโตคอลนี้ที่สามารถส่งข้อมูลได้ 1Bits/SEC และไม่ยุ่งยากในการกำหนดตัวรับข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลให้ฝั่งบอร์ดตัวรับแล้วก็จะแปลงสัญญาณเป็นแอนะล็อกเพื่อป้อนเป็นแรงดันสู่บอร์ด C2000 เพื่อควบคุมแรงดันต่อไป ในวงจรถที่ 4 นี้จะทำการวัดแรงดันทั้งรูปสัญญาณการตอบสนองของแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านโหลดและการหน่วงเวลาเมื่อทางด้านโหลดมีการเปลี่ยนแปลง และนำไปเปรียบเทียบกับกับการป้อนกลับแบบมีสาย



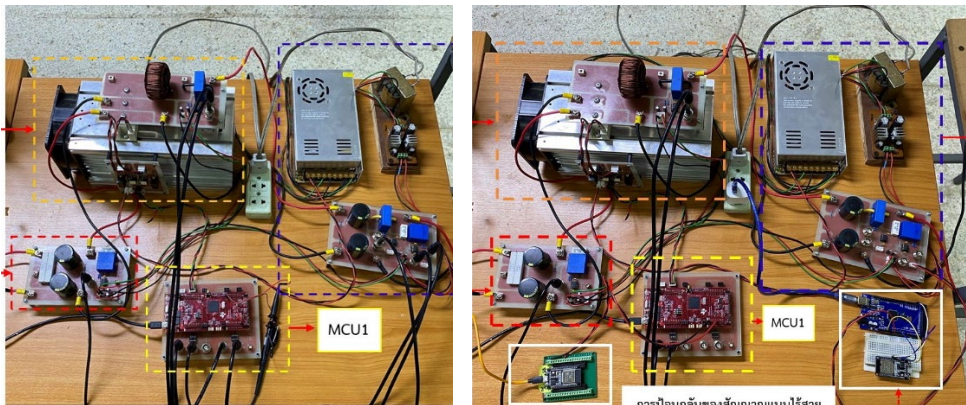
รูปที่ 3 วงจร buck คอนเวอร์เตอร์การป้อนกลับของสัญญาณแบบมีสาย



รูปที่ 4 วงจร buck คอนเวอร์เตอร์การป้อนกลับแบบไร้สายแบบวางพาย (Wi-Fi)

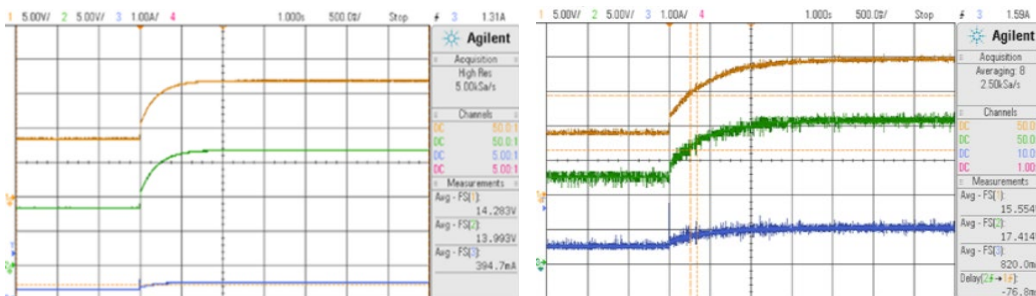
4. ผลการวิจัย

จากวงจรในรูปที่ 3 และ 4 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ที่ป้อนกลับสัญญาณแบบมีสายและไร้สายแบบวายฟายสามารถสร้างเป็นวงจรเพื่อใช้ในการทดลองได้ตามรูปที่ 5



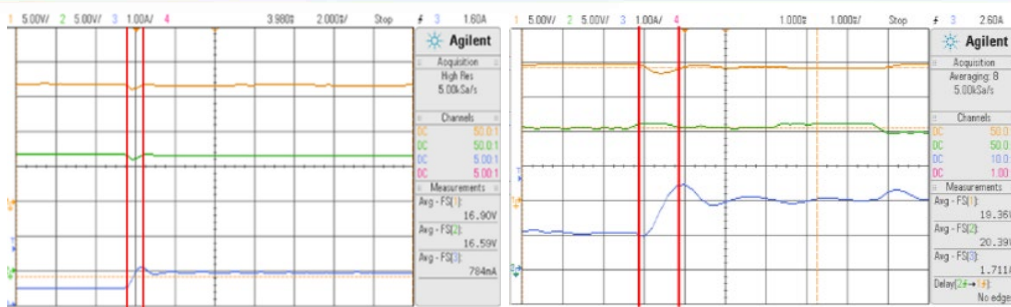
รูปที่ 5 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ที่ป้อนกลับสัญญาณแบบมีสายและไร้สายแบบวายฟาย

การทดลองเปรียบเทียบผลการควบคุมแรงดันทางด้านออกของบอร์ด C2000 จะทำการทดสอบโดยเปลี่ยนแรงดันจาก 10 โวลต์ เป็น 20 โวลต์ แล้ววัดช่วงเวลาที่แรงดันทางด้านออกเปลี่ยนไปตามที่กำหนด แสดงออกมาตามรูปที่ 6 นั่นคือผลการตอบสนองแรงดันวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์การป้อนกลับของสัญญาณแบบมีสายเมื่อเริ่มเปลี่ยนแรงดันจะใช้เวลาในการเพิ่มขึ้นประมาณ 1 วินาที เพื่อเปลี่ยนจากแรงดัน 10 โวลต์เป็น 20 โวลต์ดังจะเห็นได้ในรูปทางซ้าย และเมื่อเปลี่ยนการป้อนกลับเป็นแบบไร้สายพบว่าใช้เวลาในการเปลี่ยนแรงดันที่ประมาณ 2.5 วินาทีดังรูปที่ 6 ด้านขวา แสดงให้เห็นว่าการควบคุมแรงดันให้มีการเปลี่ยนแรงดันแบบทันทีทันใดผลการตอบสนองเพิ่มแรงดันแบบไร้สายใช้เวลาในการเปลี่ยนที่สูงกว่ามาก



รูปที่ 6 ผลการการตอบสนองแรงดันเมื่อควบคุมให้เปลี่ยนจาก 10 โวลต์เป็น 20 โวลต์

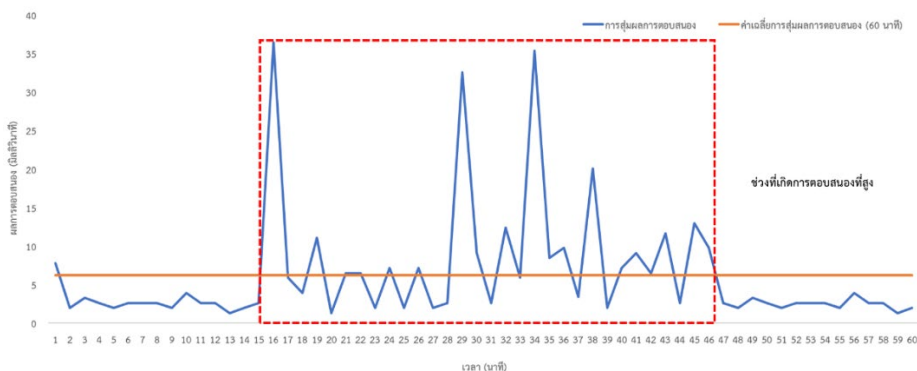
การทดลองถัดมาคือการเปลี่ยนโหลดให้เกิดการดิงกระแสมากขึ้น ในการทดลองนี้จะใช้การปรับให้โหลดเปลี่ยนจาก 40 โอห์มเป็น 20 โอห์ม เพิ่มการดิงกระแส 100% แล้วบันทึกผลการตอบสนองแรงดันทางด้านออก ผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 7 นั่นคือมีการกระเพื่อมของแรงดันให้ตกลงประมาณ 1 โวลต์ ทั้งการป้อนกลับแบบมีสายรูปทางด้านซ้ายและไร้สายรูปทางด้านขวา แต่แตกต่างกันที่ช่วงเวลาในการกลับมาเป็นแรงคงที่เช่นเดิม โดยการป้อนกลับแบบมีสายใช้เวลาในการกลับมาเป็นแรงดันเดิมที่ประมาณ 0.5 มิลลิวินาที ส่วนแบบมีสายใช้เวลาประมาณ 1 มิลลิวินาที



รูปที่ 7 ผลตอบสนองแรงดันต้านออกขณะที่โหลดเปลี่ยนแปลงดิงกระแสเพิ่ม 100%

การทดลองสุดท้ายเป็นการทดลองบันทึกการหน่วงเวลาของวายุพายเมื่อส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล ESP-NOW เพื่อให้ทราบถึงความเสถียรของการหน่วงเวลา เนื่องจากการส่งข้อมูลบางครั้งอาจส่งเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและการกวนกันของคลื่นความถี่ 2.4 GHz ในสถานที่นั้นๆ

จากรูปที่ 8 ผลการหน่วงเวลาของการป้อนกลับของสัญญาณไร้สายแบบวายุพาย ที่บันทึกผลการทดลอง 60 นาที พบว่าค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาอยู่ที่ 6.2 มิลลิวินาที โดยส่วนใหญ่จะมีการหน่วงเวลาที่ 2 มิลลิวินาที แต่จะมีบางครั้งที่การหน่วงเวลามากที่สุดที่พบในการทดลองคือ 36 มิลลิวินาทีแต่เกิดขึ้นไม่บ่อย



รูปที่ 8 ผลการหน่วงเวลาของการส่งข้อมูลผ่านวายุพาย

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เทคโนโลยีไวไฟ (Wi-Fi) เป็นสื่อกลางในการป้อนกลับแบบไร้สายเพื่อวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นผลการจำลองการตอบสนองการส่งของสัญญาณป้อนกลับเพื่อควบคุมวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์การป้อนกลับของสัญญาณแบบไร้สายแบบไวไฟ (Wi-Fi) ระบบควบคุมใช้เวลาสู่เข้าสภาวะคงที่ 2 มิลลิวินาที การป้อนกลับแบบไร้สายช่วยลดความซับซ้อนของการเดินสายไฟและเพิ่มความยืดหยุ่นในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบ แม้ว่าการป้อนกลับแบบไร้สายจะมีการหน่วงเวลาเล็กน้อย แต่ยังคงสามารถควบคุมวงจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การวิจัยยังเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานจริง การวิจัยในอนาคตจะปรับปรุงประสิทธิภาพให้การหน่วงเวลาลดลง, ลดการใช้พลังงานในการส่งให้น้อยลง, ทดสอบความเสถียรของการส่งข้อมูลในหลากหลายสภาวะแวดล้อม เป็นต้น

6. กิตติประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย หน่วยวิจัยการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายระบบพลังงานสะอาด ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ และบุคลากรในหน่วยงาน และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (มทร.ล้านนา) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา "แก้วยอดคำล้านนา" ตามสัญญาเลขที่ KYKL-66-DENEE-005 จนทำให้งานวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] <https://www.ananindustry.com/ev-car-charger-article-install01.html>
- [2] นิติพงษ์ สมไชยวงศ์/ (2558)//ระบบควบคุม 1//พิมพ์ครั้งที่ 2//โรงพิมพ์ ครงช่าง
- [3] Espressif Systems: <https://www.espressif.com/en/solutions/low-power-solutions/esp-now>
- [4] Arduino Documentation: <https://espressif-docs.readthedocs-hosted.com/projects/arduino-esp32/en/latest/api/espnw.html>
- [5] ESP32 Series Datasheet:
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

การออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็กด้วยโปรแกรม Matlab & Simulink

ณรงค์กร เเดินหลักคำ* เกดิษฐ์ ใจดี และวรณชพัฒน์ ฤทธิ์เลื่อน

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

47/433 หมู่ 3 อาคารสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ) ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

*E-mail: narongkorn.d@dti.or.th เบอร์โทรศัพท์: 089 782 9583

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระเบียบวิธีการออกแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model-Based Design) สำหรับระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็ก โดยใช้โปรแกรม Matlab & Simulink ในการออกแบบและประมวลผล เริ่มจากการหาแบบจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศยานขนาดเล็ก ทำการวิเคราะห์และประมวลผลแบบจำลองแบบเปิด จากนั้นออกแบบระบบควบคุมการบินด้วยการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแบบ PID (PID Control Design) ทำการวิเคราะห์และประมวลผลแบบจำลองระบบควบคุมแบบ PID จากผลการวิเคราะห์และประมวลผลพบว่า การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID สามารถควบคุมการบินอากาศยานขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีเสถียรภาพ ค่าการควบคุมอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถตอบสนองต่อเวลาได้เป็นอย่างดี โดยใช้ระยะเวลาการตอบสนองน้อยกว่า 10 วินาที มีอัตราการพุ่ง (overshoot) น้อยกว่า 5% และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว (steady-state error) น้อยกว่า 2%

คำสำคัญ การออกแบบเชิงจำลองแบบ, ระบบควบคุมแบบ PID, Matlab & Simulink

Model-Based Design and Development for a Flight Control of Remote Control Airplane Using Matlab & Simulink

Narongkorn Doenlakkham* Kedit Jaidee and Watchaphat Ridluan

Research and Development Division, Defence Technology Institute

47/433 Moo 3 Office of the Permanent Secretary of Defence (Chaengwattana), Ban Mai, Pak Kret, Nonthaburi 11120

*E-mail: narongkorn.d@dti.or.th, Mobile phone: +66 89782 9583

Abstract

This paper presented the model-based design and development for flight control of the Remote Control Airplane (RCA) using the Matlab & Simulink software to assist and facilitate flight control design and process. For the dynamics modeling of RCA, the open-loop model was developed and numerically analyzed. Then, the flight control system was designed and developed using PID Control, which is the closed-loop model analysis and simulation. The results of analysis and simulation showed that the modeled and developed control system is able to control the RCA flight with efficiency and stability. The control values are within a good range. There is a very good time response, less than 10 seconds. The overshoot rate and steady-state error are less than 5% and 2%, respectively.

Keywords: Model-Based Design, PID Control, Matlab & Simulink

1. บทนำ

การออกแบบระบบควบคุมการบิน (Flight Control System) มีความจำเป็นต้องทำการหาแบบจำลองของอากาศยาน (Aircraft Vehicle) ซึ่งจะมีความยุ่งยาก ซับซ้อนมาก มีหลายพารามิเตอร์และหลายตัวแปรที่ต้องนำมาพิจารณา ต้องใช้หลักการทางวิศวกรรมศาสตร์หลากหลายสาขามาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบ โดยการออกแบบต้องเริ่มจากการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (MathWorks, 2024) ซึ่งสามารถหาได้ 3 แนวทาง คือ การทดสอบในอุโมงค์ลม (Wind Tunner Test) การทดสอบบินจริง (Flight Test) และหลักการทำนายเชิงวิเคราะห์ (Prediction Analytical) ซึ่งจะเห็นว่าสองแนวทางแรกต้องใช้ต้นทุนสูงในการลงทุน เช่น ตัวเครื่องบิน อุปกรณ์ทดสอบ/ทดลอง และเครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อที่จะหาแบบจำลองและคุณลักษณะของอากาศยาน (Aerodynamic Characteristics) และยังใช้เวลาในการดำเนินการที่ยาวนาน จึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น เช่น บริษัทผลิตเครื่องบิน หน่วยงานภาครัฐที่ทำการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ เป็นต้น ส่วนของภาคการศึกษาทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน รวมถึงสถาบันวิจัยต่างๆ ทุกวันนี้นิยมหันมาใช้วิธีหลักการทำนายเชิงวิเคราะห์ในการวิเคราะห์หาแบบจำลองของอากาศยาน เพื่อนำมาออกแบบระบบควบคุมการบิน เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีต้นทุนที่ต่ำกว่า 2 แนวทางแรกอย่างมาก และใช้เวลาไม่มากในการดำเนินการ เนื่องจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการหาแบบจำลอง การวิเคราะห์และการออกแบบระบบการบินทั้งหมด

การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้แนวทางการออกแบบเชิงจำลองแบบ (Model-Based Design) คือ กระบวนการออกแบบเชิงคณิตศาสตร์ และเชิงรูปภาพกระบวนการ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองแบบที่ซับซ้อน ซึ่งก็คือแนวทางตามหลักการทำนายเชิงวิเคราะห์นั่นเอง โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้แนวทางนี้ในการหาแบบจำลองของอากาศยานขนาดเล็ก (Remote Control Airplane) ดังแสดงตามรูปที่ 1 เพื่อนำมาประมวลผล ศึกษาวิเคราะห์คุณลักษณะของเครื่องบิน RCA และทำการออกแบบระบบควบคุมการบิน ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากไม่ต้องใช้ต้นทุนสูง และไม่ต้องใช้เวลานาน รวมทั้งมีความปลอดภัยและลดการสูญเสียจากการทดสอบ/ทดลองจริง เช่น การทดสอบขับเครื่องบินทดสอบจริง เป็นต้น



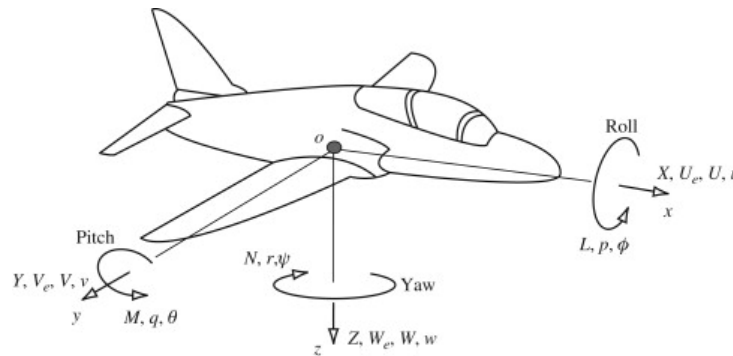
รูปที่ 1 การสร้างอากาศยานขนาดเล็ก (Remote Control Airplane)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็ก โดยใช้แนวทางการออกแบบเชิงจำลองแบบ (MathWorks, 2024) โดยใช้โปรแกรม Matlab & Simulink (Ashish Tewari, 2003) ช่วยในการออกแบบและประมวลผล โดยเริ่มต้นจากการหาแบบจำลอง การวิเคราะห์แบบจำลองแบบเปิด การออกแบบระบบควบคุมโดยนำเสนอระบบควบคุมแบบ PID จากนั้นวิเคราะห์ผลระบบควบคุมแบบปิด โดยรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อวิธีดำเนินการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และสรุปผลการวิจัย ในหัวข้อสุดท้าย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบแกนและเครื่องหมาย (System of axes and Notation)

ระบบแกนและเครื่องหมายของอากาศยาน (Michael V. Cook, 2013) เพื่อใช้อธิบายคุณลักษณะท่าทางการบินตามหลักวิศวกรรมอากาศยาน ดังนี้



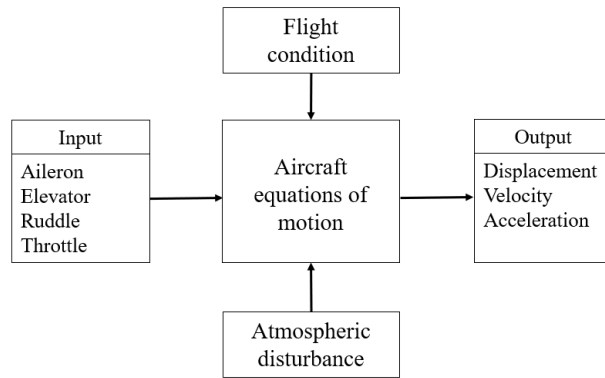
รูปที่ 2 ภาพแสดง Motion variables notation (Michael V. Cook, 2013)

ตารางที่ 1 นิยามของ Motion variables notation (Michael V. Cook, 2013)

X	Axis "drag" force	The sum of the components of aerodynamic, thrust, and weight forces.
Y	Slide force	
Z	Normal "lift" force	
L	Rolling moment	The sum of the components of aerodynamic, thrust, and weight moments.
M	Pitching moment	
N	Yawing moment	
p	Roll rate	Components of angular velocity.
q	Pitch rate	
r	Yaw rate	
U	Axial velocity	Total linear velocity components of the CG.
V	Lateral velocity	
W	Normal velocity	

2.2 การออกแบบระบบควบคุมการบิน (Flight Control System)

การออกแบบระบบควบคุมการบิน เป็นการออกแบบทางวิศวกรรมขั้นสูง ต้องใช้หลักการทางวิศวกรรมหลายสาขา ต้องพิจารณาหลายแกน หลายระบบพิกัด เช่น ระบบพิกัดโลก (Earth coordinate system) ระบบพิกัดอากาศยาน (Aircraft body coordinate system) ระบบ Aerodynamic, wind, and stability axis เป็นต้น เพื่อหาแบบจำลองของอากาศยาน แล้วนำมาวิเคราะห์และประมวลผลหาคุณลักษณะของอากาศยาน จากนั้นจึงทำการออกแบบระบบควบคุม ประมวลผล ก่อนทำการทดสอบจริง โดยหลักการออกแบบ (Michael V. Cook, 2013) ได้สรุปการพิจารณาถึงตัวแปรต่างๆ ทางด้านอินพุต สภาวะของการบิน ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศ และค่าเอาต์พุตที่ทำการควบคุม เป็นต้น ดังแสดงตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพแสดง Motion variables notation (Michael V. Cook, 2013)

จากความซับซ้อนของการออกแบบระบบควบคุมการบินของอากาศยาน สามารถลดความซับซ้อนได้จากการออกแบบโดยมีการประมาณการค่าตัวแปรในสถานะเงื่อนไขที่ไม่ซับซ้อน (Lubna Moin et al., 2011), (N. Wahid et al., 2017) เพื่อลดความยุ่งยากของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้เป็นการบินที่สถานะความสูงคงที่ (Constant attitude) ความเร็วคงที่ (Constant velocity) สถานะแรงในแนวแกน XY มีความสมดุล (Thrust, Drag, Weight, Lift) เป็นต้น งานวิจัยนี้ก็ได้ใช้หลักการนี้ และสามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอากาศยานขนาดเล็กได้ในรูปของสมการดิฟเฟอเรนเชียล ตามสมการที่ (1)-(3)

$$\dot{\alpha} = \mu\Omega\sigma[-(C_L + C_D)\alpha + \frac{1}{(\mu - C_L)}q - (C_W \sin \gamma)\theta + C_L] \quad (1)$$

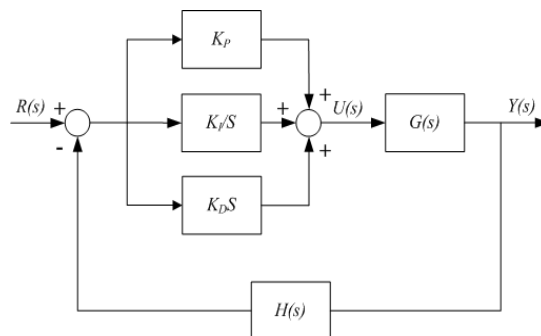
$$\dot{q} = \frac{\mu\Omega}{2I_{yy}} [[C_M - \eta(C_L + C_D)]\alpha + [C_M + \sigma C_M(1 - \mu C_L)]q + (\eta C_W \sin \gamma)\delta] \quad (2)$$

$$\dot{\theta} = \Omega q \quad (3)$$

- เมื่อ
- α คือ มุมของอากาศยาน (Angle of Aircraft)
 - q คือ อัตรามุมยก (Pitch rate)
 - θ คือ มุมยก (Pitch angle)

2.3 การออกแบบระบบควบคุม PID (PID Control Design)

ระบบควบคุม PID เป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีส่วนประกอบตามรูปที่ 4 และมีสมการตามสมการที่ (4)-(6) สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมการบิน (Arkadiy Turevskiy et al., 2007) โดยใช้การควบคุมแบบ P ในการปรับอัตราการขยายให้มากขึ้น เข้าใกล้ค่าเป้าหมายได้เร็วขึ้น ส่วนการควบคุมแบบ I ใช้สำหรับปรับค่าผิดพลาดในช่วงสภาวะคงตัวให้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด และการควบคุมแบบ D ใช้สำหรับปรับปรุงคุณลักษณะของสัญญาณช่วงชั่วขณะให้ดีขึ้น แต่งานวิจัยดังกล่าวได้คำนวณหาค่า PID ในเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้เวลามากในการวิเคราะห์ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำมาต่อยอดโดยการหาค่าควบคุมของระบบควบคุมแบบ PID ด้วยการปรับอัตโนมัติของ Matlab & Simulink โดยจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.4



รูปที่ 4 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบ PID

จากส่วนประกอบสามารถหา Transfer function ของระบบควบคุมได้ดังนี้

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

เมื่อแปลงให้อยู่ใน S-Domain โดย Laplace Transform:

$$U(s) = (K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s)E(s) \quad (5)$$

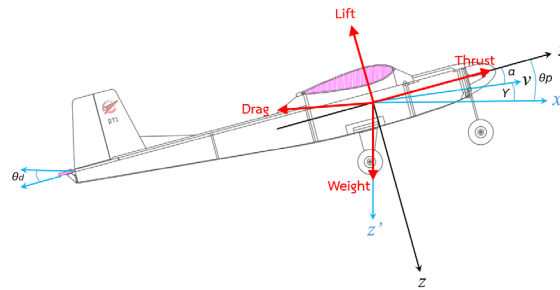
ดังนั้นจะได้ PID Controller Transfer function:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = (K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s) \quad (6)$$

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การหาแบบจำลองของอากาศยานขนาดเล็ก (Remote Control Airplane)

งานวิจัยนี้ได้นำมาหาแบบจำลองอย่างง่ายของอากาศยานขนาดเล็ก โดยประมาณการค่าตัวแปรในสถานะเงื่อนไขที่ไม่ซับซ้อน (Lubna Moin et al., 2011), (N. Wahid et al., 2017) โดยเลือกพิจารณา 3 ตัวแปรปริภูมิสถานะก่อนเพื่อนำไปใช้หาหลักพื้นฐานของการหาแบบจำลองของอากาศยาน ตามรูปที่ 5 และสามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปของสมการดิฟเฟอเรนเชียล ดังแสดงในสมการที่ (7)-(9)



รูปที่ 5 ภาพแสดงอากาศยานขนาดเล็กและตัวแปรปริภูมิสถานะ

$$\dot{\alpha} = 0.328\alpha - 48.2q + 0.234\theta d \quad (7)$$

$$\dot{q} = 0.0141\alpha - 0.424q + 0.0205\theta d \quad (8)$$

$$\dot{\theta p} = 56.7q \quad (9)$$

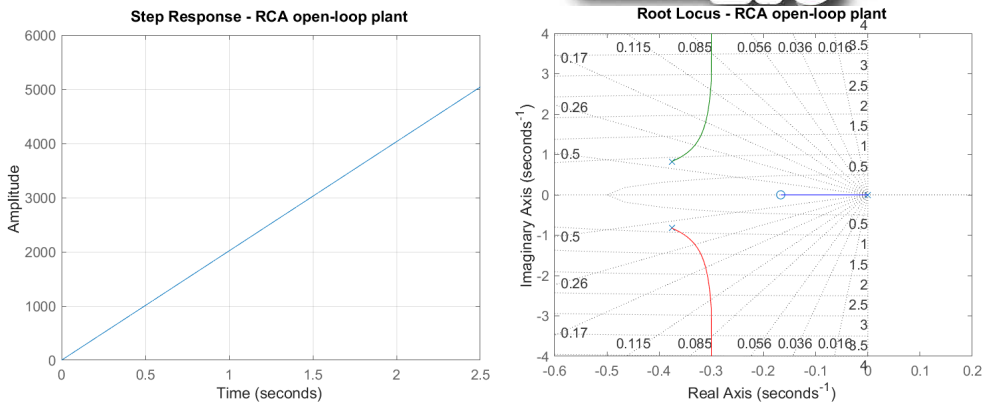
สามารถแปลงให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์แบบจำลองปริภูมิสถานะ ดังแสดงในสมการที่ (10)-(11)

$$\begin{bmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{q} \\ \dot{\theta p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.328 & 48.2 & 0 \\ -0.0141 & -0.424 & 0 \\ 0 & 48.2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ q \\ \theta p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.234 \\ 0.0205 \\ 0 \end{bmatrix} \theta d \quad (10)$$

$$y = [0 \quad 0 \quad 1] \begin{bmatrix} \alpha \\ q \\ \theta p \end{bmatrix} \quad (11)$$

3.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบเปิด (Stability Analysis of Open-loop System)

แบบจำลองของอากาศยานขนาดเล็ก สามารถนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพ ตามหลักระบบควบคุม (Norman S. Nise, 2015), (Robert C. Nelson, 2009) โดยใช้โปรแกรม Matlab (Ashish Tewari, 2003) มาวิเคราะห์ ดังแสดงตามรูปที่ 1 พบว่าเอาต์พุตที่ได้ไม่ลู่อเข้า ถือว่าเป็นระบบเปิดที่ไม่มีเสถียรภาพ

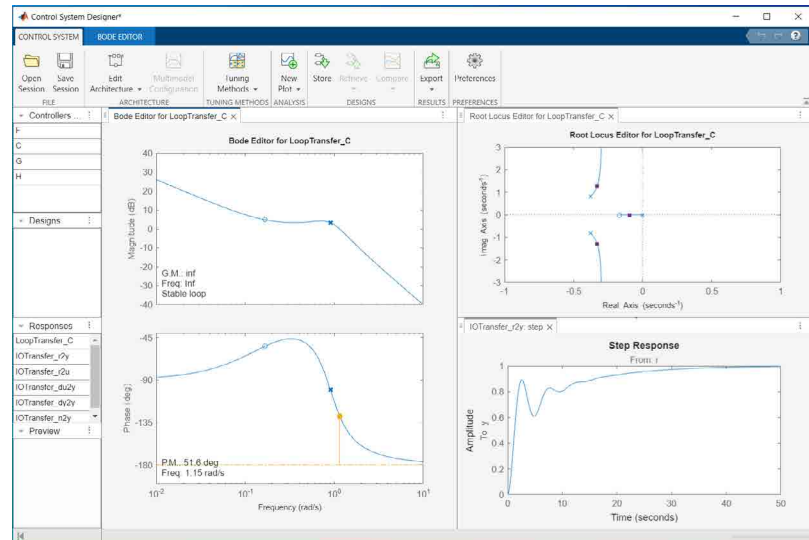


(ก) สัญญาณอิพุทแบบ Step Unit (ข) Root Locus ของระบบเปิด

รูปที่ 6 ผลการประมวลผลของแบบจำลองแบบเปิดของอากาศยานขนาดเล็ก

3.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพของของระบบปิด (Stability Analysis of Closed-Loop System)

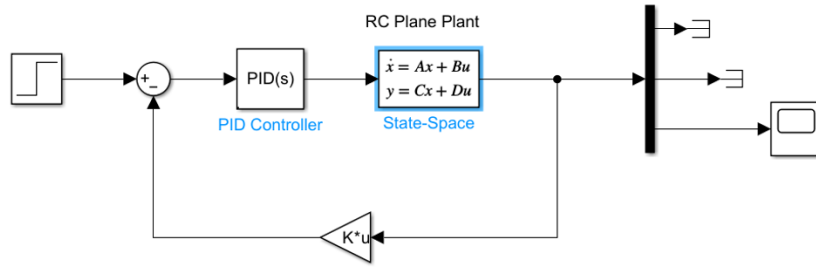
ขั้นตอนนี้จะนำแบบจำลองแบบที่ได้มาวิเคราะห์การควบคุมแบบปิด โดยใช้โปรแกรม Matlab มาประมวลผลการตอบสนองแบบ Step response การวิเคราะห์ทางเดินรากแบบ Root locus และการวิเคราะห์การตอบสนองต่อความถี่แบบ Bode พบว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้เข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลา 50 วินาที ถือว่าเป็นระบบปิดที่มีเสถียรภาพ แต่ก็ยังมีระยะเวลาการตอบสนองที่ช้า แสดงรายละเอียดตามรูปที่ 7



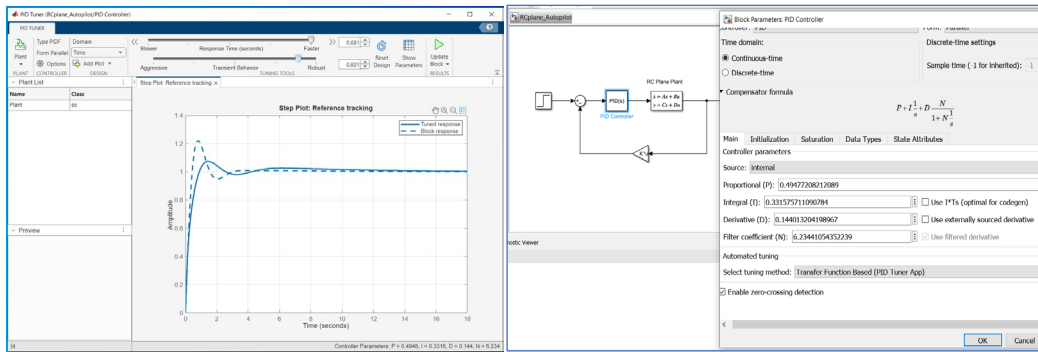
รูปที่ 7 ผลการประมวลผลของแบบจำลองแบบปิดของอากาศยานขนาดเล็ก

3.4 การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID (PID Control Design)

จากระบบควบคุมเดิมตามข้อ 3.3 ที่มีเสถียรภาพ แต่มีการตอบสนองต่อเวลาที่ช้า งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการปรับปรุงระบบควบคุมเพื่อให้มีการตอบสนองให้เร็วขึ้น ด้วยตัวควบคุมแบบ PID โดยใช้โปรแกรม Matlab & Simulink ช่วยในการออกแบบ ตั้งแสดงวงจรถวลคุม ตามรูปที่ 8 และเลือกใช้การปรับค่าพีไอดีอัตโนมัติด้วยฟังก์ชัน PID TUNER หลังจากปรับเลือกค่า PID ให้ได้ตามค่าที่ออกแบบไว้ จากนั้นทำการ Update Block ลงในโปรแกรม ซึ่งจะได้ค่า $P = 0.4948$, $I = 0.3316$, $D = 0.144$ ดังแสดงตามรูปที่ 9



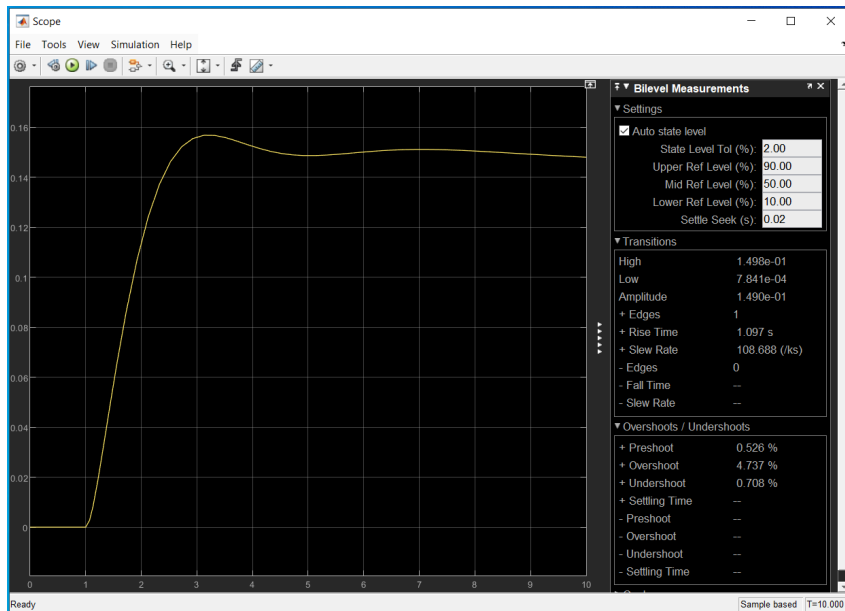
รูปที่ 8 แบบจำลองระบบควบคุมแบบปิดของอากาศยานขนาดเล็ก ด้วย Simulink



รูปที่ 9 การปรับค่า PID อัตโนมัติด้วยฟังก์ชัน PID TUNER

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการประมวลผลของระบบที่ได้ออกแบบปรับปรุงใหม่ โดยการเพิ่มตัวควบคุมแบบ PID แล้วปรับหาค่าอัตโนมัติให้ได้สัญญาณเอาต์พุตตามเกณฑ์ที่ต้องการ ผลปรากฏว่าระบบควบคุมมีเสถียรภาพ และสามารถควบคุมการบินได้ ด้วยค่าอัตราการพุ่ง (overshoot) ที่ 4.737% เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) ที่ 10 วินาที และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวน้อยกว่า (steady-state Error) ที่ 2% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีการตอบสนองต่อเวลาดีขึ้น ดังแสดงผล ตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลการประมวลผลระบบควบคุมแบบปิด ด้วยระบบควบคุมแบบ PID

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการนำเสนอกระบวนการออกแบบระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็ก โดยเริ่มจากการหาแบบจำลองระบบเปิด การวิเคราะห์และประมวลผลระบบเปิด การออกแบบปรับปรุงระบบควบคุมแบบปิดด้วยระบบควบคุมแบบ PID สรุปผลได้ว่าการออกแบบระบบควบคุมสามารถควบคุมการบินได้ และมีเสถียรภาพ ด้วยค่าการควบคุมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีการตอบสนองต่อเวลาที่สั้น ถือได้ว่าอยู่เกณฑ์ยอมรับได้

สุดท้ายในขั้นตอนต่อไปของงานวิจัยนี้ จะพัฒนาแบบจำลองให้เสมือนจริงมากขึ้น มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การสร้างต้นแบบจริงและบินทดสอบระบบควบคุมจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- The MathWorks, Inc. (2024). Matlab Help Center - Lightweight Airplane Design, Retrieved 20 June 2024 from <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/lightweight-airplane-design.html>
- The MathWorks, Inc. (2024). Model-Based Design, Retrieved 20 June 2024 from <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>.
- Ashish Tewari. (2003). *Modern Control Design with Matlab and Simulink*, Indian Institute of Technology, Kanpur, India: John Wiley & Sons Inc.
- Michael V. Cook. (2013). *Flight Dynamic Principles; A Linear Systems Approach to Aircraft Stability and Control* (3rd Edition). Butterworth-Heinemann, USA: Elsevier.
- Lubna Moin, Aman-uz-Zaman Baig, and Vali Uddin. (2017). State Space Modern of an Aircraft Using Simulink. *International Journal of System Modelling and Simulation*. 2(4), pp.1-6.
- N. Wahid, N. Hassan, M.F. Rahmat, and S. Mansor. (2011). Application of Intelligent Controller in Feedback Control Loop for Aircraft Pitch Control. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), pp. 1065–1074.
- Arkadiy Turevskiy, Stacey Gage, and Craig Buhr. (2007). Modern-based Design of a New Lightweight Aircraft. *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit, American Institute of Aeronautics and Astronautics Paper 2007-6371*, Hilton Head, South Carolina, Aug. 20-23, 2007.
- Norman S. Nise. (2015). *Control Systems Engineering* (7th Edition). California State Polytechnic University, Pomona: John Wiley & Sons Inc.
- Robert C. Nelson. (2009). *Flight Stability and Automatic Control* (2nd Edition). Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame: McGraw-Hill.

การทบทวนเพื่อเสนอแนวทางปรับปรุง ค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคารชุด

ปานเรขา พรมตา* สิริทิพร ไญญ์ธนายศ และ ปรีดา จันทวงษ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฏร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*parnleykha@gmail.com, 08 9570 7035

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงค่าเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคารชุด ได้แก่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาอาคาร (RTTV) ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) และ ชั่วโมงการใช้งานของอาคาร (n_h) ให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้งานอาคารชุดที่ใช้งานเพื่ออยู่อาศัย การวิจัยนี้ใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลอาคารชุด จำลองด้วยโปรแกรม SketchUp OpenStudio และเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนด งานวิจัยนี้กำหนดค่า n_h ของอาคารอยู่ที่ 17.00 น. ถึง 08.00 น. (จันทร์ถึงวันศุกร์) และใช้งาน 24 ชั่วโมง (วันเสาร์ และวันอาทิตย์) หรือเท่ากับ 6,411 ชั่วโมงต่อปี ผลการดำเนินการวิจัยเสนอว่า ค่า OTTV ที่กำหนดให้ 30 W/m² มีความเหมาะสมไม่ต้องปรับเกณฑ์ ค่า RTTV ปรับเกณฑ์เป็น 4 W/m² เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ ($T_{deq} \Delta T$ และ ESR) ในสมการการคำนวณค่า OTTV และ RTTV สอดคล้องกับชั่วโมงการใช้งานของอาคาร และค่า LPD ควรปรับให้เป็น 8 W/m² แนวทางการปรับปรุงนี้ไม่กระทบค่าใช้จ่ายในการออกแบบก่อสร้าง และสะท้อนถึงการใช้งพลังงานที่สอดคล้องกับลักษณะการใช้งานของอาคารชุดมากขึ้น นำไปสู่การอนุรักษ์พลังงานต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: เกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, อาคารชุด, อาคารอนุรักษ์พลังงาน

Energy Conservation Improvement Design Standards in Condominiums: A Comprehensive Review and Guideline Proposal

Panrekha Promta* Sittiporn Yaithanayos Preeda Chantawong

Energy Engineering Technology Department of Power Engineering Technology
College of Industrial Technology King Mongkut's University of Technology North Bangkok
1518 Pracharat 1 Road, Wong Sawang, Bang Sue, Bangkok 10800

*parnleykha@gmail.com, 08 9570 7035

Abstract

This study presents a methodology to revise energy conservation criteria for condominiums, focusing on Overall Thermal Transfer Value (OTTV), Roof Thermal Transfer Value (RTTV), Lighting Power Density (LPD), and building usage hours (n_h). Data from condominiums were collected and modeled using SketchUp OpenStudio, then compared against existing standard criteria. This study defines n_h value as 17:00 - 08:00 hours (Monday to Friday) and 24 hours on weekends, totaling 6,411 hours per year. This systematic review shows that maintaining OTTV at 30 W/m² is appropriate without further adjustments. RTTV should be adjusted to 4 W/m² to align with coefficient values ($T_{deq} \Delta T$ and ESR) relative to building usage hours. LPD should be adjusted to 8 W/m². These revisions aim to ensure regulatory compliance without increasing design costs, aligning more closely with energy-efficient practices tailored to condominium usage patterns. This approach supports sustained energy conservation in future condominium designs.

Keywords: Standard criteria in designing building for energy conservation, Condominiums, Energy conservation building

1. บทนำ

ในปัจจุบันปฏิเสธไม่ได้ว่าพลังงานเป็นส่วนสำคัญในการดำรงชีวิต ทุก ๆ กิจกรรมของมนุษย์ย่อมมีความต้องการในการใช้พลังงานเกิดขึ้นไม่ว่าจะเพื่อการอยู่อาศัย การขยายตัวทางเศรษฐกิจ การก้าวหน้าทางเทคโนโลยี สังคม หรือวัฒนธรรม ล้วนมีความต้องการใช้พลังงานที่สูงขึ้น จากการศึกษาที่ประเทศไทยยังคงมีการกระจุกตัวของงานอยู่ในจังหวัดใหญ่ ๆ ประชากรที่เดินทางเข้ามาอยู่อาศัยในจังหวัดใหญ่ ๆ เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการในเรื่องของที่อยู่อาศัยมากขึ้น อีกทั้งยังต้องเป็นที่อยู่อาศัยที่สะดวกต่อการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ โดยเฉพาะรถไฟฟ้า จึงมีการสร้างที่พักอาศัยที่มีลักษณะอยู่อาศัยแนวตั้งหรือแนวตั้งเพิ่มขึ้น อาคารชุด (Condominium) กลายเป็นรูปแบบของอาคารที่นิยมมากขึ้นในการสร้างเพื่อการอยู่อาศัย ผลที่ตามมาคือเกิดการใช้พลังงานในภาคอาคารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

กระทรวงพลังงาน ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2563 [1] ซึ่งกำหนดให้การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารหากมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในอาคารหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งอาคารชุดเป็นหนึ่งในประเภทอาคารที่เข้าข่ายต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงฉบับนี้ เมื่อพิจารณาเนื้อหาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุด พบว่ามีค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละระบบ และจำนวนชั่วโมงใช้งานของอาคารดังนี้

1. ระบบเปลือกอาคาร ได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร ต้องมีค่าไม่เกิน 30 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ต้องมีค่าไม่เกิน 6 วัตต์ต่อตารางเมตร
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด ไม่เกิน 12 วัตต์ต่อตารางเมตร
3. ระบบปรับอากาศ สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 12,000 วัตต์ ต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล เป็นไปตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (ขั้นต่ำ) ที่เป็นปัจจุบันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
4. จำนวนชั่วโมงใช้งานรายปี เท่ากับ 8,760 ชั่วโมงต่อปี

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อการศึกษา ทบทวน และเสนอแนวทางการปรับปรุงค่าเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตามกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2563 [1] และประกาศกระทรวงฯ ที่เกี่ยวข้อง [2,3] ในส่วนของระบบเปลือกอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และชั่วโมงการใช้งานอาคารของอาคารชุด เนื่องจากการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลพบว่า อาคารชุด มีค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละระบบ และจำนวนชั่วโมงใช้งานของอาคาร เท่ากับอาคารประเภท โรงแรม และสถานพยาบาล แต่อาคารชุดมีลักษณะการใช้งานอาคารในรูปแบบที่พักอาศัย ไม่ได้มีการใช้งานตลอดทั้งวัน [5] [6] ผลกระทบของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบมายังกรอบอาคาร ความร้อนจากปัจจัยภายในและภายนอกของอาคารย่อมลดลง ดังนั้นการที่กฎกระทรวงฯ กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ไม่สอดคล้องกับลักษณะการใช้งานของอาคารชุด ส่งผลให้การตรวจประเมินตามกฎกระทรวงฯ ในอาคารชุดมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเกินจริง งานวิจัยนี้จะนำเสนอถึงแนวทางการปรับปรุงเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงานการกำหนดที่เหมาะสม ที่จะส่งเสริม และสนับสนุนให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างแท้จริง

2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการทบทวนวรรณกรรม

กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 [1] ประกาศลงราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2563 มีผลบังคับใช้กับอาคารก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในอาคารหลังเดียวตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ใน 9 ประเภทอาคาร ได้แก่ โรงมหรสพ โรงแรม สถานบริการ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงานหรือที่ทำการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุด และอาคารชุมนุมคน ต้องมีการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามที่กำหนดไว้ในหมวด 2 ของกฎกระทรวงฯ ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบเปลือกอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน โดยเกณฑ์มาตรฐานของระบบต่าง ๆ จะต้องเป็นไปตามค่ามาตรฐานตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดไว้ใน ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564 [2] ในส่วนของหลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดไว้ใน ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564 [3] ซึ่งประกาศลงราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 24 ธันวาคม 2564 ทั้งนี้จากประกาศกระทรวงพลังงานฯ [3] กำหนดสมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง ดังแสดงในสมการที่ 1 สมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา ดังแสดงในสมการที่ 2 และสมการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด ดังแสดงในสมการที่ 3

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (1)$$

เมื่อ $OTTV_i$ คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ ($^\circ C$)

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ($^\circ C$)

$SHGC$ คือ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (W/m^2)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน ($RTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTV_i = (U_r)(1 - SRR)(TD_{eq}) + (U_s)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2)$$

เมื่อ $RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา (W/m^2)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ ($^\circ C$)

U_s คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกหลังคา ($^\circ C$)

SHGC คือสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (W/m^2)

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$LPD = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i)(LPD_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3)$$

เมื่อ LPD คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร (W/m^2)

LPD_i คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ i (W/m^2)

A_i คือ พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ i (m^2)

วิธีการลูเมน (Lumen Method) เป็นวิธีการคำนวณเพื่อกำหนดปริมาณค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (ลูเมน Lumen) ที่เพียงพอกับงานชนิดต่าง ๆ เหมาะกับพื้นที่ใช้งานที่ต้องการความส่องสว่างอย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในสมการที่ 4

$$TL = \frac{E \cdot A}{CU \cdot LLD \cdot LDD} \quad (4)$$

เมื่อ TL คือ ค่าความส่องสว่าง (Lumen)

E คือ ค่าปริมาณความส่องสว่าง (Lux)

A คือ พื้นที่ของห้อง (m^2)

CU คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization)

LLD คือ ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation)

LDD คือ ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation)

ดนตรีณ บัวจกร (2554) [5] งานวิจัยนี้เสนอการพัฒนานิเวศการประเมินค่า OTTV และค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารในประเภทอาคารชุด ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูลของลักษณะอาคารชุด และข้อมูลการใช้งานอาคารของผู้พักอาศัย และนำมาสร้างเป็นแบบจำลองอาคารอ้างอิงผ่านการจำลองด้วยโปรแกรม งานวิจัยนี้เสนอค่า OTTV ของแบบจำลองอาคารอ้างอิงอาคารชุดเท่ากับ 26.5 วัตต์ต่อตารางเมตร พร้อมเสนอค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ของทุกทิศทางในสมการคำนวณค่า OTTV

อภิญา บุญมา (2555) [6] งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของการกำหนดค่าการใช้พลังงานโดยรวม ด้วยการสำรวจการใช้พลังงานในอาคารจากผู้พักอาศัยในอาคารชุด และจำลองด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.0 ผลการวิจัยระบุว่า การกำหนดจำนวนชั่วโมงการใช้งานของอาคารชุด 8,760 ชั่วโมงต่อปีมีค่าที่สูงเกินจริงเมื่อเทียบกับการสำรวจ หากมีการปรับจำนวนชั่วโมงการใช้งานอาคารจะทำให้มีค่าดัชนีการใช้พลังงาน ในหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี มีค่าใกล้เคียงกับค่าไฟฟ้าที่เก็บข้อมูลมาจากผู้พักอาศัยในอาคารชุด

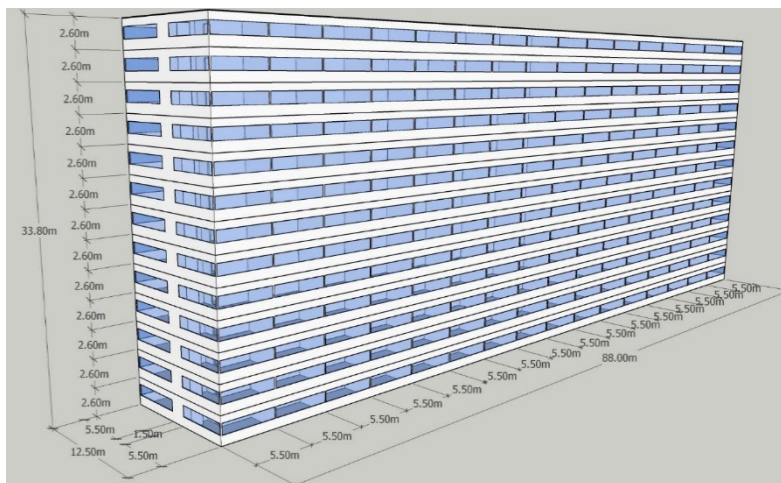
3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยการทบทวนเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคารชุด มีรายละเอียดดังนี้

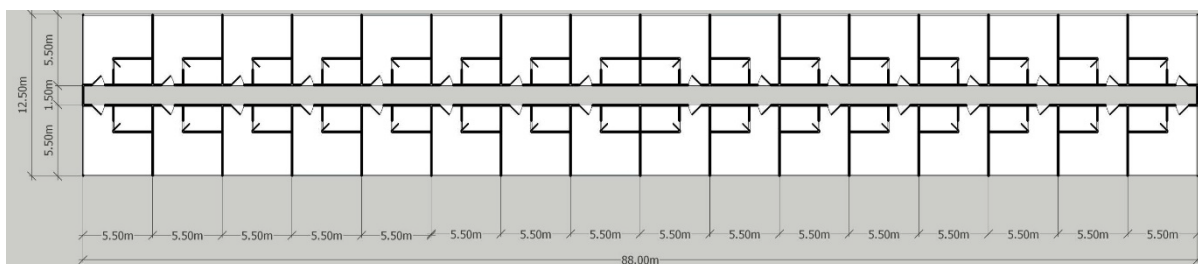
3.1 รวบรวม ศึกษา และทบทวนงานวิจัย กฎหมาย และข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุด

3.2 สืบหา รวบรวม และสรุปข้อมูลอาคารชุดจำนวน 213 อาคาร ประกอบไปด้วยลักษณะผนัง กระจก หลังคา รูปร่างของอาคารชุดเพื่อกำหนดเป็นอาคารชุดอ้างอิงในการจำลองในโปรแกรม ข้อมูลผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ประกอบด้วย ประเภทของอุปกรณ์ ค่าการส่องสว่างในหน่วย ลักซ์ (LUX) และกำลังไฟฟ้าในหน่วย วัตต์(W) จากคู่มือวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [4] และข้อมูลชั่วโมงการใช้งานอาคารของอาคารชุดจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [5,6]

3.3 สรุปข้อมูลการสำรวจ และกำหนดออกมาเป็นข้อมูล และรูปแบบของอาคารชุดอ้างอิง เพื่อใช้ในการจำลองในโปรแกรม พร้อมวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการคำนวณหาค่า OTTV และ RTTV ได้แก่ว่า T_{deq} ΔT และ ESR โดยมีรูปแบบของอาคารชุดอ้างอิงดังแสดงในรูปที่ 1 - 2 และข้อมูลของอาคารชุดอ้างอิงดังแสดงในตารางที่ 1 - 4 ทั้งนี้การจำลองสภาพภายนอกของผนังที่บดแสง และหลังคา จะอยู่ที่การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ มีค่ากำหนดในการจำลองนี้ตามตารางที่ 2



รูปที่ 1 รูปแบบของอาคารชุดอ้างอิงที่ใช้จำลองในโปรแกรม



รูปที่ 2 รูปแบบของผังพื้นของอาคารชุดอ้างอิงที่ใช้จำลองในโปรแกรม

ตารางที่ 1 ข้อมูลโดยสรุปของอาคารชุดอ้างอิง (ข้อมูลทั่วไป)

พื้นที่ของอาคาร และรูปร่างอาคาร	14,196 ตารางเมตร และตัว "I" (ตัวไอ)
ความกว้าง และความยาวของอาคาร	88 เมตร และ 12.5 เมตร
จำนวนชั้น และความสูงของชั้น	13 ชั้น และ 2.6 เมตร
จำนวนห้องชุดทั้งหมดในอาคาร และจำนวนห้องชุดต่อชั้น	416 ห้องชุด และ 32 ห้องชุด
พื้นที่ของห้องชุด	30 ตารางเมตร
ความกว้างทางเดินภายในอาคาร (พื้นที่ไม่ปรับอากาศ)	1.5 เมตร

ตารางที่ 2 ข้อมูลโดยสรุปของอาคารชุดอ้างอิง (ข้อมูลผนังทึบแสง และหลังคา)

ผนังทึบแสง	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/(m ² .°C))
ผนังทึบเป็นคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast)	4.285
คอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก	2.876
คอนกรีตมวลเบา	2.481
หลังคา	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/(m ² .°C))
หลังคาคอนกรีต	3.331
หลังคาคอนกรีตติดฉนวนกันความร้อน	0.3584
หลังคาคอนกรีตติดฉนวนกันความร้อนหุ้มอลูมิเนียมพอยล์	0.248
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์	0.3 0.5 0.7 และ 0.9

ตารางที่ 3 ข้อมูลโดยสรุปของอาคารชุดอ้างอิง (ข้อมูล ผนังโปร่งแสงหรือกระจก)

ผนังโปร่งแสงหรือกระจก	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/(m ² .°C))	ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสง
กระจกใส ความหนา 6 มิลลิเมตร	5.74	0.82
กระจกเขียวตัดแสง ความหนา 6 มิลลิเมตร	5.74	0.6
กระจกลามิเนตใส ความหนา 10 มิลลิเมตร	5.5	0.45

ตารางที่ 4 ข้อมูลโดยสรุปของอาคารชุดอ้างอิง (การกำหนดค่าในโปรแกรมจำลอง)

ช่วงเวลาใช้งานอาคาร	17.00 น. – 08.00 น.
ค่า Lighting Power Density (LPD)	3.37 W/m ²

3.4 นำค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ของสมการในแต่ละทิศของอาคารจากการจำลองโปรแกรมมาคำนวณหาค่า OTTV และ RTTV และนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคารชุด

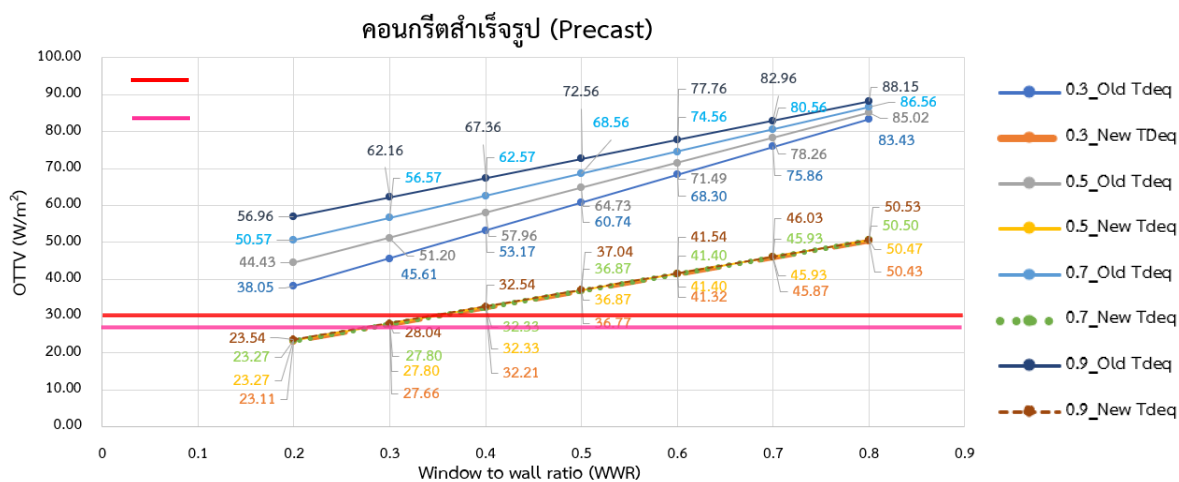
3.5 พิจารณาข้อมูลผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มาวิเคราะห์ร่วมกับค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดด้วยสมการที่ (3) ค่าความส่องสว่างด้วยวิธีการลูเมนต์ (Lumen Method) ด้วยสมการที่ (4) กับพื้นที่ของอาคารชุดอ้างอิงในข้อ 3.3 โดยกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ เท่ากับ 0.5 ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ และค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม เท่ากับ 1 และนำมาเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารฯ

4. ผลการวิจัย

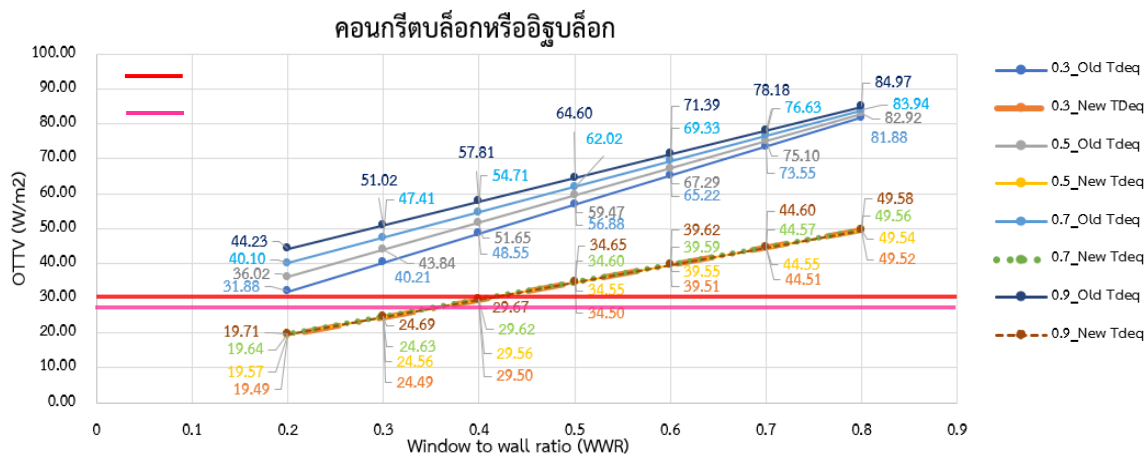
4.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall thermal transfer value, OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาของอาคาร (Roof thermal transfer value, RTTV)

ผลการจำลองอาคารชุดอ้างอิงด้วยข้อมูลผนังที่บทั้ง 3 ชนิด และข้อมูลกระจกทั้ง 3 ชนิด จะได้ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ ($T_{deq} \Delta T$ และ ESR) ของสมการคำนวณค่า OTTV ต่ำกว่าที่กำหนดในกฎหมาย [2] เมื่อนำมาคำนวณหาค่า OTTV มีผลการคำนวณแสดงดังรูปที่ 3 – 9 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารฯ (30 W/m^2) พบว่า ในทุก ๆ ผลการจำลองค่า OTTV จะต่ำกว่า 30 W/m^2 เมื่อมีค่า WWR ไม่เกิน 0.3 กรณีที่มีค่า WWR ระหว่าง 0.3 – 0.4 และค่า OTTV จะยังต่ำกว่า 30 W/m^2 ก็ต่อเมื่อเป็นผนังที่ชนิดคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบา หากผนังที่เป็นชนิดคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) จะต้อง มีชนิดของกระจกเป็น กระจกเขียว ความหนา 6 มิลลิเมตร หรือกระจกลามิเนต ความหนา 5 มิลลิเมตร 2 ชั้น

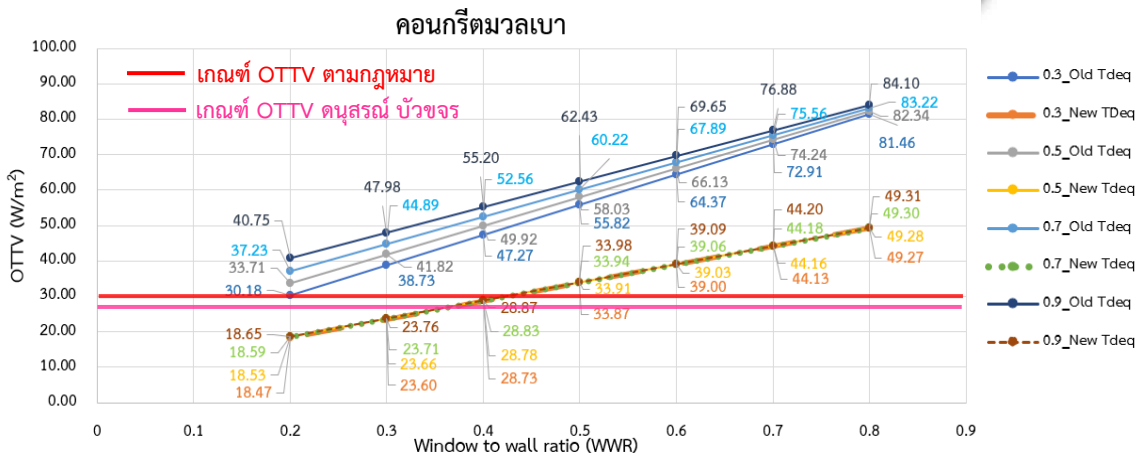
ในส่วนของค่า RTTV ผลการจำลองอาคารชุดอ้างอิงด้วยข้อมูลหลังคาทั้ง 3 ชนิด จะได้ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ ($T_{deq} \Delta T$ และ ESR) ของสมการคำนวณค่า RTTV ต่ำกว่าที่กำหนดในกฎหมาย [2] เมื่อนำมาคำนวณหา ค่า RTTV จะได้ผลการคำนวณแสดงดังรูปที่ 10 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารฯ (6 W/m^2) พบว่า ในทุก ๆ ผลการจำลองค่า RTTV จะต่ำกว่า 6 W/m^2 ยกเว้นหลังคาประเภทหลังคาคอนกรีตจะมีค่า RTTV สูงกว่า



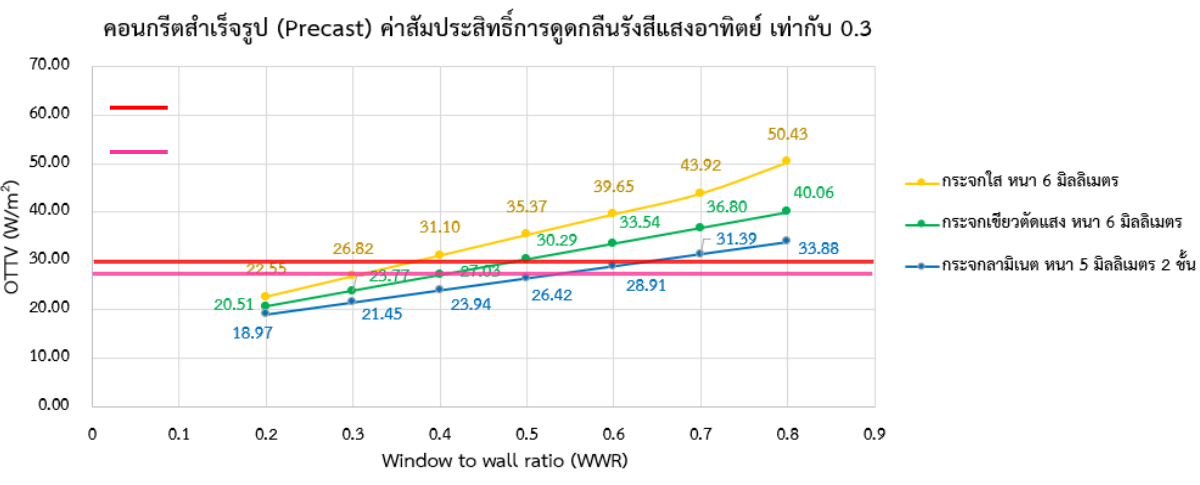
รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่า OTTV ของผนังที่ประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast)



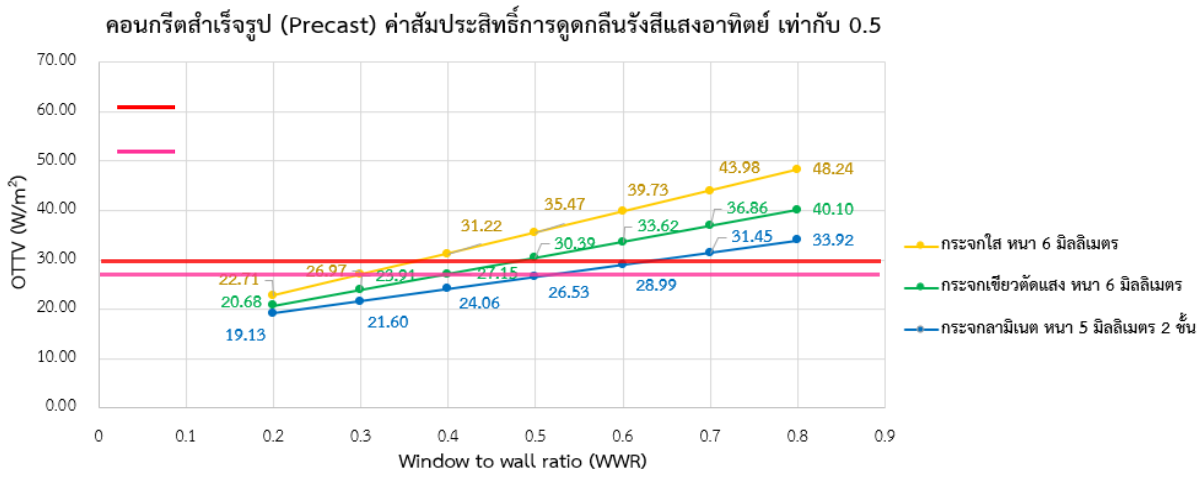
รูปที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่า OTTV ของผนังที่ประเภทคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อกกับกระจกใส



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่า OTTV ของผนังที่ประเภทคอนกรีตมวลเบา

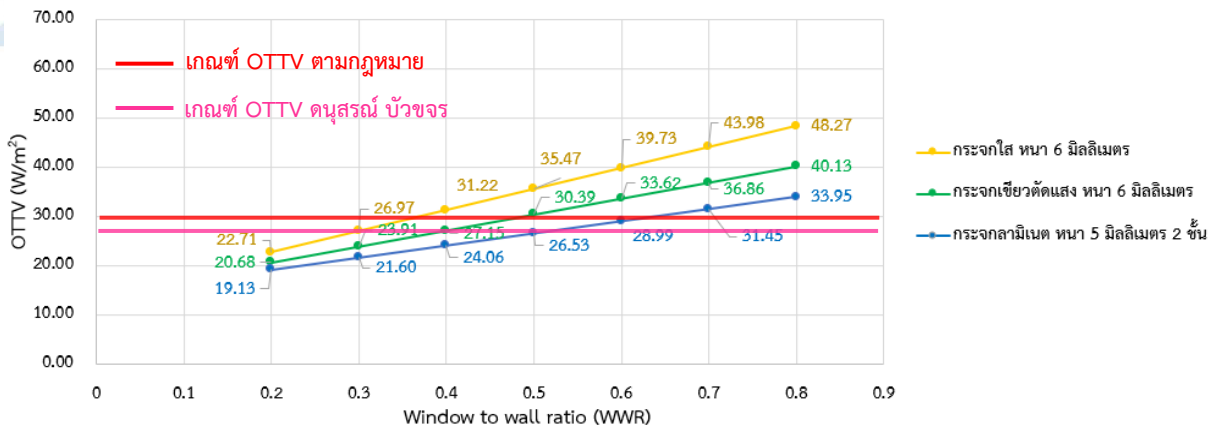


รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่า OTTV ของกระจก กำหนดให้ผนังที่เป็นประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 0.3



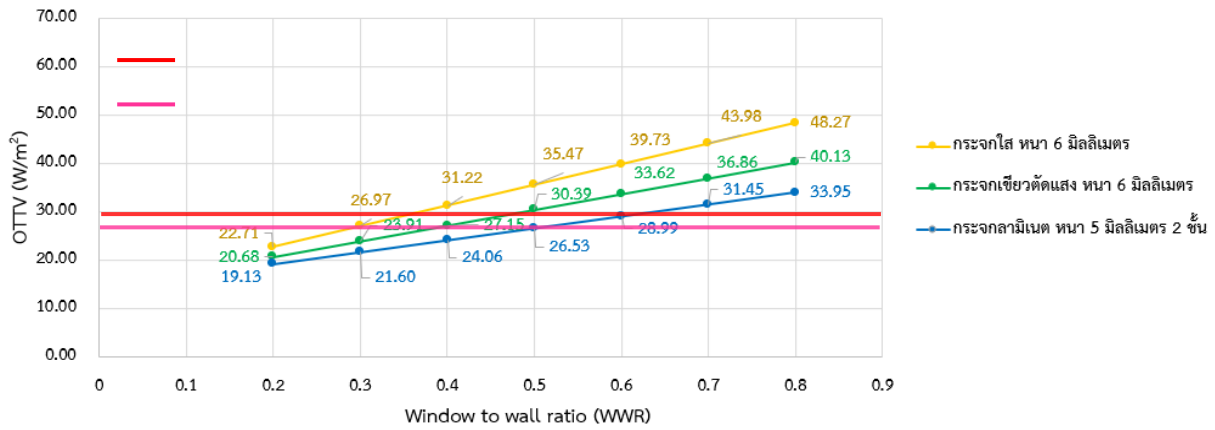
รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่า OTTV ของกระจก กำหนดให้ผนังที่เป็นประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 0.5

คอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 0.7



รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่า OTTV ของกระจก กำหนดให้ผนังทึบเป็นประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 0.7

คอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 0.9



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบค่า OTTV ของกระจก กำหนดให้ผนังทึบเป็นประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เท่ากับ 0.9

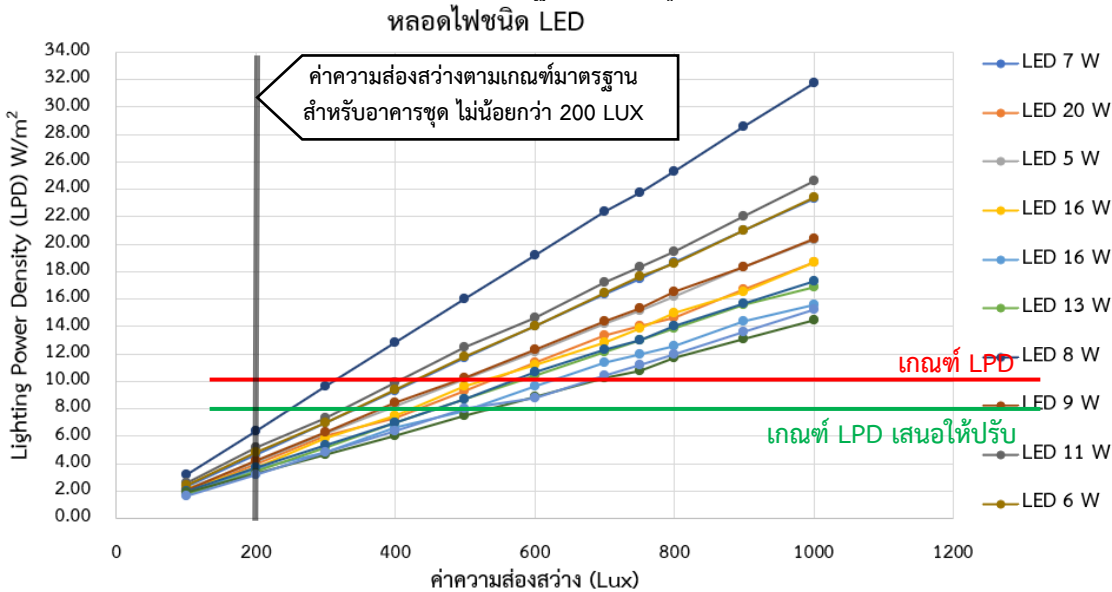
หลังคา



รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบค่า RTTV ของหลังคาทั้ง 3 ชนิด

4.2 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (Lighting Power Density, LPD)

จากการพิจารณาข้อมูลอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มาวิเคราะห์ร่วมกับค่า LPD และค่าความส่องสว่าง (LUX) กับพื้นที่ของอาคารชุดอ้างอิง พบว่าทุกกรณีเมื่อคำนวณหาค่า LPD แล้วจะมีค่า LPD ต่ำกว่าที่กำหนดในค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารฯ (12 W/m²) โดยที่มีค่า LUX เป็นไปตามมาตรฐาน แสดงดังรูปที่ 11

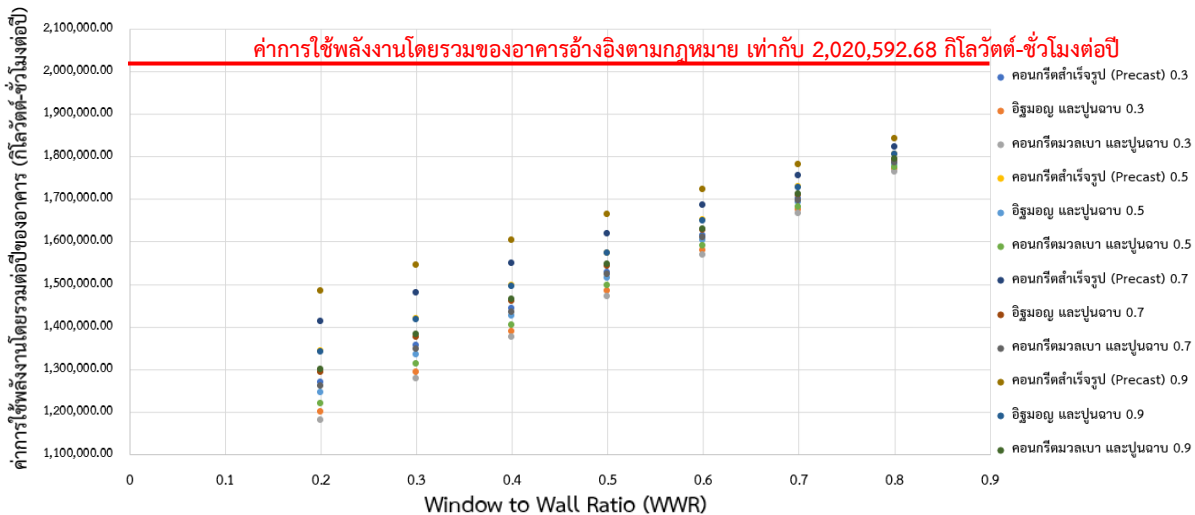


รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบค่าเกณฑ์ LPD กับค่า LPD จากการคำนวณ และวิเคราะห์ร่วมกับค่าความส่องสว่าง ของหลอดไฟชนิด หลอดกลม และหลอดยาว ประเภทหลอดแอลอีดี

4.3 จำนวนชั่วโมงการใช้งานอาคารต่อปี (n_h)

จากการคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ซึ่งกำหนดให้ n_h เป็น 6,411 ชั่วโมงต่อปีของอาคารอ้างอิงตาม กฎหมาย [3] เปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดอ้างอิงของงานวิจัยนี้ พบว่าในทุก ๆ กรณีค่าการใช้พลังงานโดยรวม ของอาคารชุดอ้างอิงจะมีค่าต่ำกว่าอาคารอ้างอิงตามกฎกระทรวงฯ แสดงดังรูปที่ 12

ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เมื่อกำหนดชั่วโมงการใช้งานอาคารเท่ากับ 6411 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 12 ผลการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงการใช้งานอาคารต่อปีเป็น 6,411 ชั่วโมงต่อปี

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผล

จากผลการจำลองด้วยโปรแกรมจะได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ ($T_{deq} \Delta T$ และ ESR) มีค่าลดลงจากที่กำหนดตามกฎหมาย เมื่อคำนวณตามสมการที่ (1) และ (2) และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ OTTV และ RTTV ตามกฎหมาย พบว่า เมื่ออาคารชุดมีค่า WWR ไม่เกินร้อยละ 40 จะสามารถผ่านเกณฑ์ OTTV ในส่วนของค่า RTTV พบว่าอาคารชุดทุกกรณีสามารถผ่านเกณฑ์ RTTV ยกเว้นประเภทที่ใช้หลังคาคอนกรีต ต่อมาในส่วนของค่า LPD เมื่อคำนวณหาตามสมการที่ (3) พบว่าในทุกกรณีจะมีค่า LPD ต่ำกว่าที่กำหนดตามกฎหมาย โดยที่ยังมีค่า LUX เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ซึ่งอาคารชุดจะต้องไม่ต่ำกว่า 200 Lux และในส่วนของค่า n_h เมื่อปรับเป็น 6,411 ชั่วโมงต่อปี พบว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดอ้างอิงทุกกรณีมีค่าต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงตามกฎหมาย

5.2 อภิปรายผล

จากเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานที่กำหนดในกฎหมายฯ [2] มีค่า OTTV เท่ากับ 30 W/m^2 นั้นจึงมีความเหมาะสมแล้ว ค่า RTTV จากเดิม 6 W/m^2 มีควรปรับให้ เท่ากับ 4 W/m^2 ก็ต่อเมื่อกำหนดให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ ($T_{deq} \Delta T$ และ ESR) ที่ลดลงจากค่ากำหนดในกฎหมายฯ ค่า LPD จากเดิม 12 W/m^2 มีควรปรับให้เท่ากับ 8 W/m^2 และค่า n_h จากเดิม 8,760 ชั่วโมงต่อปี ควรปรับให้เท่ากับ 6,411 ชั่วโมงต่อปี ทั้งนี้การทบทวน ละเอียดแนวทางการปรับปรุงเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น จะไม่กระทบกับการออกแบบก่อสร้างอาคาร และค่าความส่องสว่างยังคงเป็นไปตามกฎหมาย ทั้งนี้งานวิจัยนี้ใช้การจำลองผ่านโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารตามข้อมูลสภาพอากาศที่กำหนดไว้ในโปรแกรมจึงควรมีการตรวจวัดเพื่อพิจารณาในสภาพแวดล้อมตามความเป็นจริง อีกทั้งหากในอนาคตราคาวัสดุก่อสร้าง และอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างมีราคาที่ลดลงจะสามารถปรับให้ค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคารชุดสามารถปรับลงได้อีกโดยไม่กระทบต่อราคาก่อสร้าง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2563. กรุงเทพมหานคร.กระทรวงพลังงาน.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). ประกาศกระทรวง เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564. กรุงเทพมหานคร. กระทรวงพลังงาน.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). ประกาศกระทรวง เรื่องหลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564. กรุงเทพมหานคร. กระทรวงพลังงาน.
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). คู่มือวัสดุอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงาน. สืบค้น 6 เมษายน 2567, จาก <https://2e-building.dede.go.th/sites/default/files/2023-06/khuumuexwasduxupkrmxnraksphlanggan-a4.pdf>.
- [5] ดนุสรณ์ บัวขจร. (2554). การพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและการใช้พลังงานรวมของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] อภิญา บุญมา. (2555). ผลกระทบจากการกำหนดค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมายที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**การประเมินความเหมาะสมของหมุดควบคุมภาคพื้นดินในการรังวัดปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างานโดยใช้
อากาศยานไร้คนขับ**

วิทย์กุล สิทธิสาร^{1*} คณิศร ปันฟ้า² ปิยพัทธ์ พิกุลเคหา³ วิจิตร อธิวงค์กุล⁴ สุรพิน พรหมแดน⁵
และ ศุภกานต์ ธิเตจ๊ะ⁶

1, 2, 3, 4, 5 หลักสูตรวิศวกรรมเหมืองแร่ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่
6 ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

*E-mail wittayakul_sitt@mutl.ac.th , 0931615556

บทคัดย่อ

ความเหมาะสมของหมุดควบคุมภาคพื้นดินในการรังวัดปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างาน โดยใช้อากาศยานไร้คนขับและเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (GNSS) มาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้หาค่าของปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างานของเหมืองแร่ดีบุก โดยใช้อากาศยานไร้คนขับในการเก็บภาพถ่ายทางอากาศทั้งหมด 3 ระดับความสูง ได้แก่ 110 เมตร 90 เมตร 70 เมตร ควบคุมไปกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ทั้งหมด 22 จุด และแยกการประมวลผลแบบสุ่มจุด โดยสุ่มจุดควบคุมภาคพื้นดินโดยแบ่งเป็น 18, 14 และ 10 จุด ในแต่ละระดับความสูง เพื่อหาค่าความเหมาะสมของจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินรวมทั้งแนวการวางและระดับความสูง จากการหาค่าความเหมาะสมของระดับการบินพบว่าการบินที่ระดับ 90 เมตร จากจุดขึ้นบินมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการบินที่ระดับ 110 และ 70 เมตร โดยวิเคราะห์จากค่า GSD ตามกำหนดของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ที่ไม่เกิน 5.0 cm/px ซึ่งค่า GSD ของระดับความสูงที่ 90 เมตร นั้นอยู่ที่ 3.94 cm/px จึงเป็นเหตุผลที่เลือก ระดับความสูงที่ 90 เมตร ในการนำไปหาแนวการวางและจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ซึ่งแนวการวางที่เหมาะสมที่สุดของการหาปริมาณในระดับการบินที่ 90 เมตร คือรูปแบบการวางผ่านในแนวตั้ง และจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 14 จุด

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, จุดควบคุมภาคพื้นดิน, ปริมาตรของเหมืองและกองสต็อกแร่, แนวการวาง, ระดับความสูง

The Evaluation of The Suitability of Ground Control Points for Measuring the Quantity of Stockpiles and Working Areas Using Unmanned Aerial Vehicles

Wittayakul Sittisarn^{1*} Kanison Punpha² Piyaphat Phikulkeha³ Wijit Itthiwongkul⁴ Surapin Promdan⁵ and Suppagarn Thiteja⁶

^{1, 2, 3, 4, 5} Mining Engineering Course, Mechanical Engineering Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Lanna

⁶ Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

*E-mail wittayakul_sitt@rmutl.ac.th, 0931615556

Abstract

The suitability of ground control points (GCP) in the volumetric surveying to determine site areas by using an unmanned aerial vehicle and GNSS receiver as a data collection device for the volume of the mineral pile and the site areas of the tin mine. The drone was used for aerial photography at 3 flight level heights, 90 meters, 110 meters and 70 meters from take-off points along with ground control points a total of 22 points. The point random-picked process will be used to find the volume of site areas and the mineral stockpile by choosing 18 points, 14 points and 10 points from 22 points of each flight level height for finding the most optimal orientation, ground control points amount and the flight level heights. The determination of the suitability of the flight level heights shows that 90 meters have the least error compared to 110 meters and 70 meters, analyzed from a GSD value determined by the Department of Primary Industries and Mines that must be less than 5.0 cm/px and the GSD value at 90 meters flight level height is 3.94 cm/px. That is the reason for choosing 90 meters as the flight level height of aerial photography for choosing orientation and ground control points. The portrait pattern is the most optimal orientation to measure the volume at 90 meters of flight level height, and the most optimal amount of ground control points is 14.

Keywords: drone, ground control points, volume of site areas and the mineral stockpile, the most optimal orientation, the flight level heights

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีบทบาทที่สำคัญในการกำหนดขนาดของอุตสาหกรรมเหมืองแร่ในประเทศไทย มีการบังคับใช้กฎหมายมากำกับดูแล ที่เรียกว่า “พระราชบัญญัติแร่” ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่รัฐบาล ได้เขียนร่างขึ้นมาเพื่อเป็นข้อกำหนดต่างๆ ในการทำเหมืองแร่ รวมไปถึงการกำหนดขอบเขตในการทำเหมืองแร่ที่เรียกว่า “เขตเหมืองแร่” หรือ หมายความว่า เขตประทานบัตร และรวมถึงเขตพื้นที่ที่ได้รับอนุญาตให้แต่งแร่หรือที่ทิ้งมูลดินทราย มีเขตติดต่อกับเขตประทานบัตรในการทำเหมืองแร่นั้นซึ่งจำเป็นต้องสำรวจขอบเขตของการทำเหมืองหรือเขตเหมืองแร่เป็นประจำ เพื่อไม่ให้เหมืองที่กำลังดำเนินงานอยู่ ขุดรูกล้ำเกินออกไปจากเขตเหมืองแร่ การสำรวจเพื่อการหาปริมาณของพื้นที่เขตเหมืองแร่ รวมถึงกองสต็อกแร่จำเป็นต้องทำการสำรวจตามจุดต่างๆ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่ที่มีอยู่ของเหมือง ซึ่งอยู่ในความดูแลและหน้าที่การตรวจสอบข้อมูลของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ โดยรูปแบบของการสำรวจเขตเหมืองแร่ในอดีต จำเป็นจะต้องใช้กล้องวัดมุมธีโอดไลท์ (Theodolite) และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการสำรวจ การหาขอบเขตเหมืองแร่ ซึ่งในการหาขอบเขตเหมืองแร่ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เหล่านี้และต้องใช้เวลาอันมีความยุ่งยากหลายขั้นตอน ทำให้เสียเวลาในการทำงาน และมีความคลาดเคลื่อนหลายปัจจัย ซึ่งในระยะหลังได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ในการรังวัดหรือการสำรวจขอบเขตและการสำรวจหาปริมาณการขุดขนของงานเหมืองแร่และปริมาณกองสต็อกแร่มากขึ้น โดยการนำเครื่องอากาศยานไร้คนบินที่เรียกว่า “โดรน (Drone)” มาใช้ในการบินสำรวจทดแทนวิธีการเดิมเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการหาค่าที่ต้องการทราบ เช่น ตำแหน่งของจุดพิกัด ความสูงที่แตกต่างในแต่ละพื้นที่ ปริมาณของกองสต็อกแร่ ปริมาณของเหมืองทั้งหมดและนำข้อมูลมาใช้งาน แต่ทั้งนี้การใช้โดรนสำหรับงานสำรวจและงานรังวัดเหมืองแร่ ยังไม่มีการศึกษาความแม่นยำในการสำรวจที่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคลาดเคลื่อน เช่น ระดับความสูงและจำนวนของ Ground Control (GCP) ที่ต่างกัน ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเพียงใด และที่ระดับไหนเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพและเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้อากาศยานไร้คนบิน “โดรน (Drone)” มาใช้ในการหาพื้นที่ในขอบเขตเหมืองแร่ที่กำลังดำเนินงานอยู่ โดยการบินสำรวจเหมืองและหาค่าขอบเขตของเหมืองแร่ ที่มีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำที่ยอมรับได้ รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการหาปริมาณของกองสต็อกแร่ โดยการนำโดรน (Drone) ขึ้นบินที่ต่างระดับกันและกำหนดจุดที่จะเก็บภาพต่างกัน รวมทั้งจำนวนของ Ground Control Point (GCP) ที่แตกต่างกันตามที่ได้กำหนดขึ้นมา เพื่อหาระดับการบินและจำนวน Ground Control Point (GCP) ที่เหมาะสมที่สุดของการหาจุดพิกัด เมื่อได้ค่าพิกัดและขอบเขตของเหมืองที่แม่นยำ และมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดรวมถึงความแม่นยำในการหาปริมาณของกองสต็อกแร่ หรือสามารถนำข้อมูลและวิธีการที่ได้ศึกษา มาปรับใช้ประโยชน์ต่อด้านต่าง ๆ ได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ

2.1.1 ภาพถ่ายออร์โธ

แผนที่ภาพถ่ายออร์โธ (Orthophoto Map) หมายถึง รูปถ่ายทางอากาศเชิงตัวเลข (Digital Mapping Camera: DMC) ที่ผ่านกระบวนการในการสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ(Photogrammetry) ด้วยการปรับแก้ภาพถ่ายแบบออร์โธ (Orthorectification) ซึ่งเป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งอันเนื่องมาจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Relief Displacement) และการเอียงของกล้องรับที่ข้อมูล (Tilt Displacement) โดยใช้ข้อมูลความสูงต่ำของภูมิประเทศในการปรับแก้เปลี่ยนตำแหน่งและอ้างอิงระบบพิกัดกริดของแผนที่โลก (Universal Transverse Mercator : UTM) ที่ทำให้ตำแหน่ง ขนาด รูปร่างของวัตถุ และภูมิประเทศที่ปรากฏบนภาพที่ปรับแก้แล้ว มีความถูกต้องสามารถวัดตำแหน่งระยะทางที่แท้จริงได้ นำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะแผนที่ภาพในรูปแบบแผนที่ดิจิทัล (Digital Orthophoto Map) ได้; [1], [3]

2.1.2 จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point: GCP)

จุดควบคุมภาคพื้นดินเป็นการกำหนดจุดควบคุมภาพถ่ายโดยการทำเครื่องหมายในภูมิประเทศก่อนการบินถ่ายภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่ต้องการความละเอียดแม่นยำสูง โดยที่จุดนั้นสามารถระบุค่าพิกัดตำแหน่งในระบบพิกัดภูมิประเทศได้ ส่วนใหญ่จะเลือกจุดที่ปรากฏบนภาพถ่ายที่มีลักษณะเด่น สามารถระบุจากตำแหน่งบนภาพได้อย่างชัดเจน จุดควบคุมภาคพื้นดินใช้สำหรับการตรึงหรือปรับแก้ภาพถ่ายให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งการระบุค่าพิกัดอาจใช้ระบบนำทางด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS) หรือระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) โดยระบบพิกัดทางราบ ได้แก่ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ และระบบพิกัด UTM (Easting, Northing: N, E) ส่วนพิกัดทางตั้ง ได้แก่ ระดับสูงเหนือพื้นอ้างอิง เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level: MSL)

การกำหนด GCP ในงานรังวัดด้วยภาพถ่ายจากโดรนแบ่งได้ 2 ประเภท

- 1) เป็นจุดในพื้นที่ซึ่งสามารถระบุได้ชัดเจนกับบนภาพถ่าย เช่น มุมของอาคาร มุมถนน มุมรั้ว จุดตัดทางร่วมทางแยกต่างๆ เป็นต้น GCP แบบนี้ใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมาก
- 2) เป้าที่สร้างขึ้นใหม่แล้วเลือกตำแหน่งวางเป้าที่เหมาะสมบนภาพถ่าย สามารถจำแนกได้อย่างถูกต้องทั้งในภูมิประเทศและบนรูปถ่าย ควรมีตำแหน่งและจำนวนที่ครอบคลุมพื้นที่จำนวนที่เหมาะสมควรมีอย่างน้อย 5 จุด โดยวางเป้าในตำแหน่งมุมทั้งสี่ทิศและจุดกลางของพื้นที่

2.1.3 การวางแผนการบิน

การวางแผนการบินเป็นขั้นตอนที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย รวมถึงความถูกต้องเชิง ตำแหน่ง โดยมีปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญและต้องมีการวางแผนเพื่อกำหนดค่า ดังนี้

- 1) ความละเอียดจุดภาพ (Ground Sample Distance: GSD) คือ ระยะที่บอกขนาดของตัวอย่าง บนพื้นดิน 1 จุดภาพ หรืออาจเรียกว่าพิกเซล (Pixel) มักเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่น ภาพถ่ายที่มี GSD เท่ากับ 50 เซนติเมตร หมายความว่า 1 พิกเซลบนภาพถ่ายเท่ากับระยะบนพื้นดิน 50 เซนติเมตร เป็นต้น ซึ่งงานรังวัดพื้นที่การทำเหมืองแร่ตามมาตรฐานของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กำหนดให้ค่า GSD บริเวณที่มีการทำเหมืองให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7.5 เซนติเมตร
- 2) ความสูงบิน (Flight Altitude) คือ ระดับความสูงในขณะที่มีการถ่ายภาพ ซึ่งระดับความสูงที่มากขึ้นจะส่งผลให้ความละเอียดลดลงดังแสดงในรูปที่ 2.11 ในขณะที่ค่า GSD จะสูงขึ้นตามความสูงบิน ซึ่งการกำหนดความสูงบินและ GSD สามารถคำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

$$H = (GSD \times I \times F) / S \quad (1)$$

โดยที่ H คือความสูงบิน (cm)

GSD คือค่าระยะบนพื้นดิน (cm)

I คือจำนวนจุดภาพทั้งหมด (pixel)

F คือความยาวโฟกัส (mm)

S คือขนาดฉากรับภาพ (mm)

2.2 ซอฟต์แวร์ Agisoft Metashape Professional Edition

ใช้ในการประมวลผลรูปแบบข้อมูลจากภาพถ่ายทั้งระบบดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetric Triangulation) หรือภาพถ่ายจากกล้องหลายๆ ตัว เพื่อนำมาประมวลผลรวมกันให้ได้เป็นภาพขนาดใหญ่ ที่แสดงมิติของวัตถุในภาพได้อย่างถูกต้อง มีความสามารถในการนำภาพขนาดเล็กจำนวนมาก มาเรียงต่อเป็นภาพขนาดใหญ่ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นงานที่มีความละเอียดอ่อนซับซ้อน; [4], [5]

2.3 การสำรวจธรณีสัณฐานในงานเหมืองแร่โดยใช้โดรน

ในงานธรณีวิทยาและเหมืองแร่ส่วนใหญ่จะใช้โดรนในการถ่ายภาพจากมุมสูงแล้วนำภาพที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น แปลความหมายชนิดหินหรือโครงสร้างทางธรณีวิทยา ทำแบบจำลองภาพสามมิติ และที่สำคัญคือนำข้อมูลมาสร้างเส้นชั้นความสูงเพื่อแสดงลักษณะภูมิประเทศของบริเวณที่ทำการสำรวจ ซึ่งสามารถนำเส้นชั้นความสูงดังกล่าวไปประยุกต์ใช้งานต่อ เช่น การวางแผนการทำเหมือง การคำนวณปริมาณหิน และการติดตามตรวจสอบขอบเขตพื้นที่การทำเหมือง เป็นต้น; [2]

2.4 กระบวนการรังวัดมาตรฐานด้วยโดรน

งานรังวัดภูมิประเทศและสำรวจหน้าเหมือง โดยใช้โดรนหรืออากาศยานไร้คนขับ (UAV) เพื่อเก็บข้อมูลทางอากาศด้วยเซ็นเซอร์ เช่น แสง หรือ LIDAR ความละเอียดของเซ็นเซอร์ที่ใช้ทำให้สามารถสร้างแผนที่ที่มีความแม่นยำสูงได้อย่างรวดเร็ว แม้ในสภาพแวดล้อมที่ยากต่อการเข้าถึงภาพถ่ายทางอากาศ จะถูกถ่ายรูปหลายครั้งจากมุมที่แตกต่างกันเพื่อให้สามารถคำนวณหาพิกัดก่อนนำมาจัดทำแผนที่ภาพถ่ายแนวตั้ง (Orthophoto) แล้วใช้ซอฟต์แวร์ปรับแก้แบบสองมิติ ในแนวราบได้หรือใช้สร้างแบบจำลองระดับความสูงแบบดิจิทัล (DEM) เป็นตัวแทนของพื้นผิวภูมิประเทศที่มีค่าระดับความสูงได้; [6]

2.5 การกำหนดความผิดและโทษที่เหมาะสมและศึกษากรณีการใช้อากาศยานไร้คนขับ

การศึกษามาตรการทางกฎหมายที่เหมาะสมในการควบคุมการใช้อากาศยานซึ่งไม่มีนักบินในการกระทำ ความผิด โดยเปรียบเทียบกฎหมายของสหรัฐอเมริกา ผลการวิเคราะห์พบว่า การกำหนดความผิดอาญาของสหรัฐอเมริกา ในความผิดต่อชีวิต ร่างกาย บุกรุก ถ้ามองสามารถใช้อากาศยานซึ่งไม่มีนักบินเป็นเครื่องมือในการช่วยกระทำความผิดได้ เพราะความเสียหายเกิดขึ้นโดยไม่ต้องมีผู้กระทำความผิดเข้าไปประชิดตัวผู้เสียหาย และผู้เสียหายไม่รู้รายละเอียดของผู้กระทำความผิดจึงเห็นว่าจากลักษณะกรณีดังกล่าวจะช่วยให้เกิดโอกาสในการกระทำความผิดสะดวกยิ่งขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดเป็นความผิดอาญา หมวดความผิดลหุโทษ ซึ่งมีอัตราโทษจำคุกไม่เกิน 1 เดือน หรือปรับไม่เกิน 10,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ; [6]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์สถานที่และโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

- 3.1.1 พื้นที่เหมืองแร่ตึก - ทังสเดน ตำบลบ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่
- 3.1.2 โดรนรุ่น DJI Phantom 3 Professional
- 3.1.3 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Tersus David GNSS
- 3.1.4 กระจอบสีขาว จำนวน 30 กระจอบ สำหรับทำ Ground Control Point (GCP)
- 3.1.5 สีสเปรย์กระป๋องสีดำ 270 กรัม จำนวน 4 กระป๋อง
- 3.1.6 แผ่นพลาสติกลูกฟูกสีขาว 65x122 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น
- 3.1.7 โปรแกรม Agisoft Photo Scan Professional (64 bit)
- 3.1.8 แอปพลิเคชัน pix4D capture
- 3.1.9 แอปพลิเคชัน NUWA

3.2 ขั้นตอนในการวิจัย

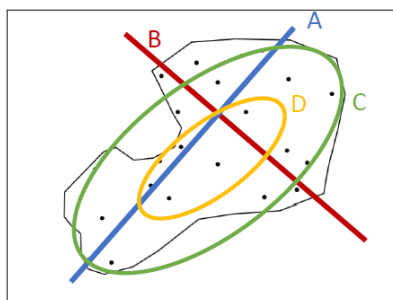
เริ่มศึกษาสภาพของหน้างานเพื่อนำหมุด Ground Control Point วางไว้ในตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ พร้อมกับนำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Tersus David GNSS วางไว้ตรงกลางของหมุดเพื่อหาค่าพิกัดของหมุดนั้นๆ โดยหมุดที่วางในหน้างานทั้งหมด 22 จุด ครอบคลุมพื้นที่หน้างานและกลองสต็อกแร่ การบินโดรนนั้นจะบินอยู่ 3 ระดับความสูง คือ ระดับ 110, 90 และ 70 เมตร ซึ่งระดับการความสูงในการบินนั้นขึ้นอยู่กับค่า GSD ซึ่งกรมพื้นฐานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) กำหนดไว้ว่า GSD ไม่เกิน 5.00 cm/px โดยค่า GSD จะแปรผันตามระดับความสูงของการบิน ยิ่งระดับ

ความสูงของการบินเพิ่มขึ้น GSD ก็เพิ่มตามไปด้วย โดยระดับความสูงของการบินโดรนที่ระดับ 110, 90 และ 70 เมตร จากพื้นผิวดินจะมีค่า GSD เท่ากับ 4.81 cm/px, 3.94 cm/px และ 3.06 cm/px ตามลำดับ จากนั้นนำภาพที่ได้มาประมวลผล เพื่อจัดทำเป็นแผนภาพ จากนั้นนำเข้าสู่ข้อมูลของหมุด โดยการเสริมข้อมูลของหมุดนั้นจะทำให้แผนภาพที่ได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การนำเข้าสู่ข้อมูลของหมุดที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

การวางแผนการเลือกตำแหน่งหมุด Ground Control Point เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของหมุด Ground Control Point ที่ลดลงเมื่อเทียบกับหมุด Ground Control Point ที่มีอยู่ทั้งหมดโดยจะทำแบบจำลองหมุดขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การวางแผนหมุด Ground Control

การลดจำนวนหมุด Ground Control Point นั้นจะลดทีละ 4 หมุด ซึ่งการลดจำนวนนั้นจะมีอยู่ 4 รูปแบบ คือ

- 3.3.1 รูปแบบการลดแบบ A ดังแสดงในรูปที่ 2
- 3.3.2 รูปแบบการลดแบบ B ดังแสดงในรูปที่ 3
- 3.3.3 รูปแบบการลดแบบ C ดังแสดงในรูปที่ 4
- 3.3.4 รูปแบบการลดแบบ D ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 2 รูปแบบการลดแบบ A



รูปที่ 3 รูปแบบการลดแบบ B



รูปที่ 4 รูปแบบการลดแบบ C



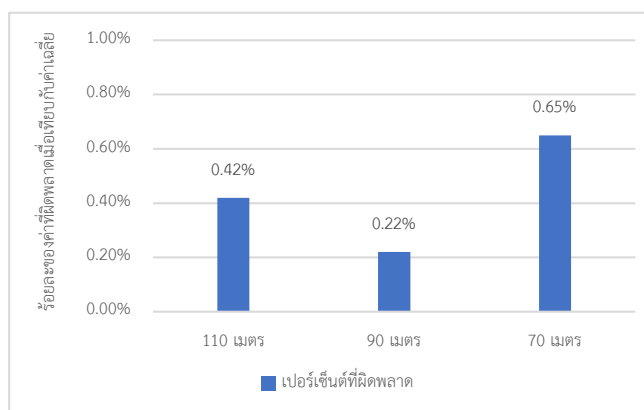
รูปที่ 5 รูปแบบการลดแบบ D

4. ผลการวิจัย

4.1 การประเมินความเหมาะสมของจุดควบคุมภาคพื้นดินในการรังวัดปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างานโดยใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อหาความสูงที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่าปริมาณเฉลี่ยทั้ง 5 พื้นที่ จะเลือกค่าความผิดพลาดที่น้อยที่สุดในแต่ละพื้นที่ โดยการประเมินความเหมาะสมของจุดควบคุมภาคพื้นดินในการรังวัดปริมาณจะใช้อากาศยานไร้คนขับในระดับการบินที่ระดับความสูง 110, 90 และ 70 เมตร จากจุดขึ้นบิน เพื่อเปรียบเทียบว่าระดับการบินระดับใดมีค่าปริมาณที่ได้จากทั้ง 5 พื้นที่ ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด

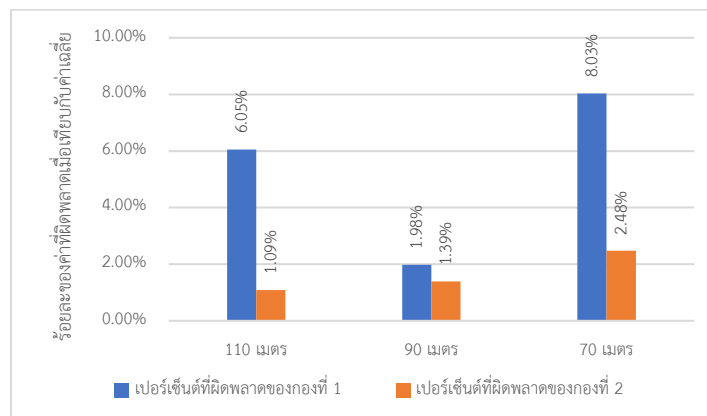
4.1.1 ปริมาณของเหมือง จากผลการทดลองค่าที่เหมาะสมที่สุดคือค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงค่าที่ผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของเหมือง

การคำนวณหาปริมาณจากการบินที่ระดับความสูงทั้ง 3 ระดับ จะพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของเหมืองมีค่าเท่ากับ 2,852,823.8420 m³ ระดับการบินที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การบินที่ระดับความสูง 90 เมตร จากจุดขึ้นบิน ซึ่งจะมีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 6,472.0230 m³ เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์จะอยู่ที่ 0.22% ของค่าเฉลี่ย

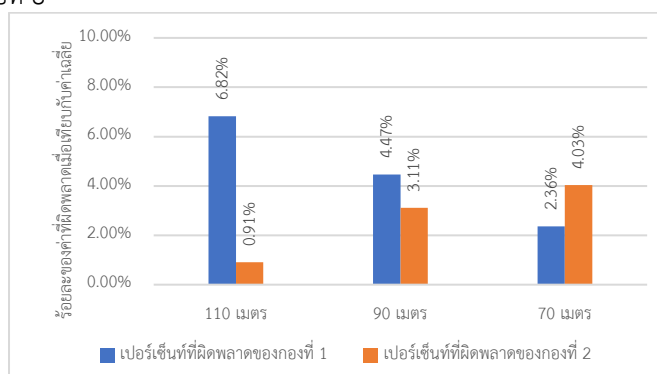
4.1.2 ปริมาตรของกองสต็อกแร่ทั้ง 2 กอง (LCM) จากผลการทดลองจะทราบได้ว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงค่าที่ผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของกองสต็อกแร่

การคำนวณหาปริมาณจากการการบินทั้ง 3 ระดับ เพื่อหาปริมาณของกองสต็อกแร่กองที่ 1 จะเห็นได้ชัดว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของกองสต็อกแร่ในกองแรกมีอยู่ 18,516.1190 m³ ระดับการบินที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การบินที่ระดับความสูง 90 เมตร จากจุดขึ้นบิน ซึ่งมีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 366.6630 m³ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของกองสต็อกแร่กองแรก จะมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 1.98% และกองสต็อกแร่กองที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณของกองสต็อกแร่จะอยู่ที่ 18,942.4090 m³ ซึ่งระดับการบินที่ใกล้เคียงค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ระดับการบินที่ความสูง 110 เมตร จะมีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 205.7160 m³ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของกองสต็อกแร่จะมีความผิดพลาดอยู่ที่ 1.09%

4.1.3 ปริมาณของกองหางแร่ทั้ง 2 กอง (LCM) จากผลการทดลองจะทราบได้ว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 8

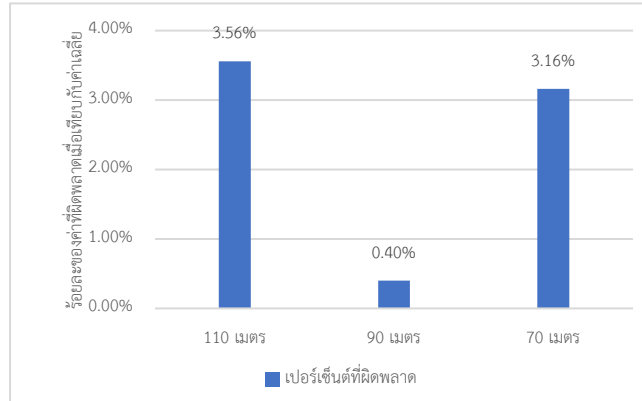


รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงค่าที่ผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของกองหางแร่

การคำนวณหาปริมาณจากการการบินทั้ง 3 ระดับ เพื่อหาปริมาณของกองหางแร่กองที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณของกองหางแร่อยู่ที่ 18,269.5950 m³ ซึ่งระดับการบินที่ใกล้เคียงค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การบินที่ระดับความสูง 70 เมตร จากจุดขึ้นบิน มีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 430.56 m³ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณเหมืองจะมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 2.36% และในกองหางแร่กองที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณของกองหางแร่อยู่ที่ 37,294.4210 m³ ซึ่งระดับการบินที่ใกล้เคียงค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ระดับการบินที่ความสูง 110

เมตร จากจุดขึ้นบิน มีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 341.9170 m^3 เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของกองทางแร่จะมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0.91%

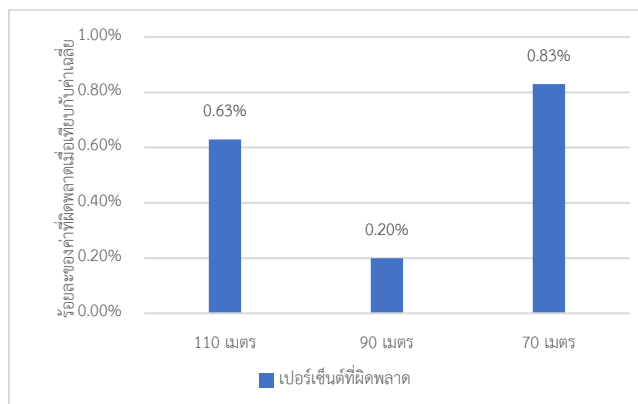
4.1.4 ปริมาณของพื้นที่หน้างาน จากผลการทดลองจะทราบได้ว่าค่าที่เหมาะสมที่สุด คือค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงค่าที่ผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของพื้นที่หน้างาน

การคำนวณหาปริมาณจากการบินทั้ง 3 ระดับ เพื่อหาปริมาณของพื้นที่หน้างาน ค่าเฉลี่ยปริมาณของพื้นที่หน้างานมีอยู่ $140,437.1583 \text{ m}^3$ ซึ่งระดับการบินที่ใกล้เคียงมากที่สุดคือ การบินที่ระดับความสูง 90 เมตร ซึ่งมีค่าความแตกต่างอยู่ที่ $6,472.0230 \text{ m}^3$ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่หน้างานจะมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 1.01%

4.1.5 ปริมาณของบ่อน้ำ จากผลการทดลองจะทราบได้ว่าค่าที่เหมาะสมที่สุด คือค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงค่าที่ผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของบ่อน้ำ

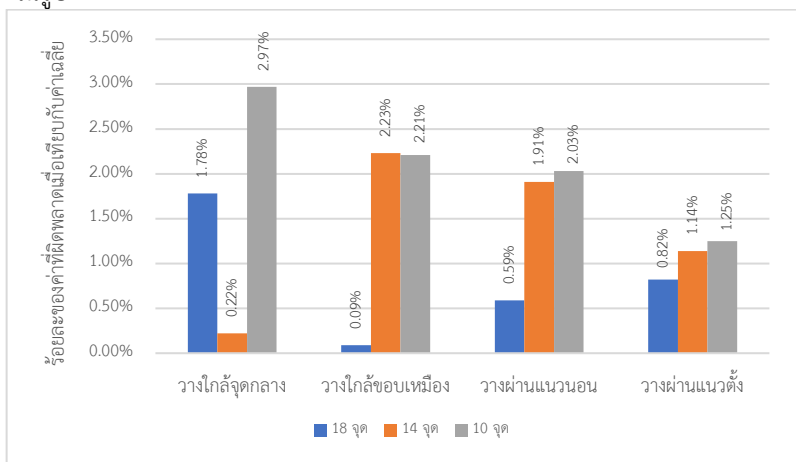
การหาปริมาตรจากการบินที่ระดับความสูงทั้ง 3 ระดับ เพื่อหาปริมาณของบ่อน้ำ จะเห็นได้ชัดว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของบ่อน้ำมีอยู่ $17,234.6447 \text{ m}^3$ ระดับการบินที่ใกล้เคียงมากที่สุดคือ ระดับการบินที่ความสูง 70 เมตร จากจุดขึ้นบิน มีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 259.8787 m^3 เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณของบ่อน้ำจะมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 1.51%

ค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของทั้ง 5 พื้นที่ ที่ได้ทำการหาค่าปริมาณไป ระดับการบินที่ 90 เมตร จากจุดขึ้นบิน นั้นมีค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหาปริมาณของงานทั้งหมดโดยอิงค่า GSD ตามกำหนดของกรมอุตุนิยมวิทยาพื้นฐานและการเหมืองแร่ที่ไม่เกิน 5.0 cm/px ซึ่งค่า GSD ของระดับความสูงที่ 90 เมตร นั้นอยู่ที่ 3.94 cm/px จึงเป็นเหตุผลที่เลือก ระดับความสูงที่ 90 เมตรในการนำไปหาแนวการวางและจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินต่อไป

4.2 ผลการทดลองศึกษาการประเมินความเหมาะสมของจุดควบคุมภาคพื้นดินในการรังวัดปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างานโดยใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อหาจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่าปริมาณเฉลี่ยทั้ง 5 พื้นที่ โดยใช้ระดับการบินที่ 90 เมตรจากจุดขึ้นบิน และจะใช้ควบคุมไปกับจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีจำนวน 18 จุด 14 จุด 10 จุด และในแต่ละจุดจะถูกจัดรูปแบบของจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่แตกต่างกัน โดยจะแบ่งเป็น 4 รูปแบบ

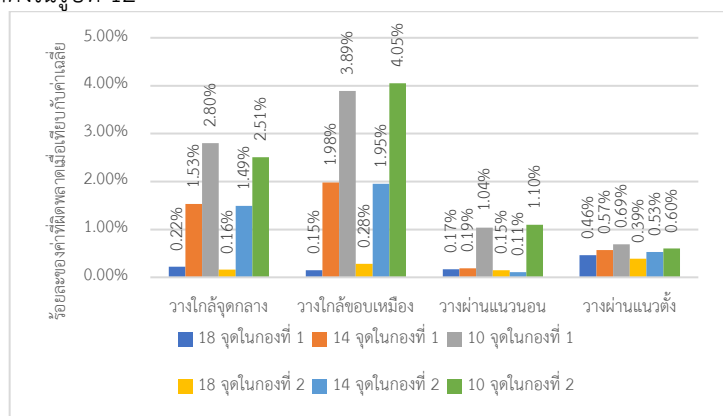
4.2.1 ปริมาณของเหมือง จากผลการทดลองจะทำให้ทราบจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับจำนวนสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของเหมืองทั้ง 4 รูปแบบ

การทดลองหาปริมาณจากการใช้จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่แตกต่างกันซึ่ง จะมีจำนวน 18 จุด 14 จุด และ 10 จุด เพื่อหาปริมาณของเหมือง จะเห็นได้ชัดว่า ค่ามาตรฐานปริมาณของเหมืองมีอยู่ 2,859,295.8650 m³ และจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดิน ที่ใกล้เคียงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือจำนวน 18 จุด แต่หากเปรียบเทียบจากแนวการวางจะเห็นได้ว่า การวางแบบผ่านแนวตั้ง มีความผิดพลาดออกมาไม่ห่างกันมากจนเกินไป

4.2.2 ปริมาณของกองสต็อกแร่ จากผลการทดลองจะทำให้ทราบจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับจำนวนสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 12

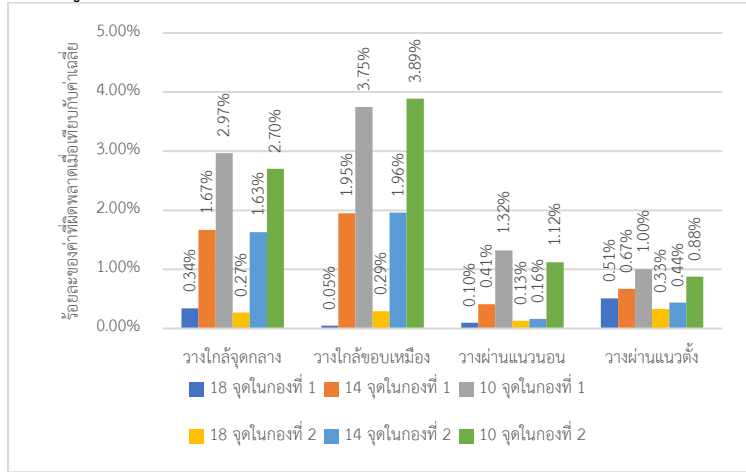


รูปที่ 12 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของกองสต็อกแร่ทั้ง 4 รูปแบบ

การทดลองหาปริมาณจากการใช้จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่แตกต่างกันซึ่ง จะมีจำนวน 18 จุด 14 จุด 10 จุด เพื่อหาปริมาณของกองสต็อกแร่กองที่ 1 จะเห็นได้ชัดว่าค่ามาตรฐานปริมาตรของกองสต็อกแร่ในกองแรกมีอยู่ 18,149.4560 m³ ซึ่งจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใกล้เคียงมากที่สุดคือจำนวน 18 จุด และในกองสต็อกแร่กองที่ 2 จะเห็นได้ชัดว่าค่ามาตรฐาน

ปริมาณของกองสโตกแรมมีอยู่ 18,678.6310 m³ ซึ่งจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใกล้เคียงมากที่สุดคือจำนวน 18 จุด แต่หากเปรียบเทียบจากแนวการวางจะเห็นได้ว่า การวางแบบผ่านแนวตั้ง มีค่าความผิดพลาดออกมาไม่ห่างกันมากจนเกินไปของกองสโตกแรมทั้ง 2 กอง

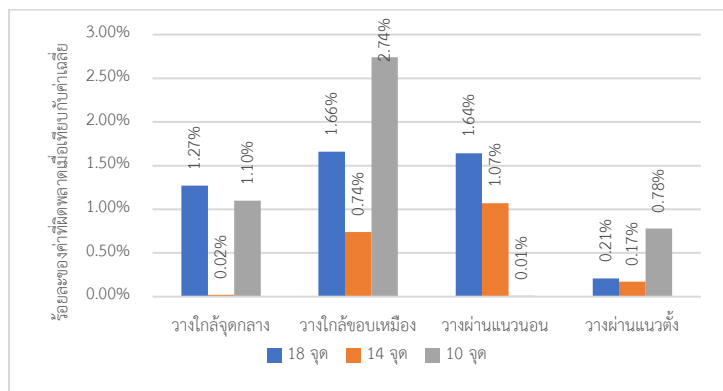
2.3 ปริมาณของกองทางแรมทั้ง จากผลการทดลองจะทำให้ทราบจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับจำนวนสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของกองทางแรมทั้ง 4 รูปแบบ

การทดลองหาปริมาณจากการใช้จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ต่างกันซึ่ง จะมีจำนวน 18 จุด 14 จุด 10 จุด เพื่อหาปริมาณของกองทางแรมกองที่ 1 จะเห็นได้ชัดว่าค่ามาตรฐานปริมาณของกองทางแรมในกองแรมมีอยู่ 19,085.9730 m³ ซึ่งจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใกล้เคียงมากที่สุดคือจำนวน 18 จุด และในกองทางแรมกองที่ 2 จะเห็นได้ชัดว่าค่ามาตรฐานปริมาณของกองทางแรมมีอยู่ 36,134.4030 m³ และจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใกล้เคียงมากที่สุดคือจำนวน 18 จุด แต่หากเปรียบเทียบจากแนวการวางจะเห็นได้ว่า การวางแบบผ่านแนวตั้ง มีค่าความผิดพลาดออกมาไม่ห่างกันมากจนเกินไปของกองทางแรมทั้ง 2 กอง

2.4 ปริมาณของพื้นที่หน้างาน จากผลการทดลองจะทำให้ทราบจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับจำนวนสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 14

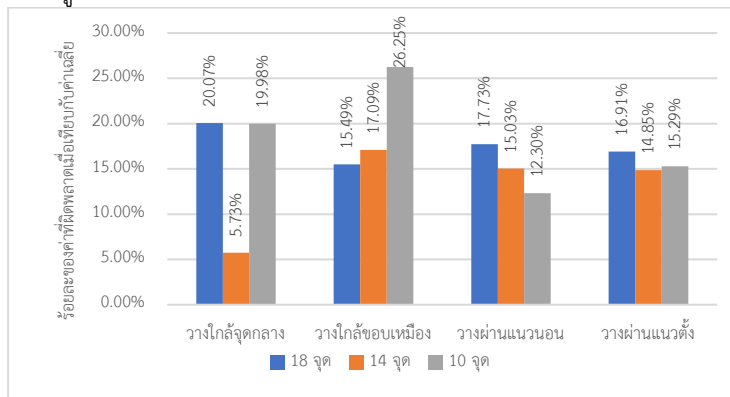


รูปที่ 14 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของพื้นที่หน้างาน ทั้ง 4 รูปแบบ

การทดลองหาปริมาณจากการใช้จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ต่างกันซึ่ง จะมีจำนวน 18 จุด 14 จุด และ 10 จุด เพื่อหาปริมาตรของหน้างาน จะเห็นได้ชัดว่าค่ามาตรฐานปริมาณของหน้างานมีอยู่ 143,856.7120 m³ และจำนวนของจุด

ควบคุมภาคพื้นดินที่ใกล้เคียงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 14 จุด แต่หากเปรียบเทียบจากแนวการวางจะเห็นว่า การวางแบบผ่านแนวตั้ง มีค่าความผิดพลาดออกมาไม่ห่างกันมากนักเกินไป

2.5 ปริมาณของบ่อน้ำในเหมือง จากผลการทดลองจะทำให้ทราบจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับจำนวนสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของปริมาณของบ่อน้ำ ทั้ง 4 รูปแบบ

จากข้อมูลข้างต้นการทดลองหาปริมาณจากการใช้จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่แตกต่างกันซึ่ง จะมีจำนวน 18 จุด 14 จุด 10 จุด เพื่อหาปริมาณของบ่อน้ำ จะเห็นได้ชัดว่าค่ามาตรฐานปริมาณของบ่อน้ำมีอยู่ 16,800.3820 m³ ซึ่งจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใกล้เคียงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 14 จุด แต่หากเปรียบเทียบจากแนวการวางจะเห็นว่า การวางแบบผ่านแนวตั้ง มีค่าความผิดพลาดออกมาไม่ห่างกันมากนักเกินไป

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาและทดลองการประเมินความเหมาะสมของจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมและมีค่าความผิดพลาด ตามมาตรฐานที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่กำหนดไว้ โดยได้ทำการบินทั้งหมด 3 ระดับแบ่งเป็น 110, 90 และ 70 เมตร ตามลำดับ ซึ่งอ้างอิงจากจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้วางไว้ในรูปแบบกระจายทั่วเหมืองเป็นจำนวน 22 จุด และทำการแบ่งพื้นที่สำรวจเป็น 5 พื้นที่คือ บ่อเหมืองทั้งหมด กองสต็อกแร่ กองหางแร่ พื้นที่หน้างาน และบ่อน้ำ จากนั้นใช้ข้อมูลดังกล่าวในการเปรียบเทียบการหาระดับการบินที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งหลังจากที่สามารถหาระดับการบินที่เหมาะสมได้แล้ว นำระดับการบินที่เหมาะสมที่สุดไปหาจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดิน และแนวการวางที่เหมาะสม โดยเทียบกับปริมาณในแต่ละพื้นที่ของระดับการบินที่เลือกไว้ ตัวอย่างของจำนวนการวางแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย 18 จุด 14 จุด และ 10 จุด ในแต่ละกลุ่มจะแบ่งแนวการวางเป็น 4 แนว คือ วางใกล้จุดบริเวณตรงกลางเหมือง วางใกล้ขอบเหมือง วางผ่านแนวนอนและวางผ่านแนวตั้ง รวมทั้งหมด 12 การทดลอง สำหรับการหาจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินและแนวการวางที่เหมาะสม สามารถนำมาสรุปผล ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลองศึกษาการประเมินความเหมาะสมของจุดควบคุมภาคพื้นดินในการรังวัดปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างานโดยใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อหาความสูงที่เหมาะสมที่สุด

พบว่าระดับการบินที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณในพื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่ คือระดับการบินที่ 90 เมตร ซึ่งค่าความผิดพลาดของเหมืองทั้งหมดอยู่ที่ 0.22% กองสต็อกแร่ทั้ง 2 กองอยู่ที่ 1.98%, 1.39% กองหางแร่ทั้ง 2 กองอยู่ที่ 4.47%, 3.11% พื้นที่หน้างานอยู่ที่ 0.40% บ่อน้ำอยู่ที่ 0.20% แต่ในกองสต็อกแร่กองที่ 2 และกองหางแร่ทั้ง 2 กอง ระดับการบินที่ใกล้เคียงมากที่สุดไม่ใช่ระดับที่ 90 เมตร แต่เป็นระดับการบินที่ 110 ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 1.09%, 0.91% ตามลำดับ ส่วนกองหางแร่กองที่ 1 ระดับการบินที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ ระดับการบินที่ 90 โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่

2.36% ดังนั้นเหตุที่เลือกระดับที่ 90 เมตร เพราะค่าของกองสต็อกแร่ทองที่ 2 และกองทางแร่ทั้ง 2 กอง ระดับการบินที่ 90 เมตร ได้ค่าความผิดพลาดดังกล่าวยังไม่เกิน 5% เนื่องด้วยสาเหตุของลักษณะหรือแนวของการวางหมุดที่อาจจะไม่ครอบคลุมในพื้นที่ดังกล่าวจึงทำให้มีความผิดพลาดแต่ยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมอุตุนิยมวิทยาพื้นฐานและการเหมืองแร่

5.2 สรุปผลการทดลองศึกษาการประเมินความเหมาะสมของจุดควบคุมภาคพื้นดินในการรังวัดปริมาณกองแร่และพื้นที่หน้างานโดยใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อหาจำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่เหมาะสมที่สุด

การวิเคราะห์ปริมาณของพื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่โดยการกำหนดระดับการบินให้อยู่ในระดับ 90 เมตรจากจุดขึ้นบิน และได้วางแผนการวางแนวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยที่จะแบ่งจำนวนเป็น 18 จุด 14 จุด 10 จุด จากผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นได้ดังนี้

ในการหาปริมาณของพื้นที่เหมืองทั้งหมด จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ จำนวน 18 จุด และมีแนวการวางอยู่ใกล้ขอบเหมือง ซึ่งค่าที่ออกมาจะอยู่ที่ 0.09% เนื่องจากการที่จะหาปริมาณทั้งหมดของเหมือง ต้องมีค่าพิกัดโดยรอบทั้งหมดและใช้จำนวนที่มากที่สุด จึงจะได้ค่าผิดพลาดที่น้อย

ในการหาปริมาณของกองสต็อกแร่ทั้ง 2 กองจะได้ จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ จำนวน 18 จุด และ 14 จุด และมีแนวการวางใกล้ขอบเหมืองและแนววางผ่านแนวนอน ค่าที่ออกมาจะอยู่ที่ 0.15%, 0.11% ตามลำดับ เนื่องจากตำแหน่งของกองสต็อกแร่ที่วางไว้ มีจุดที่อยู่ใกล้กับค่าพิกัดของการวางแบบ 18 จุด และ 14 จุด ในบริเวณนั้น จึงมีค่าที่ใกล้เคียงกันแต่จำนวนต่างกัน

ในการหาปริมาณของกองทางแร่ ทั้ง 2 กองจะได้ จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ จำนวน 18 จุด ทั้ง 2 กอง และมีแนวการวางใกล้ขอบเหมืองและแนววางผ่านแนวนอน ค่าที่ออกมาจะอยู่ที่ 0.05%, 0.13% ตามลำดับ เนื่องจากมีค่าของตำแหน่งพิกัดที่มากที่สุด โดยใกล้กับกองทางแร่ทั้ง 2 แนวการวาง จึงจะได้ค่าที่ผิดพลาดน้อย

ในการหาปริมาณของพื้นที่หน้างานทั้งหมด จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ จำนวน 10 จุด และมีแนวการวางผ่านแนวนอน ซึ่งค่าที่ออกมาจะอยู่ที่ 0.01% เนื่องจากในบริเวณของหน้างานที่ใช้หาปริมาณ มีทิศทางในการทำเหมือง ตามแบบแนวนอนพอดี และได้จำนวนที่เหมาะสมสำหรับหน้างาน จึงจะได้ค่าผิดพลาดที่น้อย

5.2.5 ผลสรุปการหาปริมาณของพื้นที่บ่อน้ำ

ในการหาปริมาณของพื้นที่บ่อน้ำของเหมือง จำนวนของจุดควบคุมภาคพื้นดิน ที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ จำนวน 14 จุด และมีแนวการวางใกล้จุดกลาง ค่าที่ออกมาจะอยู่ที่ 5.73% เนื่องจากบ่อน้ำที่ใช้ในการหาปริมาณอยู่กลางพื้นที่ของเหมือง และได้จำนวนที่เหมาะสมรอบบ่อน้ำ จึงจะได้ค่าผิดพลาดที่น้อยสำหรับบ่อน้ำ

จะเห็นได้ว่าในทุกพื้นที่ของเหมือง แม้จะใช้ระดับการบินที่เป็นมาตรฐานเดียวกันก็สามารถหาความแตกต่างได้โดยการนำข้อมูลปัจจัยส่วนอื่น ๆ มาวิเคราะห์เพิ่มเติม และจากการทดลองพบว่าแนวการวางในรูปแบบของการวางแนวตั้งตัดผ่านเหมือง มีความผิดพลาดที่เกาะกลุ่มกันมากที่สุด ซึ่งอาจจะเกิดจากแนวการวางที่ตรงกับทิศทางการทำเหมือง จึงทำการสรุปแนวการวางที่เหมาะสมคือแนวการวางแบบผ่านในแนวตั้งของเหมืองเนื่องจากค่าความผิดพลาดที่ได้ไม่ห่างกันมากจนเกินไปและจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินที่เหมาะสมคือ 14 จุด แม้ว่า 18 จุดมีความแม่นยำสูงกว่า แต่ว่า 14 จุดกลับมีค่าที่บางจุดผิดพลาดน้อยกว่าและถึงแม้ว่าบางจุดจะผิดพลาดมากกว่าแต่ก็ไม่เกิน 5%

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, เหมืองเชียงใหม่-หิน-ทันสเดน ตำบลบ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือและสถานที่ในการปฏิบัติการทดลองงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] จิกุลธิดา เต่นวิทยานันท์. (2559). “Drone” เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ. สืบค้นจาก : www.pwc/thailand/drone.com.
- [2] ศุภกานต์ ธิตะจ๊ะ. การสำรวจธรณีสารสนเทศโดยใช้โดรน. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ธรณีสารสนเทศสำหรับวิศวกรเหมืองแร่.

- [3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และคณะ. (2564). การเปรียบเทียบการรังวัดเพื่อคำนวณปริมาตรด้วยเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินและอากาศยานไร้คนขับในพื้นที่เหมืองแม่เมาะจังหวัดลำปาง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26.
- [4] Thai Ware. (2564). คู่มือการใช้งานAgisoft Metashape Professional Edition
- [5] Suppagarn Thiteja. การประมวลผลภาพถ่ายจากโดรนโดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape. Introduction to Geographic Information System (ENGMN128). Chiang Mai University
- [6] กรมอุตุนิยมวิทยาพื้นฐานและการเหมืองแร่, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กระบวนการรังวัดมาตรฐานด้วยโดรน. สืบค้นจาก <https://nid.eng.cmu.ac.th>.
- [7] ปวีณา แจ่มสกุล. (2563). การกำหนดความผิดและโทษที่เหมาะสม และ ศึกษากรณีการใช้อากาศยานไร้คนขับ. สืบค้นจาก : <https://digital.library.tu.ac.th/>.
- [8] Yuji Mitsuata. (2564) Development of a drone-borne electromagnetic survey system for searching for buried vehicles and soil resistivity mapping. สืบค้นจาก : <https://onlinelibrary.wiley.com>.

การศึกษาการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากกะลากาแฟ

เฉลิม ยาวีลาศ¹ ปฏิภาณ บุญเป็ง¹ สหรัฐ สีเสื่อ¹ สุวีรรณ ราชสม² นิลวรรณ ไชยหนู¹
เมธัส ภัททิยธนี¹ และ พฤทธิ เนตรสว่าง^{1*}

¹ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50300

² วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ต.ป่าป้อ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ 50220

*prud@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแรงอัดที่มีผลต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากกะลากาแฟ เพื่อหาแรงอัดแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องอัดระบบไฮดรอลิกติดตั้งฮีตเตอร์ทำความร้อนบริเวณกระบอกรัดทรงกระบอกกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 40 mm เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 10 mm สูง 80 mm โดยใช้แรงอัดขึ้นรูปที่ระดับ 500, 1,000 และ 1,500 lb/in² และใช้อุณหภูมิการอัดขึ้นรูป 200 °C จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลมาทดสอบหาคคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงความร้อน และคุณสมบัติทางเคมี ตามมาตรฐาน ASTM

จากผลการทดลอง พบว่า แรงอัดที่เหมาะสมสำหรับอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลที่ส่งผลให้แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลมีลักษณะรูปร่างที่จับตัวเป็นแท่งได้ดีและมีเปอร์เซ็นต์การแตกตัวน้อยที่สุด (0.3%) คือ แรงอัดที่ระดับ 1,500 lb/in² มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 919 kg/m³ ค่าความร้อนสูงสุด 4,579 cal/g และค่าประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน(หุงต้ม) 9.79% โดยมีคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น 5.25% ปริมาณเถ้า 3.56% ปริมาณสารระเหย 66.2% ปริมาณคาร์บอนคงตัว 24.99%

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง กะลากาแฟ

Study on the Compression of Biomass Fuel Briquettes from Parchment Coffee

Chalorm Yawilat¹ Patipan Bonnpeng¹ Saharat Seesuea¹ Sureewan Rajchasom²
Ninlawan Chaitanoo¹ Matas Bhudtiyathanee¹ and Prud Netsawang^{1*}

¹ Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huay Kaew
Road Muang Chiang Mai Thailand, 50300

² College of Integrated Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna 98 Moo 8, T.Papong, Doisaket
District, Chiangmai Province 50220

*prud@rmutl.ac.th

Abstract

This research aims to study the effect of compression force on the biomass fuel briquettes from parchment coffee and determines the optimized compression force for the best production. The biomass fuel briquettes were formed by a hydraulic compression machine with a 40 mm outside diameter, a 10 mm inside diameter and 80 mm long cylinder mold which installed a tube heater for heating up under a compression force of 500, 1,000 and 1,500 lb/in² at 200 °C. The briquettes were measured the physical, thermal and chemical properties based on ASTM.

From the results, the optimum compressed force of 1,500 lb/in² achieve the best condition for forming with the lowest drop shatter test of 0.3%, density of 919 kg/m³. The briquettes have the highest heating value of 4,579 cal/g and the chemical properties with a moisture content of 5.25%, an ash content of 3.56%, a volatile matter of 66.2% and a fixed carbon of 24.99%.

Keywords: Biomass fuel briquettes, Parchment coffee

1. บทนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบัน กาแฟในเชิงการค้าที่สำคัญมีอยู่ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) กาแฟอาราบิก้าเพาะปลูกมากทางภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และตาก และ 2) กาแฟโรบัสต้าเพาะปลูกมากทางภาคใต้ เช่น จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ และ นครศรีธรรมราช โดยประเทศไทยมีการบริโภคกาแฟเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2566 ประเทศไทยมีผลผลิตกาแฟที่ 16,575 ตัน แบ่งเป็นพันธุ์อาราบิก้า และโรบัสต้า ร้อยละ 48.2 และ 51.8 ตัน ตามลำดับ(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) นอกจากนี้พื้นที่ในการผลิตกาแฟในประเทศไทยยังมีแนวโน้มสูงขึ้นอีกด้วย

จากการศึกษากระบวนการผลิตกาแฟ พบว่า กะลากาแฟหรือส่วนของเปลือกด้านนอกของเมล็ดกาแฟ ซึ่งถือเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและการแปรรูปกาแฟ จากผลผลิตเฉพาะทางภาคเหนือ ซึ่งมีผลผลิตจากกาแฟประมาณ 8,540 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) โดยในกระบวนการสีกาแฟเชอรี่ 100 kg ได้กาแฟคั่ว 12.6 kg และเปลือกกะลากาแฟ 4.8 kg (รัฐกร และคณะ, 2561) ดังนั้นกะลากาแฟจึงถือเป็นของเสียจากการแปรรูปกาแฟที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในแต่ละปี นอกจากนี้กะลากาแฟถือเป็นส่วนประกอบที่นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยมาก ในปัจจุบันนิยมกำจัดโดยการเผาทิ้งซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้คนในท้องถิ่นนอกจากนี้การฝังกลบเป็นปุ๋ยแฉะดินก็ถือเป็นทางเลือกที่ไม่ดีซึ่งจำเป็นต้องใช้พื้นที่และแรงงานในการกำจัด

ในงานวิจัยนี้จึงเห็นความสำคัญในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยได้นำกะลากาแฟมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนทางเลือก ทดแทนการกำจัดแบบเผาทิ้ง ซึ่งช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศและสิ่งแวดล้อม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำจัดของเสียจากการเกษตรและการแปรรูปผลผลิตเกษตร โดยเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งสามารถผลิตจากเศษวัสดุเกษตรเหลือใช้ เช่น เปลือกสับปะรด (กนกพงษ์ และคณะ, 2563) กากอ้อย และฟางข้าว (ชนิกานต์ และคณะ, 2563) เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาแรงอัดที่เหมาะสมในกระบวนการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลากาแฟที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ความร้อน และเคมี

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะลากาแฟ

กะลากาแฟหรือเปลือกนอกกาแฟ (Coffee shell) เป็นส่วนเปลือกด้านนอกของเมล็ดกาแฟ โดยมีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ สีเงินห่อหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีลักษณะเรียวยาวรูปไข่ ยาวประมาณ 8-12 mm ซึ่งเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee)



รูปที่ 1 ลักษณะของกะลากาแฟ

2.2 เชื้อเพลิงชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ ได้แก่ เศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรหรือของเสียจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว รำข้าว และแกลบ (ราชินี และคณะ, 2566) เป็นต้น โดยองค์ประกอบของชีวมวลแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

- 1) ความชื้น (Moisture) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในชีวมวล โดยทั่วไปชีวมวลความชื้นค่อนข้างสูงเนื่องจากเป็นผลผลิตทางการเกษตร ชีวมวลที่เหมาะสมนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 50
- 2) ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible Substance) แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ สารระเหย (Volatiles Matter) ซึ่งเป็นส่วนที่ลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้นชีวมวลใดที่มีค่า Volatiles Matter สูงแสดงว่าสามารถติดไฟได้ง่ายคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) เป็นส่วนที่เหลือของโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวลซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนส่วนใหญ่ ชีวมวลที่มีสารประกอบของคาร์บอนคงตัวต่ำหรือน้อยจะสันดาปได้ไม่ดี มีอุณหภูมิจุดติดไฟต่ำ ความรวดเร็วในการติดไฟช้า
- 3) ขี้เถ้า (Ash) คือ ส่วนประกอบอนินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในชีวมวลที่เผาไหม้ไม่ได้ โดยชีวมวลส่วนใหญ่จะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณร้อยละ 1-3 ยกเว้นแกลบและฟางข้าวจะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณร้อยละ 10-20 ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้

2.3 คุณลักษณะที่ต้องการของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ตีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) โดยชีวมวลอัดแท่งต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g

2.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

2.4.1 ค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง (Density) (อนุวัตร และอัมพวัลย์, 2561)

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่มีค่าความหนาแน่นสูงส่งผลในด้านการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่จุดติดไฟให้สามารถติดไฟได้นานแต่หากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่มีค่าความหนาแน่นต่ำการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่จุดติดไฟได้จะลุกไหม้ไม่นานและหมดลงอย่างรวดเร็วทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมาก ความหนาแน่นสามารถทำการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนักวัดส่วนสูงและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งโดยสามารถคำนวณหาความหนาแน่นจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากสมการ

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)

m คือ มวลของวัตถุ (kg)

V คือ ปริมาตรของวัตถุ (m^3)

2.4.2 การทดสอบอัตราการแตกตัว (Drop Shatter Test) (อนุวัตร และอัมพวัลย์, 2561)

นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่ง นำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่าเป็นค่า W_b ใส่ลงในถุงพลาสติกปล่อยลงสู่พื้นคอนกรีตที่ความสูง 1.8 m. หลังจากนั้นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 mm. ใช้เวลา 5 min. นำส่วนที่ค้างและหลุดตะแกรงไปชั่งน้ำหนัก โดยที่บันทึกค่าน้ำหนักที่หลุดตะแกรงเป็น W_a จากนั้นหาอัตราการแตกตัว ได้จากสมการ (2)

$$R = \frac{W_a}{W_b} \quad (2)$$

เมื่อ R คือ อัตราการแตกตัว

W_a คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงในส่วนที่หลุดผ่านตะแกรง (g)

W_b คือ น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนการทดลอง (g)

2.5 การทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล (อนุวัตร และอัมพัลย์, 2561)

การทดสอบหาค่าความร้อน (Oxygen Bomb Calorimeter) เป็นเครื่องมืออาศัยหลักการการทำงานด้วยกระบวนการปริมาตรคงที่เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วให้พลังงานความร้อนออกมาโดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบไปชั่งน้ำหนักให้ละเอียดมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความดันภายในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น cal/g ดังสมการ (3)

$$Q = \frac{TW - c_1 - c_2 - c_3}{m} \quad (3)$$

- เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิของสารนั้นๆ หน่วย (cal/g)
 W คือ ค่าความร้อนของน้ำ + ค่าความร้อนของอุปกรณ์ (2000 cal / °C + 426 cal / C = 2426 cal / °C)
 T คือ ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (°C)
 c₁ คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก (cal)
 c₂ คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟิวริก (cal)
 c₃ คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า (cal)
 m คือ มวลของเชื้อเพลิงตัวอย่าง (g)

2.6 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี (เจนจิรา, 2561)

2.6.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture) ตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยนำแท่งชีวมวลไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยนำไปใส่ในตู้ดูดความชื้น (Desiccators) 15 min. แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นจากสมการ (4)

$$M = \left(\frac{m_b - m_a}{m_e} \right) \times 100 \quad (4)$$

- เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้น (%)
 m_b คือ น้ำหนักถ้วย (Crucible) และตัวอย่างก่อนเผา (g)
 m_a คือ น้ำหนักถ้วย (Crucible) และตัวอย่างหลังเผา (g)
 m_e คือ น้ำหนักตัวอย่าง (g)

2.6.2 การหาปริมาณเถ้า (Ash) ตามมาตรฐาน ASTM D3174

$$A = \left(\frac{m_a - m_e}{m_b} \right) \times 100 \quad (5)$$

- เมื่อ A คือ ร้อยละของปริมาณเถ้า (%)
 m_a คือ น้ำหนักถ้วย (Crucible) และตัวอย่างหลังเผา (g)
 m_b คือ น้ำหนักถ้วย (Crucible) และตัวอย่างก่อนเผา (g)
 m_e คือ น้ำหนักตัวอย่าง (g)

2.6.3 การหาปริมาณสารระเหย (Volatile Mater) ตามมาตรฐาน ASTM D3175-11

$$V = \left(\frac{m_b - m_a}{m_e} \right) \times 100 \quad (6)$$

- เมื่อ V คือ ร้อยละของปริมาณสารระเหย (%)
 m_b คือ น้ำหนักถ้วย (Crucible) พร้อมฝาและตัวอย่างก่อนเผา (g)
 m_a คือ น้ำหนักถ้วย (Crucible) พร้อมฝาและตัวอย่างหลังเผา (g)
 m_e คือ น้ำหนักตัวอย่าง (g)

2.6.4 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D3176

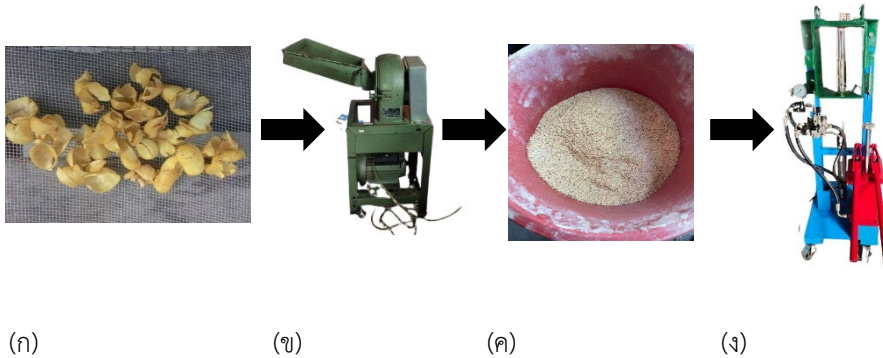
$$C=100-(M+A+V) \quad (7)$$

- เมื่อ C คือ ร้อยละสารคาร์บอนคงตัว
M คือ ร้อยละของปริมาณความชื้น (%)
A คือ ร้อยละของปริมาณเถ้า (%)
V คือ ร้อยละของปริมาณสารระเหย (%)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมวัตถุดิบและการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวล

นำกะลากาแฟแห้งไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดมีขนาดช่องเปิด 0.6 mm แล้วทำการร่อนผ่านตะแกรงร่อนที่มีขนาด 250 ไมครอน นำผงกะลากาแฟผสมกับน้ำและแป้งในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 21:5:1 (กะลากาแฟ : น้ำ : แป้ง) หลังจากนั้นนำไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกส์ซึ่งติดตั้งฮีตเตอร์รอบกระบอกอัด โดยมีขนาดกระบอกอัดรูปร่างทรงกระบอกกึ่งกลางซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 40 mm เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 10 mm สูง 80 mm ใช้แรงอัดที่ 500-1,500 lb/in² และอุณหภูมิการอัดที่ 200 °C ทำการอัดแท่งชีวมวลค้างไว้เป็นเวลา 5 นาที จะได้แท่งชีวมวลทรงกระบอกกึ่งกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 43 mm เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 17 mm สูง 85 mm จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลตากแห้ง เพื่อไล่ความชื้นและนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ, ทางด้านเชื้อเพลิงความร้อน และทางเคมี แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากกะลากาแฟ

(ก) กะลากาแฟ (ข) เครื่องบดหือ Saint Donkey (ค) กะลากาแฟบดผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน (ง) เครื่องอัดเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไฮดรอลิกส์

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- 3.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นและการทดสอบอัตราการแตกตัว
3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงความร้อน ได้แก่ ค่าความร้อน (Heating Value) ตามมาตรฐาน ASTM D3286
3.2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น (ตามมาตรฐาน ASTM D3173) ปริมาณเถ้า (ตามมาตรฐาน ASTM D3174) ปริมาณสารระเหย (ตามมาตรฐาน ASTM D3175) และปริมาณคาร์บอนคงตัว (ตามมาตรฐาน ASTM D3176)

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งได้ทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การหาค่าความหนาแน่น อัตราการแตกตัว การหาค่าความร้อน และทำการทดลองหาคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การหาความชื้น ปริมาณเถ้า สารระเหย และค่าคาร์บอนคงตัว ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

4.1.1 ความสามารถในการคงตัวเป็นแท่ง

จากการทดลองอัดเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งด้วยแรงดัน 3 ระดับที่แตกต่างกัน ใช้อุณหภูมิในการอัด 200 °C ขนาดของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผ่านการอัดขึ้นรูปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 43 mm เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 17 mm สูง 85 mm พบว่า การใช้แรงอัด 500 lb/in² ส่งผลให้แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจับตัวเป็นแท่งบางส่วนและมีบางส่วนที่มีลักษณะแตกร่วนจับตัวกันไม่แน่นเช่นเดียวกับแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดัน 1,000 lb/in² ดังรูปที่ 3 (ก และ ข) ส่วนเชื้อเพลิงชีวมวลที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดัน 1,500 lb/in² สามารถจับตัวเป็นแท่งแน่นและมีลักษณะการจับตัวได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 3 (ค)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3 แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผ่านการอัดขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 200 °C แรงอัด (ก) 500 lb/in², (ข) 1,000 lb/in²

และ (ค) 1,500 lb/in²

4.1.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความหนาแน่นและอัตราการแตกตัว

จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความหนาแน่นจากกะลาปากแพ เมื่ออัดเชื้อเพลิงชีวมวลที่แรงอัดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งมีความหนาแน่นมากขึ้น โดยความหนาแน่นอยู่ในช่วง 806-919 kg/m³ ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการแตกตัวจากแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากกะลาปากแพ พบว่า เมื่อแรงอัดเพิ่มขึ้นส่งผลต่อความสามารถในการจับตัวของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งโดยมีการประสานตัวได้ดีขึ้น จึงทำให้อัตราการแตกตัวลดลง โดยอัตราการแตกตัวน้อยที่สุดเท่ากับ 0.3 จากการใช้แรงอัด 1,500 lb/in² ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

แรงอัด (lb/in ²)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	อัตราการแตกตัว	ค่าความร้อน (cal/g)
500	806	0.4	3,634
1,000	862	0.5	4,124
1,500	919	0.3	4,579

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อน

จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากกะลาปากแพ การเพิ่มแรงอัดส่งผลให้ปริมาณค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงของกะลาปากแพมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงประมาณ 3,634-4,579 cal/g ดังตารางที่ 1 ซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ในระดับเดียวกับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งประเภทอื่นๆ ที่อัดขึ้นด้วยกระบวนการอัดเย็น เช่น แท่งชีวมวลจากเปลือกสับปะรด (3,216-3,434 cal/g) (กนกพงษ์ และคณะ, 2563) แท่งชีวมวลจากทางมะพร้าว (2,865-4,185 cal/g) (ชนาพล และคณะ, 2558) แท่งชีวมวลจากเปลือกมังคุด (4,280 cal/g) (สังเวย, 2555) และแท่งชีวมวลจากเปลือกทุเรียน (3,901 cal/g) (อัจฉรา และคณะ, 2554)

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีของซีเมนต์อัดแท่งด้านความชื้นอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานเชื้อเพลิงซีเมนต์อัดแท่ง ตาม มพข. 238/2547 ซึ่งมีค่าความชื้นน้อยกว่า 8% โดยแท่งเชื้อเพลิงซีเมนต์จากกะลาจากแพในงานวิจัยนี้มีความชื้นอยู่ในช่วง 5.25-6.85% ดังตารางที่ 3

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี ค่าคาร์บอนคงตัวซึ่งแปรผกผันกับแรงอัดขึ้นรูป เมื่อใช้แรงอัดต่ำจะส่งผลให้ค่าคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น และเมื่อแรงอัดที่เพิ่มขึ้นค่าคาร์บอนคงตัวจะลดลง นอกจากนี้การเพิ่มแรงอัดขึ้นรูปส่งผลให้การเพิ่มสารระเหยซึ่งจะส่งผลให้แท่งเชื้อเพลิงซีเมนต์อัดได้ดีขึ้น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลคุณสมบัติทางเคมีของซีเมนต์อัดแท่ง

แรงอัด (lb/in ²)	ความชื้น (%)	ปริมาณเถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)
500	6.85	2.61	61.3	29.24
1000	5.83	2.12	64.4	27.65
1500	5.25	3.56	66.2	24.99

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาแรงอัดที่มีผลต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงซีเมนต์จากกะลาจากแพ พบว่า แรงอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงซีเมนต์ 1,500 lb/in² โดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปแท่งระบบไฮดรอลิกส์ที่ติดตั้งฮีตเตอร์ที่กระบอกอัดแท่งเชื้อเพลิงซีเมนต์ โดยใช้อุณหภูมิการอัดขึ้นรูปที่ 200 °C ที่อัตราส่วนผสม 21:5:1 (กะลาจากแพ:น้ำ:แป้ง) ขนาดของแท่งเชื้อเพลิงซีเมนต์ที่ผ่านการอัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 43 mm เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 17 mm สูง 85 mm ส่งผลให้อัตราการแตกตัวน้อยที่สุด (0.3%) โดยเชื้อเพลิงซีเมนต์อัดแท่งมีความหนาแน่น 919 kg/m³ ค่าความร้อนสูงสุด 4,579 cal/g และมีคุณสมบัติทางเคมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASTM ได้แก่ ปริมาณความชื้น 5.25% ปริมาณเถ้า 3.56% ปริมาณสารระเหย 66.2% ปริมาณคาร์บอนคงตัว 24.99%

6. เอกสารอ้างอิง

- ชนิกานต์ ขาประไพ, ณัชชา บุญถนอม, ธัญชนก โรจนานนท์, จารุวรรณ วงศ์เพเนตร. (2563). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 16 (3), 28-38.
- ธนาพล ต้นดีสัตย์กุล, สุริยา พงษ์เกษม, ปรีดิ์วิมล ภูณัฐา, ภาณุวัฒน์ ไก่บ้านกวย. (2558). พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงซีเมนต์อัดแท่งจากทางมะพร้าว. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 23(3): 418-429.
- พงษ์รวี นามวงศ์. (2564). *วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิก้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ*(รายงานผลการวิจัย). กรมวิชาการเกษตร.
- รัชนิ พุทธิ, ทศนีย์ สีเสนชู, ศรีณพงษ์ บัณฑิตภักดิ์, สพล สมนาม, กาญจนา จอมสังข์. (2566). ประสิทธิภาพของซีเมนต์อัดเม็ดจากฟางข้าว รำข้าว และแกลบ ในการเป็นวัสดุปลูกผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค. *วารสารผลิตภัณฑ์การเกษตร*, 5 (1), 149-164.
- รัฐกร สวัสดิ์แดง, ต่อพงศ์ ศรีธาชาติ, ศักดิ์สิทธิ์ อิ่มแมน. (2561). การประเมินความเหมาะสมการผลิตเชื้อเพลิงซีเมนต์อัดเม็ดจากเปลือกกะลาจากแพ. *วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย*, 32 (1), 25-31.
- สังเวย เสวกวิหารี. (2555). ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.(2566). กาแฟเนื้อที่ผลผลิตและผลผลิตต่อเนื้อที่ให้ผลรวมทั้งประเทศ รายงาน. สืบค้น 20 กรกฎาคม 2567, จาก <https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%94%E0%B8%87%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B>

8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%9F/TH-TH

อังฉรา อัครจุฑิลชัย, ชลันดา เสมสายัณห์, นัฐพร ประภักดี, ณัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ และนิภาวรรณ ชูชาติ. (2554). การนาเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. น. 162-168, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49, กรุงเทพฯ.

อนุวัตร ศรีนวล, อัมพวัลย์ ชัยนาวา. (2566). การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากไบส่นประดิดัพธ์ผสมถ่านหินลิกไนต์. วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 8 (3), 128-151.

การพัฒนาเครื่องกำจัดฝุ่นควันโดยใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงแบบไร้เข็มปล่อยประจุ

เอกทัศน์ พุกขวรรธม¹ ศิวนนท์ วงศ์สาร¹ อนุพงศ์ ยาชะวะนะนา¹ และ ระพินทร์ ชัดปิก^{1*}

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ. ห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

*rapin56.1@gmail.com, 086-3838797

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงกำจัดฝุ่นควันโดยปราศจากเข็มปล่อยประจุ ซึ่งจะใช้วงจร ZVS กับหม้อแปลงความถี่สูงกำเนิดศักย์ไฟฟ้า 2.4 kV ความถี่ 9.5 KHz ทำงานร่วมกับวงจรทวีแรงดันแบบครึ่งคลื่น โดยจะทวีแรงดันเป็น 2 เท่า 6 เท่า และ 10 เท่า และใช้ฝุ่นควันจากรูปใส่เข้าไปในห้องปิดขนาด 1 ตารางเมตรโดยควบคุมให้ค่าฝุ่นควัน 500 ug/m³ จากนั้นนำวงจรทวีแรงดันโดยปราศจากเข็มปล่อยประจุลบบางไว้ในห้องปิด ผลค่าฝุ่นลดลงต่ำกว่า 50 ug/m³ ภายในเวลาไม่เกิน 50 วินาทีเมื่อใช้วงจรทวีแรงดัน 10 เท่า(9.88 kV) ภายในเวลา 110 วินาทีเมื่อใช้วงจรทวีแรงดัน 6 เท่า(4.81 kV) และภายในเวลา 130 วินาทีเมื่อใช้วงจรทวีแรงดัน 2 เท่า(1.19 kV) จากผลดังกล่าวแสดงว่าเทคนิคการใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงกำจัดฝุ่นควันโดยปราศจากเข็มปล่อยประจุสามารถกำจัดฝุ่นได้จริง โดยระยะเวลากำจัดฝุ่นจะขึ้นกับค่าศักย์ไฟฟ้าแรงสูงที่ทำให้ปล่อยประจุ ขนาดของห้อง และปริมาณฝุ่น

คำสำคัญ ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงกำจัดฝุ่น, วงจรทวีแรงดัน ,ความถี่สำหรับกำจัดฝุ่น PM 2.5

Development of a Needleless High-Voltage Electrostatic Dust and Smoke Removal Device

Eakkathas Pruksawan¹ Siwanon Wongsan¹ Anupong Yachawana¹ and Rapin Kudpik^{1*}

¹Rajamangala University of Technology Lanna : 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*rapin56.1@gmail.com, 086-3838797

Abstract

This research presents the development of a needleless high-voltage electrostatic dust and smoke removal device. The system utilizes a Zero Voltage Switching (ZVS) circuit coupled with a high-frequency transformer to generate a 2.4 kV potential at 9.5 kHz, working in conjunction with a half-wave voltage multiplier circuit to increase the voltage by factors of 2, 6, and 10. Experiments were conducted in a sealed 1 square meter room, with initial incense smoke concentration controlled at 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Results showed that the device could reduce dust levels below 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ within 50 seconds using a 10-times voltage multiplier (9.88 kV), within 110 seconds using a 6-times multiplier (4.81 kV), and within 120 seconds using a 2-times multiplier (1.19 kV). The findings demonstrate that the needleless high-voltage electrostatic technique effectively removes dust and smoke, with removal efficiency correlating to the applied voltage, room size, and initial dust concentration.

Keyword High voltage electrostatic precipitation, Voltage multiplier circuit, Frequency for eliminating PM 2.5 dust

1. บทนำ

เนื่องจากปัญหาของฝุ่นควันเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และมีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างมากในหลายส่วนของโลก โดยเฉพาะในเมืองที่มีกิจกรรมอุตสาหกรรมและการใช้พลังงานที่เป็นแหล่งการปล่อยสารพิษ เช่น ก๊าซเรือนกระจก, ฝุ่น PM2.5 และ PM10 ซึ่งมีความละเอียดเล็กน้อยและสามารถเข้าถึงได้ในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ฝุ่นควันไม่เพียงแต่สร้างความรำคาญและไม่พึงพอใจในการหายใจ แต่ยังเป็นสาเหตุของหลายโรคร้ายแรง เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ, หลอดเลือดสมอง, โรคปอดเรื้อรัง, และมะเร็งปอด ปัจจุบันการกำจัดฝุ่นควันมีหลายวิธี เช่น การใช้กรอง Hepa Filter, การดักจับฝุ่นละอองด้วยไอน้ำ

ในงานวิจัยครั้งนี้ จะนำเสนอการใช้ประจุไฟฟ้าในการกำจัดฝุ่นควัน ซึ่งสร้างจากวงจรศัลยกรรมไฟฟ้าแรงสูง โดยวงจรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ วงจรทวิแรงดันเป็นวงจรที่ประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุ และไดโอด ต่อร่วมกันทำหน้าที่เพิ่มทวิแรงดันให้แรงดันเอาต์พุตที่สูงขึ้นกว่าแรงดันอินพุตที่ป้อนเข้ามา แรงดันที่ได้นี้จะมีค่าสูงเพิ่มขึ้นตามค่าการทวิแรงดัน แต่จะจ่ายกระแสได้ต่ำ โดยหลักการทำงานของวงจรทวิแรงดัน จะใช้ตัวเก็บประจุและไดโอดทำหน้าที่เป็นวงจรทวิแรงดันเพื่อสร้างศักย์ไฟฟ้าแรงสูงจะทำให้ อากาศที่อยู่ระหว่างวงจรเกิดการแตกตัว เมื่ออากาศหรือแก๊สที่ประกอบด้วยละอองลอย ฝุ่นละออง เคลื่อนที่ผ่านทำให้อนุภาคแตกตัวเป็นไอออน อนุภาคที่แตกตัวและมีประจุที่ต่างกับแผงวงจรจะถูกดักจับติดกับแผ่นวงจร จึงทำให้อากาศที่ออกมาบริสุทธิ์ ระบบที่กล่าว เป็นระบบที่ใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูง และดักจับฝุ่นละออง ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับแก๊สและกำจัดกลิ่นต่างๆ นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการ ดักจับฝุ่นละอองแต่ละขนาดก็จะแตกต่างกัน มีปัจจัยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของศักย์ไฟฟ้าระหว่างวงจร และ เวลาของอนุภาคที่เคลื่อนที่ผ่านสนามไฟฟ้า

โดยบทความนี้จึงนำเสนอการออกแบบ เครื่องกำจัดฝุ่นควันโดยใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูง ในการออกแบบจะทำการกล่องสี่เหลี่ยม ด้วยพลาสติกอะคริลิกแผ่นใสจะมีการติดตั้ง เซ็นเซอร์วัดค่าฝุ่นและจอแสดงผลเพื่อแสดงให้เห็นถึงค่าฝุ่น โดยจะมีกล่องไฟอยู่ภายใต้เครื่อง ซึ่งภายในกล่องไฟจะมี Power Supply เพื่อทำการจ่ายไฟให้วงจรต่างๆภายในเครื่อง วงจรอะอสเตบิล บอร์ด Arduino และจะมีการติดตั้งสวิตซ์ในการเปิดและปิดการทำงานวงจรทวิแรงดัน จากนั้นทำการทดลองเพื่อบันทึกผล โดยการทดลองจะมีทั้งหมด 3 แบบ คือ 2 เท่า, 6 เท่า และ 10 เท่า เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างในการทำงาน และเพื่อนำไปพัฒนาต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

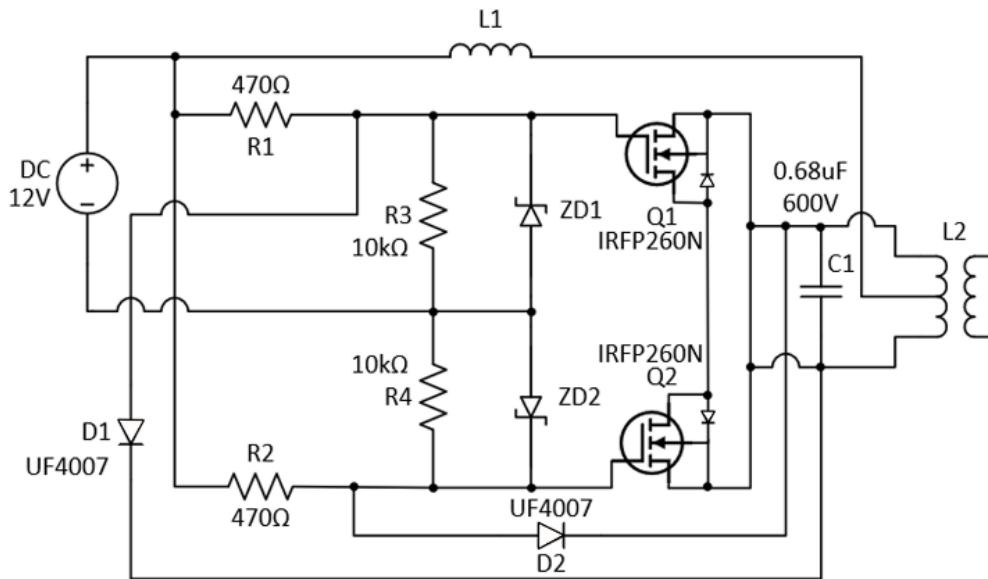
2.1 หลักการทำงานพื้นฐาน

เครื่องกำจัดฝุ่นควัน มีหลักการทำงานคือ การปล่อยประจุไฟฟ้าที่ใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงและดักจับฝุ่นละออง ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การใส่ประจุให้กับอนุภาค ทำโดยการใช้ขั้วปล่อยประจุ หรือขั้วไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าความต่างศักย์สูงๆทำให้โมเลกุลของกระแสอากาศที่อยู่รอบๆ เกิด การแตกตัวเป็นไอออนและถูกอิเล็กตรอนหรือประจุบวกที่ปล่อยออกจากขั้วไฟฟ้าไปกระทบหรือชนทำให้โมเลกุลของอากาศกลายเป็นไอออนบวกเมื่ออนุภาคเคลื่อนที่เข้ามา สนามไฟฟ้า จะถูกไอออนบวกของโมเลกุลของอากาศจำนวนมากชนทำให้อนุภาคมีประจุเป็นบวก ขั้นตอนที่ 2 การเก็บอนุภาคประจุโดยใช้แรงไฟฟ้าแรงสูงจากสนามไฟฟ้า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายหลังจากอนุภาคมีประจุเป็นบวกแล้วเคลื่อนที่ผ่าน

เข้ามาใน สนามไฟฟ้า โดยจะถูกเหนี่ยวนำให้เคลื่อนที่เข้าหาส่วนที่เป็นตัวนำของวงจรถที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ และเกาะติดอยู่ที่แผ่นวงจรถ

2.2 หลักการทำงานของวงจร ZVS (Zero Voltage Switching)

ในบทความนี้ เครื่องกำเนิดคลื่นความถี่ จะใช้วงจร ZVS (Zero Voltage Switching) คือ การสวิตช์ โหลดโดยให้เกิดการสลับสถานะในจุดที่กระแสไฟฟ้าผ่านศูนย์กลางเท่ากับศูนย์ นั่นคือเมื่อโหลดถูกสวิตช์ มันจะเกิดการสลับสถานะที่จุดครึ่งคลื่นของกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์ ซึ่งทำให้เกิดการสวิตช์ที่ไม่มีการสร้างความเสียหายจากการเกิดของรอยต่อภายในระบบ การใช้ ZVS สามารถช่วยลดการสูญเสียพลังงานและอุณหภูมิที่สวิตช์ผลิตขึ้น จากรูปที่ 1 ลักษณะของการทำงานของวงจร ZVS (Zero Voltage Switching) เมื่อกระแสผ่านตัวต้านทาน R1 และ R2 จากนั้นกระแสผ่านเข้าไปยัง Q1 และ Q2 แต่เนื่องจากโหนดของทรานซิสเตอร์มีลักษณะเหมือนกันจะทำให้ Q1 ทำงานก่อน เมื่อ Q1 เริ่มทำงาน จะมีกระแสไหลผ่าน Q1 ไปยังขดลวดป้อนของ L2 ทำให้แรงดันขดลวด L2 เพิ่มขึ้นในชั่วพริบตา เมื่อแรงดันถึงจุดสูงสุดแล้ว แรงดันก็จะลดลงอีกครั้ง ในขณะที่แรงดันลดลง D1 จะทำการปล่อยขาเกตของ Q1 เมื่อคลื่นไซน์เปลี่ยนจากค่าบวกเป็นลบหรือจากค่าลบเป็นบวกเรียกว่า จุดผ่านศูนย์ กับ Q1 ทำให้ Q1 หยุดการทำงาน จากนั้น C1 คายประจุในส่วนขดลวดของ Q2 ทำการชาร์จผ่าน D2 เมื่อถึงจุดหนึ่งจะทำให้ Q2 ทำงาน กระแสจะผ่าน Q2 ไปยังขดลวดป้อนของ L2 ซึ่งทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีกในชั่วพริบตา เมื่อถึงแรงดันสูงสุด และหลังจากนั้นก็ลดลง D2 จะทำการปล่อยขาเกตของ Q2 เมื่อเกิดการ จุดผ่านศูนย์ กับ Q2 ทำให้ Q2 หยุดการทำงาน จากนั้นวงจรก็จะทำซ้ำ โดยที่ขาเกตของ Q1 จะได้รับกระแสจาก D1 ทำให้ Q1 ทำงานอีกครั้ง และทำการต่อวงจรกับขดลวด L2 เพื่อสร้างไฟฟ้าแรงดันสูง เมื่อนำไปวัดค่าแรงดันโดยใช้ออสซิลโลสโคป พบว่าแรงดันที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิมีค่า 2.4 kv และมีความถี่ 9.5 kHz



รูปที่ 1 วงจร ZVS (Zero Voltage Switching)

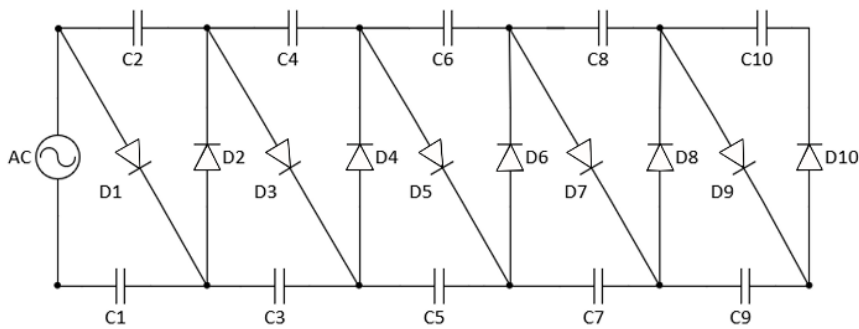
2.3 หลักการวงจรทวีแรงดันแบบครึ่งคลื่น (Half-Wave Voltage)

วงจรทวีแรงดันกระแสตรง แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือวงจรทวีแรงดันชนิดครึ่งคลื่นและวงจรทวีแรงดันชนิดเต็มคลื่น ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วงจรทวีแรงดันแบบครึ่งคลื่น เนื่องจากการออกแบบทวีแรงดันแบบครึ่งคลื่นค่อนข้างง่าย เนื่องจากใช้ส่วนประกอบพื้นฐานอย่างไดโอดและตัวเก็บประจุ อีกทั้งทวีแรงดันแบบครึ่งคลื่นสามารถสร้างแรงดันสูงที่ค่อนข้างเสถียรและสม่ำเสมอเมื่อใช้งานกับแหล่งจ่ายแรงดันสลับ และสามารถเพิ่มแรงดันได้อย่างง่ายดายโดยการเพิ่มจำนวนชั้น (Stages) ของไดโอดและตัวเก็บประจุ ซึ่งทำให้สามารถปรับระดับแรงดันตามความต้องการได้



รูปที่ 2 (ก) ตัวเก็บประจุและไดโอด (ข) วงจรทวีแรงดัน

จากรูปที่ 3 หลักการทำงาน ในหนึ่งชั้นจะประกอบด้วยตัวเก็บประจุ 2 ตัว และไดโอด 2 ตัว เมื่อครึ่งไซเคิลแรงเป็นบวกจะทำให้กระแสไหลผ่าน D1 และทำการชาร์จประจุให้กับ C1 และเมื่อสลับไซเคิลอีกครั้งเป็นลบ ทำให้กระแสไหลผ่าน D2 และเมื่อรวมกับประจุของ C1 ทำให้แรงดันรวมชาร์จประจุให้กับ C2 ซึ่งจะ ทำให้ C2 มีแรงดันเป็น 2 เท่า ของแรงดันเริ่มต้น ซึ่งสามารถเพิ่มจำนวนเท่าของแรงดันได้โดยการนำมาต่ออนุกรมกัน



รูปที่ 3 วงจรทวีแรงดันแบบ 10 เท่า

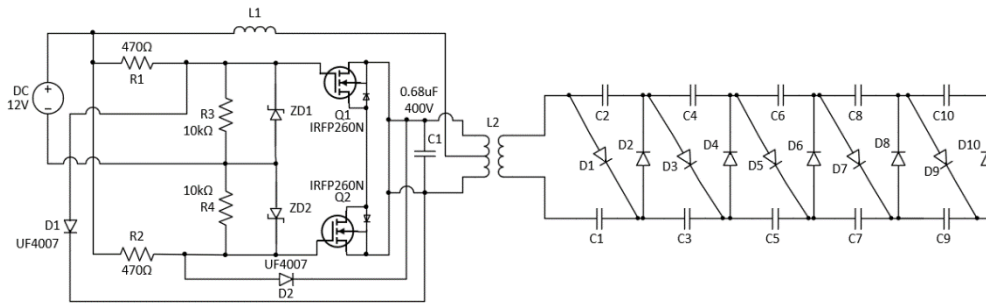
ในการคำนวณทวิแรงดันเมื่อต้องการทวิแรงดัน 10 เท่า จะทำให้จำนวนชั้นของตัวเก็บประจุและไดโอดมี 5 ชั้น ซึ่งสามารถคำนวณทวิแรงดันได้จากสมการด้านล่าง

$$V_{max} = \text{จำนวนชั้น} \times (2V_{in})$$

V_{in} ที่วัดค่าได้จากขดลวดต้านทุติยภูมิ มีค่าแรงดันเท่ากับ 978 v และวงจรทวิแรงดันมีจำนวนชั้นอยู่ที่ 5 ชั้น ซึ่งแรงดันที่ได้จะคำนวณได้จากสมการด้านล่าง

$$9.78 \text{ kv} = 5 \times (2 \times 9.78 \text{ kv})$$

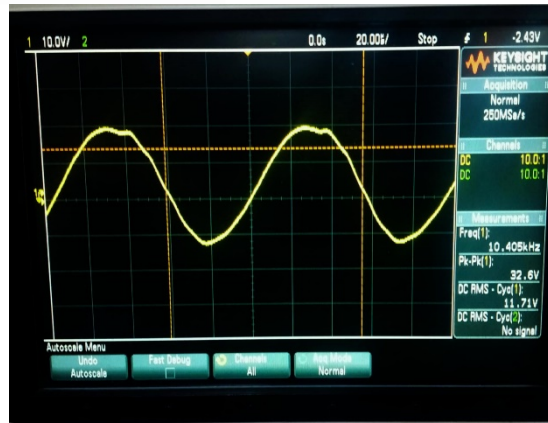
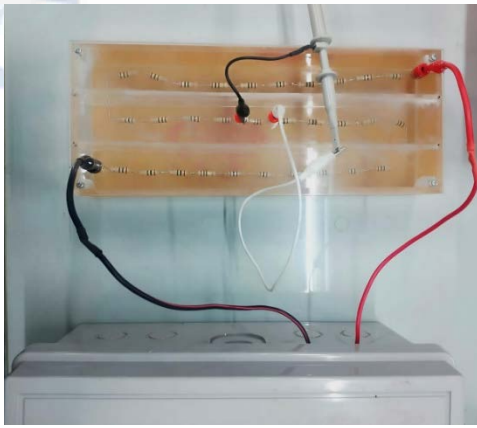
จากรูปที่ 4 คือลักษณะของวงจร ZVS (Zero Voltage Switching) ต่อกับวงจรทวิแรงดัน 10 เท่า



รูปที่ 4 วงของวงจร ZVS (Zero Voltage Switching) ต่อกับวงจรทวิแรงดัน 10 เท่า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบค่าแรงดันของวงจรจะใช้วงจรแบ่งแรงดันเนื่องจากตัวเครื่องใช้ไฟฟ้าแรงดันสูง จึงทำให้ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดได้โดยตรง จึงใช้วงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้สามารถวัดแรงดันที่ออกมาได้ โดยนำตัวต้านทานค่า 1 MΩ มาต่ออนุกรมกันจำนวน 30 ตัว จากนั้นนำสายไฟที่ขดลวด ต่อกับวงจรทั้งสองฝั่ง และทำการใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน และนำมาคำนวณกับวงจรทวิแรงดันจึงทราบค่าแรงดันที่สร้างได้ ดังรูปที่ 5



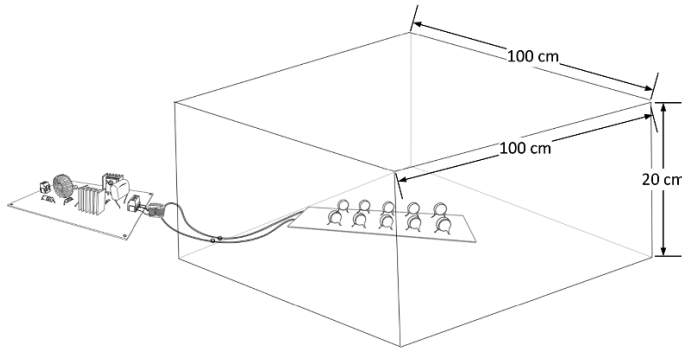
รูปที่ 5 การวัดแรงดันโดยใช้วงจรแบ่งแรงดันและออสซิลโลสโคป

การทดสอบวัดค่ากระแสในวงจรจะใช้แอมป์มิเตอร์ในการวัด ซึ่งทำการวัดกระแส ณ จุดจ่ายไฟให้กับวงจร ZVS ดังรูปที่ 6

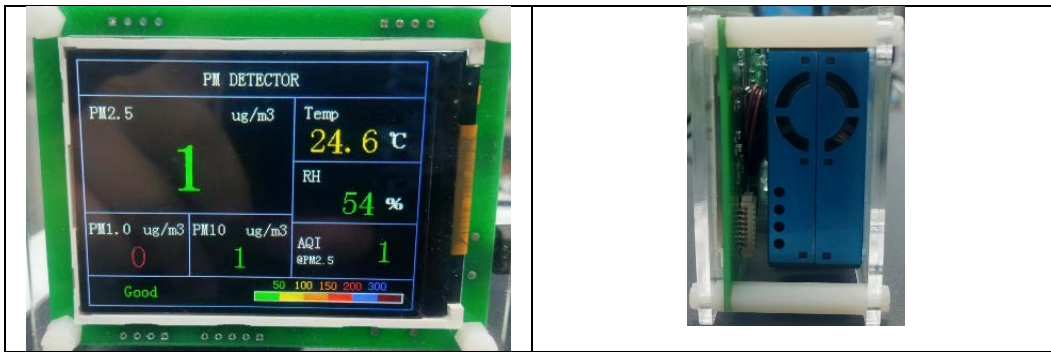


รูปที่ 6 วัดค่ากระแสที่ใช้ในวงจรโดยแอมป์มิเตอร์

การออกแบบและจำลองการทำงานของ เครื่องกำเนิดฝุ่นควีน เป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งในบทความนี้จะแสดงเครื่องกำเนิดฝุ่นควีนที่ได้ออกแบบซึ่งใช้วัสดุเป็นอะคริลิคใส ประกอบกัน ขนาด 1x1 เมตร และวางแท่นวงจรทีวีแรงดันไว้ในกล่องแล้วทำการต่อสายไปยังกล่องจ่ายไฟและเมื่อเปิดสวิตช์จะทำให้วงจรทำงานและทำให้ประจุไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถจับกับฝุ่นควีน ดังแสดงในรูปที่ 7

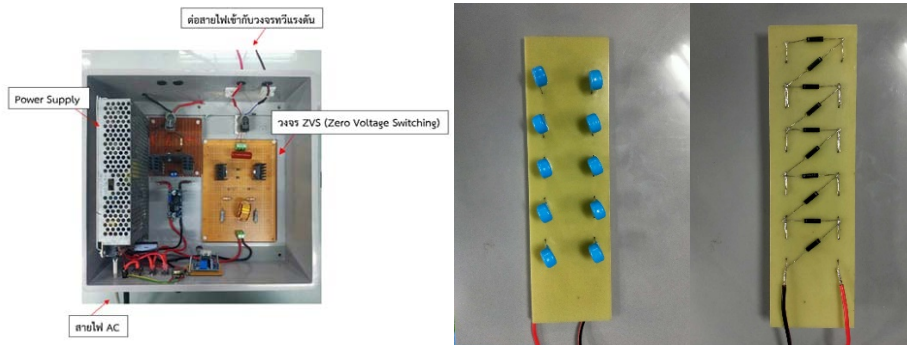


รูปที่ 7 รูปแบบการทดลอง



รูปที่ 8 เซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดค่าฝุ่น

ในการเก็บผลการทดลองจะใช้เซนเซอร์วัดฝุ่น รุ่น PMS5003 ดังรูปที่ 8 ติดตั้งภายในกล่องอะคริลิก ภายในกล่องจ่ายไฟจะประกอบไปด้วย power supply เพื่อแปลงไฟ 220 VAC ให้เป็นไฟ 12 v เพื่อจ่ายให้แรงดันไฟเลี้ยงให้กับวงจร ZVS (Zero Voltage Switching) ซึ่งส่วนนี้จะใช้สวิตซ์ในการเปิดปิดการทำงาน แสดงดังในรูปที่ 9



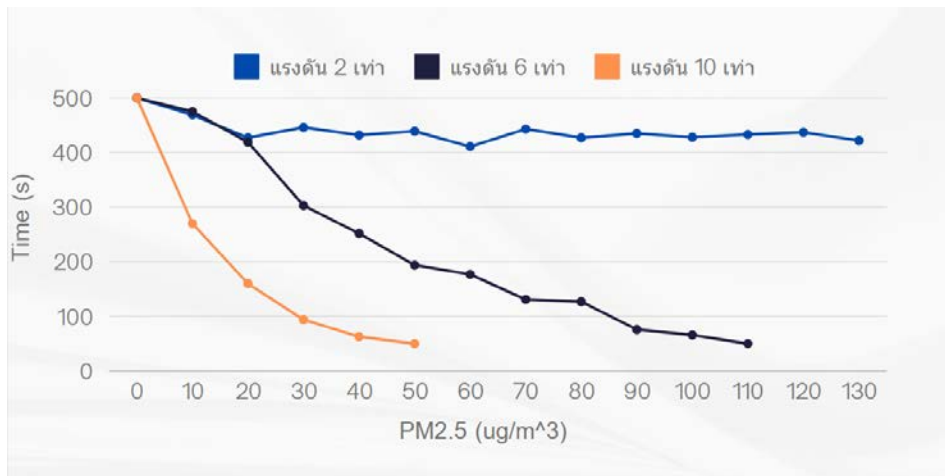
รูปที่ 9 (ก) ภาควัดจ่ายไฟและแผ่นวงจร ZVS

(ข) แผ่นวงจรทีวีแรงดัน (หน้า-หลัง)

การจำลองการทำงานของเครื่องกำจัดฝุ่นควัน โดยสร้างฝุ่นควันจากรูปให้มีค่าฝุ่นในปริมาณ $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และใช้วงจรทีวีแรงดัน 2 เท่า ในการสร้างศักย์ไฟฟ้าแรงสูงนำไปวางไว้ด้านในกล่องอะคริลิก แล้วทำการเปิดเครื่องกำจัดฝุ่นควัน โดยจะเก็บผลทุกๆ 10 วินาที และจะหยุดเมื่อค่าฝุ่นที่ได้จากเซนเซอร์มีค่าเท่ากับ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จากนั้นจะทำการเพิ่มวงจรทีวีแรงดันเป็น 6 เท่าและ 10 เท่า และสร้างฝุ่นควันในปริมาณที่ใกล้เคียงกันอีกครั้ง และเปิดเครื่องกำจัดฝุ่นควัน โดยใช้เวลาในการทำงานและเก็บผลแบบเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นควัน

4. ผลการวิจัย

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องกำจัดฝุ่นควัน โดยแต่ละครั้งจะทำการสร้างฝุ่นควันในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ไม่น้อยกว่า $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งจะใช้วงจรทีวีแรงดันที่ 2 เท่า 6 เท่า และ 10 เท่า โดยระยะเวลาในการทดสอบจะหยุดเมื่อค่าฝุ่นมีค่าเท่ากับ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จะได้ผลการทดสอบ ดังแสดงในรูปกราฟที่ 10



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเวลากับค่าฝุ่นเมื่อใช้วงจรทีวีแรงดัน 2 เท่า 6 เท่า และ 10 เท่า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการใช้งานวงจรทีวีแรงดัน แบบ 2 เท่า, 6 เท่า และ 10 เท่า

Time (s)	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	2 เท่า	6 เท่า	10 เท่า
0	500	500	500
10	469	475	270
20	427	419	160
30	446	303	94
40	432	252	63
50	439	194	50

Time (s)	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	2 เท่า	6 เท่า	10 เท่า
60	411	177	
70	443	131	
80	427	127	
90	435	76	
100	428	66	
110	433	50	
120	437		
130	422		

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 10 เป็นการแสดงผลการทดสอบการกำจัดฝุ่นควันด้วยวงจรทีวีแรงดันแบบ 2 เท่า 6 เท่า และ 10 เท่า โดยจะบันทึกผลทุก ๆ 10 วินาที จนค่าของฝุ่นอยู่ในระดับ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในการกำจัดฝุ่นควัน จะเห็นได้ว่าการใช้วงจรทีวีแรงดัน 10 เท่า นั้น สามารถช่วยลดปริมาณของฝุ่นควันได้ค่อนข้างเร็วและมีประสิทธิภาพมากเมื่อเทียบกับวงจรทีวีแรงดัน 6 เท่า ซึ่งต้องใช้เวลาในการกำจัดฝุ่นควันนานกว่าเล็กน้อย ส่วนทีวีแรงดัน 2 เท่า นั้น ช่วยในการลดปริมาณฝุ่นควันเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับ 6 เท่า และ 10 เท่า กล่าวคือการทดลองที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวงจรทีวีแรงดันสามแบบ (2 เท่า, 6 เท่า, และ 10 เท่า) ในการลดปริมาณฝุ่น PM 2.5 โดยพบว่าวงจรทีวีแรงดัน 10 เท่า มีประสิทธิภาพดีที่สุดในเวลาอันสั้น ขณะที่วงจรทีวีแรงดัน 2 เท่า มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด การเพิ่มกำลังของวงจรทีวีแรงดันส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น PM2.5 โดยวงจรที่มีกำลังสูงกว่าจะสามารถลดระดับฝุ่นได้เร็วกว่าและมากกว่า

ตารางที่ 2 ค่ากำลังไฟฟ้าของวงจร ZVS ร่วมกับวงจรทีวีแรงดัน 2 เท่า 6 เท่า และ 10 เท่า

จำนวนทีวีแรงดัน (เท่า)	แรงดันที่วัดได้ (kV)	กระแสที่วัดได้ (A)	กำลังไฟฟ้า (kW)
2	1.95	0.61	1.19
6	5.87	0.82	4.81
10	9.78	1.01	9.88

จากตารางที่ 2 ของการวัดกระแสเพื่อทดสอบว่าการใช้วงจรทีวีแรงดันที่ต่างกันเป็นจำนวนเท่าตัวทำให้เกิดการใช้กระแสต่างกันมากน้อยเพียงใด และใช้กำลังไฟฟ้าเท่าใดรวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัดฝุ่นควัน ซึ่งการวัดกระแสของวงจรทีวีแรงดันพบว่าแรงดัน 2 ที่มีกระแส $\approx 0.68 \text{ A}$ กำลังไฟฟ้า 1.19 กิโลวัตต์นั้นใช้ระยะเวลาในการกำจัดฝุ่นควันอยู่ที่ประมาณ 130 วินาที ในขณะที่แรงดัน 6 เท่าที่มีกระแส $\approx 0.82 \text{ A}$ กำลังไฟฟ้า 4.81 กิโลวัตต์ใช้ระยะเวลาในการกำจัดฝุ่นควันอยู่ที่ประมาณ 110 วินาที และแรงดัน 10 เท่าที่มีกระแส $\approx 1.01 \text{ A}$ กำลังไฟฟ้า 9.88 กิโลวัตต์ใช้ระยะเวลาในการกำจัดฝุ่นควันอยู่ที่ประมาณ 50 วินาที จะ

สังเกตได้ว่ายิ่งค่าทวีแรงดันมีค่ามากเท่าใดระยะเวลาที่ใช้ในการการกำจัดฝุ่นยังมีค่าลดลง จะสามารถนิยามได้ว่า "ระยะเวลาในการกำจัดฝุ่นแปรผกผันกับค่าแรงดัน"

5. สรุปและอภิปรายผล

เทคนิคการกำจัดฝุ่นควันด้วยการใช้ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงปราศจากเข็มปล่อยประจุของบทความวิจัยนี้สามารถกำจัดฝุ่นควันได้จริง โดยใช้สัญญาณไฟฟ้าขนาด 9.78 kV ความถี่ 10.4 kHz เมื่อป้อนเข้าสู่ส่วนวงจรทวีแรงดันซึ่งประกอบด้วยตัวไดโอดและตัวเก็บประจุจนทำให้มีศักย์ไฟฟ้าสูงขนาด 1.95 kV, 5.87 kV และ 9.78 kV ที่ใช้ทดลองตามลำดับ โดยพบว่าค่าศักย์ไฟฟ้าดังกล่าวนี้มีความแรงพอที่จะสร้างประจุไฟฟ้าออกจากส่วนตัวนำต่าง ๆ ของวงจรทวีแรงดัน เช่น ส่วนขาของไดโอดและตัวเก็บประจุ ดังนั้นพื้นที่สร้างประจุมาจับกับฝุ่นจึงมีมากกว่าการใช้เข็ม ปริมาณฝุ่นจึงลดลงอย่างรวดเร็ว จากผลทดลองที่กำหนดให้พื้นที่เท่ากันพบว่าค่าศักย์ไฟฟ้า 9.78 kV ใช้เวลาทำให้ค่าฝุ่นลดลงเหลือ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ น้อยกว่า 5.87 kV และ 1.95 kV ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปช่วยลดปัญหาฝุ่นควันภายในบ้านเพื่อสุขภาพปลอดภัยที่ดีของประชาชนต่อไป และจากตารางที่ 1 นั้น แสดงให้เห็นแล้วว่า การใช้งานวงจรทวีแรงดันแบบ 10 เท่า มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบ 2 เท่าและ 6 เท่า โดยงานวิจัยนี้สามารถนำหลักการของโครงงานวิจัยนี้ไปเสริมประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นของเครื่องกำจัดฝุ่นที่ใช้แผ่น Hepa หรือเครื่องกำจัดฝุ่นมาใช้ตามครัวเรือน เพื่อช่วยในการกำจัดฝุ่นควันให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.เอกสารอ้างอิง

- (ม.ป.ป.). การดักฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (ESP - Electrostatic Precipitator) สืบค้น 8 พฤษภาคม 2567. จาก <http://www.euroentech.com/index.php/article/esp>
- (2564). The Zero Volt Switching Driver. สืบค้น 11 พฤษภาคม 2567. จาก <https://pe-basics.com/p/56dabed4/>
- (2563). Voltage Multiplier Circuit Using Diodes and Capacitors สืบค้น 11 พฤษภาคม 2567. จาก <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=litsAzP4oqw>
- ภราดร วิริยะสุนน. (2560). ชุดสร้างแรงดันสูงกระแสตรงด้วยวงจรทวีแรงดันแบบคอคเคอพอท์ สืบค้น 13 พฤษภาคม 2567. จาก <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/4785/1/ParadornWiriyasumon.pdf>
- (2565). DC 12v to 400000v High voltage Generator, Simple Homemade High Volt Circuit สืบค้น 13 พฤษภาคม 2567. จาก https://www.youtube.com/watch?v=PXLbEf_HLPg&t=225s
- (ม.ป.ป.). ฝุ่นกับไฟฟ้าสถิต สืบค้น 15 พฤษภาคม 2567. จาก <https://www.csc-biz.com/thai/dust3.html>

แพลตฟอร์มระบบลูกโซ่ความยั่งยืนขนส่ง วัคซีน โลหิต และอวัยวะ ของโรงพยาบาลแม่ลาว

ปกรณ์ เสรีเผ่าวงศ์*, ประภาส สุวรรณ, นุรักษ์ ไชยศรี, พิเชษฐ กันทะวัง, วาสินี นุ่มถนอม และ สุริไท ใจเย็น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57210

psereepulvong@gmail.com, 0815957129

บทคัดย่อ

โครงการนี้วิจัยขึ้นเพื่อสร้างแพลตฟอร์มระบบลูกโซ่ความยั่งยืนขนส่ง วัคซีน โลหิต และอวัยวะของโรงพยาบาลแม่ลาว หลังจากที่ผู้จัดทำโครงการได้เข้าไปศึกษากระบวนการขนส่ง วัคซีน โลหิต และอวัยวะในโรงพยาบาลแม่ลาว พบว่าทางโรงพยาบาลมีอุปกรณ์ที่ขนส่งเฉพาะวัคซีนและโลหิตโดยใช้กระติกรักษาความเย็นส่วนการขนส่งอวัยวะทางโรงพยาบาลยังไม่มี ในการขนส่งวัคซีนจะต้องรักษาอุณหภูมิคงที่อยู่ที่ 2 – 8 องศาเซลเซียส การขนส่งโลหิตจะต้องรักษาอุณหภูมิคงที่อยู่ที่ 2 – 10 องศาเซลเซียสและในการขนส่งอวัยวะจะต้องรักษาอุณหภูมิคงที่อยู่ที่ 0 – 4 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสื่อมสภาพของวัคซีน โลหิต และอวัยวะ ผู้จัดทำจึงเล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ตู้ขนส่งอุณหภูมิไม่คงที่ ไม่สามารถทราบถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากนักหรือไม่และตำแหน่งในการขนส่งเพื่อใช้ในการป้องกันอุบัติเหตุ เช่น รถเสีย เป็นต้น โดยจะแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการติดตั้ง ระบบตรวจสอบอุณหภูมิของกล่องและทำการเปลี่ยนแปลงกล่องที่ใช้ในการขนส่ง อีกทั้งเพิ่มความสามารถในการติดตามตำแหน่งของกล่อง ผู้ใช้งานจะสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ผ่านแอปพลิเคชันมือถือที่รายงานข้อมูลตลอดระยะเวลาการขนส่งและยังบันทึกข้อมูลเก็บเป็นประวัติในการขนส่งเพื่อตรวจสอบย้อนหลัง

คำสำคัญ: แพลตฟอร์ม , ลูกโซ่ความยั่งยืน, ตู้ขนส่งวัคซีน เลือด และอวัยวะ, แอปพลิเคชันเคลื่อนที่

Platform for vaccines, blood and organs cold chain & transportation system of Mae-lao Hospital.

Pakorn Sereepulvong*, Prapas Suwan, Nurak Chaisri, Pichet Kuntawang,

Wasitthee numthnoom and Surithai jaiyen

Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai

99 Sai Khao, Phan, Chiang Rai, Thailand, 57120

psereepulvong@gmail.com, 0815957129

Abstract

This project is researched to create a cold chain platform for transporting vaccines, blood and organs at Mae Lao Hospital. After the project creator went to study the transportation system for vaccines, blood, and organs in Lao Mae Hospital. It was found that the hospital has equipment to transport only vaccines and blood using cold storage containers. As for organ transport, the hospital does not yet have it. When transporting vaccines, the temperature must be maintained at a constant temperature of 2 - 8 degrees Celsius. When transporting blood, the temperature must be maintained at a constant temperature of 2 - 10 degrees Celsius, and when transporting organs, the temperature must be maintained at a constant temperature of 0 - 4 degrees Celsius. Celsius to prevent vaccine deterioration. blood and organs The creator therefore foresaw the problem that the shipping container had an unstable temperature. It is not possible to know whether the temperature changes greatly or not and the location of the transportation in order to prevent accidents such as car breakdowns, etc.

Keywords: Platform,Cold chain, VBO (Vaccine Blood Organ),Mobile application

1. บทนำ

เนื่องจากการขนส่ง วัคซีน โภทิตและอวัยวะของโรงพยาบาลแม่ลาวได้ใช้กระติกเก็บความเย็นใส่ไว้ภายในกระติกความเย็นมีไอซ์เจลและมีเทอร์โมมิเตอร์ใช้สำหรับการขนส่งวัคซีน ส่วนการขนส่งโลหิตจะใช้กล่องโฟมกระเป่าอลูมิเนียมภายในกล่องมีไอซ์เจลและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ปัจจุบันกรมควบคุมโรคได้ใช้ภาชนะหุ้มฉนวนและได้ติดเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัลภายในกล่องใส่ไอซ์แพคเพื่อรักษาอุณหภูมิแต่ใส่จำนวนวัคซีนได้ไม่มากจะต้องขนส่งภายใน 24 ชั่วโมง ทางโรงพยาบาลแม่ลาวได้มีความจำเป็นเร่งด่วนต่อการใช้งานเพราะทางโรงพยาบาลได้ออกไปฉีดวัคซีนให้กับประชาชนหรือไปเบิกโลหิตจากโรงพยาบาลเชียงรายประชาชนเคราะห์โดยการนำกล่องโฟมรักษาความเย็นไปรับโลหิตและวัคซีนให้กับประชาชนโดยได้พัฒนาออกมาเป็นการพัฒนาระบบการขนส่งโลหิตของโรงพยาบาลแม่ลาว ของนาย ศิระวัฒน์ บุญกิจ และ นาย อาทิตย์ เท็มลง[1]จึงสังเกตเห็นถึงปัญหากล่องขนส่งของการพัฒนาระบบการขนส่งโลหิตของโรงพยาบาลแม่ลาว สามารถขนส่งได้เพียงวัคซีนและโลหิตอุณหภูมิที่ไม่สามารถควบคุมได้ อุณหภูมิที่ไม่คงที่และไม่สามารถทราบตำแหน่งของการขนส่ง คณะผู้วิจัยจึงได้สังเกตเห็นถึงปัญหาและได้นำไปแก้ไข

ประสบการณ์ของทีมวิจัยได้ทำมินิโปรเจกต์เกี่ยวกับระบบติดตามของวัคซีนให้โรงพยาบาลแม่ลาวสามารถทำได้เพียงติดตามอุณหภูมิและแจ้งเตือนหน้าตู้เมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินกว่ากำหนดและส่งเข้าร่วมแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 ได้ผ่านเข้ารอบคัดเลือกได้รับคำติชมจึงได้นำมาแก้ไขและพัฒนาให้เป็นโครงการแพลตฟอร์มระบบโซ่เย็นขนส่งวัคซีน โภทิต และอวัยวะให้ตรงตามความต้องการของโรงพยาบาลและการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 โดยได้แจ้งความต้องการที่จะให้นำมาพัฒนาดังนี้ สามารถให้ควบคุมอุณหภูมิ สามารถตรวจสอบถึงตำแหน่งของการขนส่ง และเพิ่มการขนส่งอวัยวะ คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบให้ตู้ขนส่งสามารถส่งได้ถึง 3 ประเภท ดังนี้ วัคซีน โภทิตและอวัยวะโดยตู้ขนส่งสามารถควบคุมอุณหภูมิระหว่าง -20 องศาเซลเซียสถึง 10 องศาเซลเซียส ติดตามตำแหน่งของการขนส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์ของตู้ขนส่งและมีแอปพลิเคชันสำหรับติดตามอุณหภูมิตำแหน่งและสามารถรู้ถึงเหตุการณ์ในระหว่างการขนส่ง

คณะผู้วิจัยดำเนินการได้ลงพื้นที่ สังเกตและสัมภาษณ์จึงพบว่าทางโรงพยาบาลแม่ลาวได้ใช้การขนส่งวัคซีนด้วยกระติกที่ภายในมีไอซ์เจลและมีเทอร์โมมิเตอร์ดิจิทัลอยู่ภายในกระติกที่ใช้บรรจุวัคซีนงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยมีการบูรณาการระหว่างศาสตร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และศาสตร์ทางการแพทย์ มีการบูรณาการระหว่างหน่วยงาน เทคนิคการแพทย์ งานเภสัชกรรม สภากาชาดไทย คณะผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการทำงานในพื้นที่กับทางโรงพยาบาลแม่ลาว ดังนั้น โครงการงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาอุปกรณ์เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาลำต้นโดยมี ตู้ขนส่ง 1 กล่อง มีคุณลักษณะที่สามารถทำความเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิของ วัคซีน โภทิต และ อวัยวะ ซึ่งต่อไปเรียกว่า ตู้VBO และแอปพลิเคชันมือถือนี้มี 2 แอปพลิเคชัน ที่สามารถดูข้อมูล เพิ่มข้อมูลและติดต่อไปยังปลายทาง ซึ่งต่อไปเรียกว่าแอป VBO – Admin และ แอป VBO – User จะก่อให้เกิดประโยชน์เชิงชุมชนและสังคม บุคลากรทางการแพทย์และประชาชน

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน

- 1.1.1 เพื่อศึกษากระบวนการขนส่ง วัคซีน โภทิตและอวัยวะของโรงพยาบาลแม่ลาว
- 1.1.2 เพื่อพัฒนาการสนับสนุนทางการแพทย์ในการขนส่ง วัคซีน โภทิตและอวัยวะ
- 1.1.3 เพื่อออกแบบระบบติดตามผลอุณหภูมิและตำแหน่งระหว่างการขนส่ง วัคซีน โภทิตและอวัยวะ

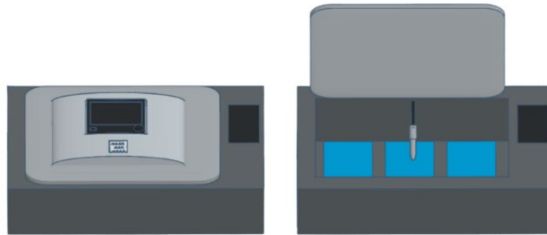
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บและขนส่งวัคซีนและการดูแลรักษาอุปกรณ์ ที่ใช้หลักอยู่ 2 อย่าง คือ กระติกวัคซีน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนส่งหรือเก็บวัคซีนไว้ชั่วคราวเหมือนกล่องโฟม แต่มีขนาดเล็กกว่า และเก็บความเย็นได้ไม่นานเท่ากล่องโฟม กระติกวัคซีนที่ดี ควรเก็บความเย็นได้นานอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และควรมี Ice-pack ที่มีขนาดพอดีที่จะจัดเรียงลงในกระติกโดยไม่เคลื่อนไปมา โดยกระติกวัคซีนควรมีความหนาของฉนวนไม่น้อยกว่า 30 มม. และ กล่องโฟม หรือกระติกวัคซีนขนาดใหญ่ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บวัคซีนในระหว่างการขนส่ง หรือเมื่อมีไฟฟ้าดับนาน/ตู้เย็นเสีย หรือในระหว่างการละลายน้ำแข็งในช่องแช่แข็ง ซึ่งมีขนาดใหญ่พอที่จะใช้ในการขนส่งวัคซีนในแต่ละเดือน โดยมี Ice-pack วางไว้โดยรอบทุกด้าน และควรเก็บความเย็นได้ อย่างน้อย 24 ชั่วโมง โดยกล่องโฟมควรมีความหนาของฉนวนไม่น้อยกว่า 25 มม.

ของที่ 2 ส่วนที่ 2 แสดงผลผ่าน Mobile Application โดยใช้ Raspberry Pi เป็นเซิร์ฟเวอร์ และ เชื่อมต่อกับ Thingboard เพื่อเป็นตัวเก็บค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟ และ บันทึกลงในฐานข้อมูลทั้งหมด

3.3 การขั้นตอนทำงานของอุปกรณ์

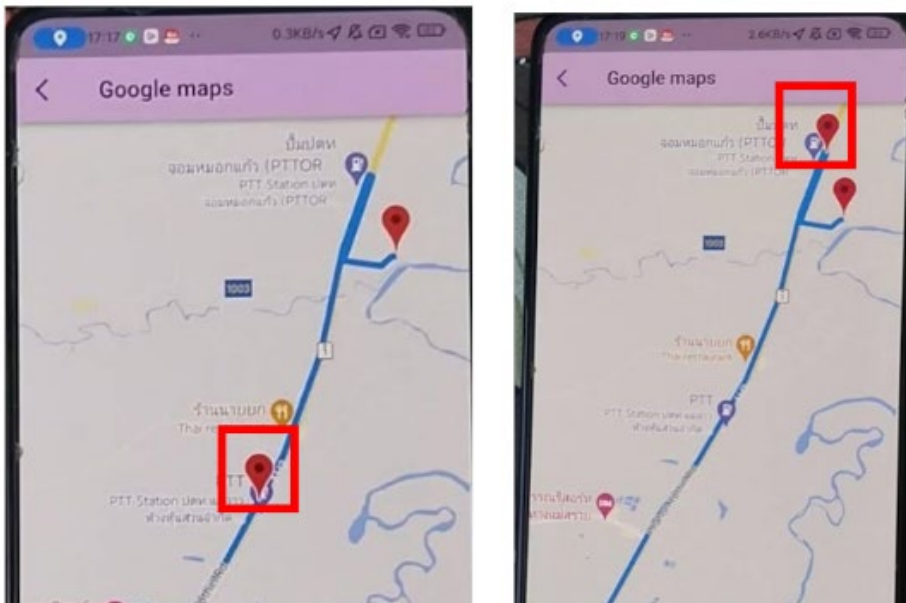
เมื่อเซ็นเซอร์ Digital Temperature Temp Sensor Probe DS18B20 ENV III และ EMP 180 ได้ส่งค่าไปยัง WIO Terminal เพื่อนำไปประมวลผลและจะนำข้อมูลที่ได้นำมาแสดงผลผ่านจอ LDC ของ WIO Terminal หลังจากแสดงผลผ่านหน้าจอ WIO Terminal จะนำค่าส่งไปยัง Raspberry Pi เพื่อเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลในระบบหลังจากนั้นข้อมูลจะมาแสดงผลในแอปพลิเคชัน



4. ผลการวิจัย

4.1 ทดสอบขนส่งก่อนใช้งานจริง

ทดสอบการขนส่ง ตั้งอุณหภูมิของตู้ VBO ในหมวดหมู่ของโลหิต และทำการเปิดการทำงานตู้ VBO ให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ หรือก็คือ 2 องศาเซลเซียส ก่อนเริ่มการทดสอบ โดยต้นทางจะเริ่มที่วัดห้วยทรายขาวและปลายทางที่โรงพยาบาลแม่ลาว เป็นระยะทาง 15.4 กิโลเมตร ซึ่งขับด้วยความเร็วประมาณ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามรูปภาพด้านซ้ายคือตำแหน่งรถขนส่งและรูปด้านขวา คือตำแหน่งรถขนส่งหลังจากเดินทางภายในระยะเวลา 2 นาที (ตั้งแต่เวลา 17:17 น. ถึง 17:19 น.)



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งปัจจุบันที่ขนส่ง

ตารางที่ 4.1 ตารางทดสอบขนส่งก่อนใช้งานจริง

เวลา (นาทีที่)	อุณหภูมิภายในตู้ VBO
3	1 °C
6	1 °C
9	2 °C

12	3 °C
15	3 °C
18	4 °C
21	2 °C
24	2 °C
ค่าเฉลี่ย	2.25 °C

4.2 ทดสอบการขนส่งจริงกับโรงพยาบาล

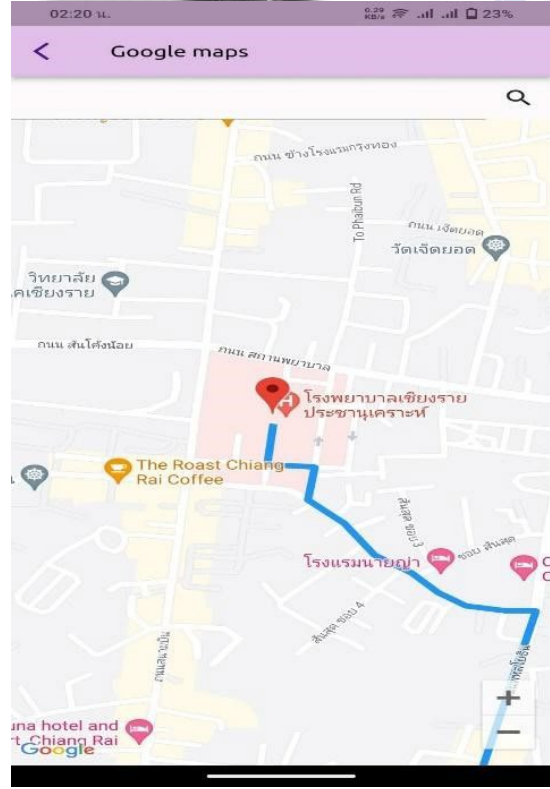
การขนส่งครั้งนี้เป็นการไปรับโลหิตจากโรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์และนำกลับมาส่งที่โรงพยาบาลแม่ลาว ระยะทางไปกลับ 43.6 กิโลเมตร โดยตั้งอุณหภูมิที่ 2 องศาเซลเซียส โดยเริ่มจากการเปิดการทำงานของตู้ไว้ก่อนจะขนส่ง ให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการเพื่อให้พร้อมกับการขนส่ง



รูปที่ 4.5 เตรียมพร้อมตู้ VBO ก่อนขนส่ง



รูปที่ 4.6 ย้ายตู้ VBO ขึ้นรถขนส่ง



ระยะทางไปโรงพยาบาลประชานุเคราะห์ 21.8 กิโลเมตร ผู้ขนส่งขับรถด้วยความเร็วประมาณ 80 – 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาเดินทาง 24 นาที จากโรงพยาบาลแม่ลาวถึงโรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์

รูปภาพ 4.7 เส้นทางถึงโรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์

ตารางที่ 4.2 ตารางการทดสอบจริงกับโรงพยาบาล (ขาไป)

เวลา (นาทีที่)	อุณหภูมิภายในตู้ VBO
3	8 °C
6	6 °C
9	3 °C
12	0 °C
15	1 °C
18	3 °C
21	4 °C
24	4 °C
27	5 °C
ค่าเฉลี่ย	4.25 °C

สรุปผลการทดลองตารางที่ 4.2 จากโรงพยาบาลแม่ลาวถึงโรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์ระยะทาง 21.8 กิโลเมตร ใช้เวลาทั้งสิ้น 24 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 4.25 องศาเซลเซียส

จากนั้นรอรับโลหิตทั้งหมด 10 ถุง ปริมาณโลหิตในถุง ถุงละประมาณ 350 – 450 ซีซี และเดินทางกลับโรงพยาบาลแม่ลาว



รูปภาพ 4.8 รับโลหิตจากห้องปฏิบัติการธนาคารเลือด

ตารางที่ 4.3 ตารางการทดสอบจริงกับโรงพยาบาล (ขากลับ)

เวลา (นาทิตี่)	อุณหภูมิภายในตู้ VBO
3	0 °C
6	3 °C
9	5 °C
12	5 °C
15	5 °C
18	6 °C
21	7 °C
24	7 °C
27	8 °C
ค่าเฉลี่ย	5.75 °C

สรุปผลการทดลองตารางที่ 4.3 จากโรงพยาบาลเชียงรายประชาชนุเคราะห์โรงพยาบาลแม่ลาวถึงระยะทาง 21.8 กิโลเมตร ใช้เวลาทั้งสิ้น 24 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 5.75 องศาเซลเซียส สรุปผลการทดลอง

5. สรุปและอภิปรายผล

โครงการนี้ได้นำความรู้เรื่องในการสร้างแอปพลิเคชัน ฐานข้อมูลและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาและเรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างและพัฒนาระบบการขนส่งวัคซีน โลหิต และอวัยวะของโรงพยาบาลแม่ลาว เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานอีกทั้งยังเป็นเครื่องมือสนับสนุนทางการแพทย์ รวมไปถึงการจัดเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

จากการที่ได้พัฒนาระบบการขนส่งวัคซีน โลหิต และอวัยวะของโรงพยาบาลแม่ลาว เสร็จสิ้นทางผู้พัฒนาได้ทำการตรวจสอบการใช้งานระบบและหาข้อผิดพลาด พบว่ามีความสามารถในการทำงานที่ดีเป็นไปตามความต้องการของระบบ

5.1.1 สรุปผลการทดสอบอุปกรณ์

จากการทดสอบการทำงานของตู้ VBO พบว่าตั้งแต่เริ่มเปิดใช้งานตู้จะต้องใช้เวลา 30 นาที เพื่อรอให้อุณหภูมิของตู้ตรงตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้ที่หน้าตู้ หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิภายนอก ENV III เทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ พบว่าค่าเฉลี่ยของเซ็นเซอร์ ENV III อยู่ที่ 25.1 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ต่อไปเป็นการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิภายใน DS18B20 กับ เซ็นเซอร์ของตู้ VBO พบว่าค่าเฉลี่ยของเซ็นเซอร์ DS18B20 อยู่ที่ 1.05 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของตู้ VBO อยู่ที่ 2.25 องศาเซลเซียส โดยผลอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งหมดภายใน 20 นาที คืออุณหภูมิภายในตู้อยู่ที่ 2 องศาเซลเซียส ภายนอกตู้อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส

5.1.2 สรุปผลการทดสอบแอปพลิเคชัน

พบว่าสามารถทำงานได้ทุกฟังก์ชันโดยการทดสอบแอปพลิเคชันเพื่อหาข้อผิดพลาดและการแสดงรายละเอียดการทำงานของแต่ละหน้าเพื่อให้เห็นความสามารถของแอปพลิเคชัน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 25 (NSC2023)

7. เอกสารอ้างอิง

1. การพัฒนาระบบการขนส่งโลหิตของ โรงพยาบาลแม่ลาว .ศิริวัฒน์ บุญกิจ และ อาทิตย์ เทียมลง.(2564). “การพัฒนาระบบการขนส่งโลหิตของ โรงพยาบาลแม่ลาว.” ปริญญาโทสาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย.
2. อุณหภูมิการเก็บรักษาวัคซีน. การบริหารจัดการงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค. (2563). “มาตรฐานการดำเนินงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค” เอกสารประกอบการมาตรฐานการบริหารจัดการวัคซีนและระบบลูกโซ่ความเย็น.
3. การติดตามอุณหภูมิระบบลูกโซ่ความเย็นในคลังวัคซีนเครือข่าย. พรสวรรค์ จันทร์ทอง. (2565). การติดตามอุณหภูมิระบบลูกโซ่. ความเย็นในคลังวัคซีนเครือข่าย หน่วยบริการปฐมภูมิ อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 1. อุบลราชธานี:วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร.
4. อุณหภูมิการเก็บโลหิต. ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. (ม.ป.ป.). บทความ. สืบค้น 8 มกราคม 2566. จาก <https://blooddonationthai.com/>.
5. นายแพทย์วิจิต ศรีทัดจำ. (2562). อุณหภูมิการเก็บรักษาอวัยวะ,ความรู้ทั่วไปสำหรับประชาชนเกี่ยวกับการผ่าตัดต่ออวัยวะ. สืบค้น 8 มกราคม 2566 จาก https://www.chularat3.com/knowledge_detail.php?lang=th&id=3.

การศึกษาและพัฒนาวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็ก

พิพจน์ หมั่นเป้ง^{1*} มนตรี แก้วอยู่² ไกรลาส ดอนชัย³ และพิเชษฐ์ ใคว์ตระกูล⁴

สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ตำบลช้างเผือกอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

E-mail:1*phi.aya@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการหาวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแห่งหนึ่งใน ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ ซึ่งวิธีการทำความสะอาดแบบเดิมใช้น้ำยาเชื้อโรยที่ห่อหนึ่ง หลังจากการล้างทำความสะอาดชิ้นของเล่นเด็ก และทำการตรวจหาการตกค้างของเชื้อแบคทีเรียด้วยชุดตรวจมาตรฐาน AOAC พบว่ายังมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียตกค้างอยู่บนผิวของเล่นเด็กจำนวนหนึ่งซึ่งอาจเป็นแหล่งก่อเกิดโรคกับเด็กในศูนย์พัฒนาแห่งนี้ วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อทราบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่นำมาใช้ทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถลดการสะสมจากเชื้อแบคทีเรียบนชิ้นของเล่นเด็กเล็ก วิธีการศึกษานี้แบ่ง การทำความสะอาดเป็น 2 วิธีการ คือ การแช่ของเล่นเด็กในน้ำที่ผสมด้วยก๊าซโอโซนและการรมด้วยก๊าซโอโซนแบบ 100% โดยใช้อุปกรณ์ทดลองขนาดห้องทำความสะอาดปริมาตร 64 ลิตร ใช้น้ำปริมาตร 37 ลิตร ใช้ระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อชั่วโมง มีค่าความเข้มข้นเมื่อเทียบกับการละลายในน้ำเท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 2.50 กรัมต่อชั่วโมง มีค่าความเข้มข้นเมื่อเทียบกับการละลายในน้ำเท่ากับ 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 นาที โดยชูดน้ำยาวัดค่าโอโซนในน้ำ HKM

ผลการศึกษานี้วิธีการล้างของเล่นเด็ก ในน้ำผสมก๊าซโอโซนที่ค่าความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตรวจพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ย คือ 6.10 เพอร์เซ็นต์ ที่วิธีการล้างในน้ำผสมก๊าซโอโซนที่ค่าความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตรวจพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ย คือ 2.26 เพอร์เซ็นต์ และวิธีการถัดมาคือ ทำความสะอาดด้วยการรมด้วยก๊าซโอโซน 100 เพอร์เซ็นต์ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อชั่วโมง ตรวจพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ย คือ 13.54 เพอร์เซ็นต์ และที่วิธีการทำความสะอาดด้วยการรมโดยใช้ก๊าซโอโซน 100 เพอร์เซ็นต์ที่ระดับความเข้มข้น 2.50 กรัมต่อชั่วโมง ตรวจพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ย คือ 11.68 เพอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการล้างในน้ำผสมก๊าซโอโซนที่ค่าความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กที่สะอาดที่สุด ซึ่งมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ยหลังจากทำความสะอาดเมื่อนำของเล่นเด็กเล็กไปใช้งานเป็นระยะเวลา 3 วันเพียง 12.90 เพอร์เซ็นต์ และมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 37.95 บาทต่อครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำความสะอาดแบบทั่วไปต้นทุนการผลิตลดลง 100.93 บาทต่อครั้ง

คำสำคัญ: การทำความสะอาด ของเล่นเด็ก โอโซน เชื้อแบคทีเรีย

The Study and development of method for cleaning young children's Toys

Phiphat Muenpeng^{1*}, Montree kaewyu², Krailas Donchai³ and Pichet Kowtrakul⁴

Education and Technology Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna 128 Chang Phueak Subdistrict,
Mueang Chiang Mai District Chiang Mai Province 50300
E-mail: 1*phi.aya@mutl.ac.th

Abstract

This study was to find methods for cleaning children's toys in a child development center in Chang Phueak Subdistrict Mueang Chiang Mai District. The original cleaning method used a brand of Disinfectant. After cleaning children's toys and checked for bacteria residues using the AOAC standard test kit. It was found that there are still some bacteria residues on the surface of children's toys that may be a source of disease for children in this development center. The purpose of this study is to know the amount of ozone gas concentration that can be used to clean children's toys effectively and can reduce the accumulation of bacteria on children's toys. The methods of this study are divided. There are two methods of cleaning: soaking children's toys in water mixed with ozone gas and fumigating them with 100% ozone gas. Using experimental equipment, the size of a cleaning room with a volume of 64 liters, using water volume 37 liters, using an ozone gas concentration level of 1.25 grams per hour. It has a concentration value compared to its solubility in water equal to 0.3 milligrams per liter. and at a concentration level of 2.50 grams per hour. Has a concentration value compared to solubility in water equal to 0.4 milligrams per liter for a period of 10 minutes by the HKM ozone measurement solution kit.

Results of a study of methods for cleaning cool toys in a water mixed with ozone gas at a concentration of 0.3 milligrams per liter. The average amount of bacteria remaining on children's toys was found to be 6.10 percent when washed in water mixed with ozone gas at a concentration of 0.4 milligrams per liter. The average amount of bacteria remaining on children's toys was found to be 2.26 percent. And the next method is Cleaned by fumigating with 100 percent ozone gas at a concentration of 1.25 grams per hour. The average amount of bacteria remaining on children's toys was found to be 13.54 percent, and the cleaning method used fumigation using 100 percent ozone gas at a concentration of 2.50 grams per hour. The average amount of bacteria remaining on children's toys was found to be 11.68 percent. It can be seen that the method of washing in water mixed with ozone gas at a concentration of 0.4 milligrams per liter is the cleanest method for cleaning children's toys. The average amount of bacteria remaining on small children's toys after cleaning when children's toys are used for 3 days is only 12.90 percent and has an average production cost of 37.95 baht per time when compared to traditional cleaning methods. In general, production costs decreased by 100.93 baht per time.

Keywords: Cleaning children's toys, ozone, bacteria

1. บทนำ

ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก เป็นสถานที่ที่มีเด็กเล็ก ๆ ที่มาอยู่อาศัยอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก มักจะมีโอกาสที่จะทำเด็กเหล่านี้เกิดอาการเจ็บป่วยจากโรคติดต่อต่าง ๆ ได้ โดยแหล่งที่มักจะเป็นพาหะของการติดเชื้อโรคส่วนใหญ่ มักจากการพฤติกรรมสัมผัสของเด็ก ๆ ในรูปแบบ การเล่น ของเล่นเด็ก จากการศึกษาได้ลงพื้นที่สำรวจศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแห่งหนึ่งในพื้นที่ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ พบว่ามีเชื้อแบคทีเรียในตักค้างอยู่ในปริมาณที่จะก่อให้เกิดการติดเชื้อโรคบนตัวของเล่นเด็ก ซึ่งวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กของศูนย์ฯแห่งนี้พบใช้วิธีการจุ่มล้างของเล่นเด็กในน้ำที่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อโรค แล้วนำมาล้างน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในบางครั้งขอกหลีบของเล่นก็อาจไม่ได้รับการสัมผัสน้ำยาได้อย่างทั่วถึง หรือ ผู้ปฏิบัติอาจใช้เวลาในการจุ่มล้างของเล่นไม่นานพอจึงอาจเป็นสาเหตุที่ตรวจพบเชื้อแบคทีเรียบนของเล่นได้ ซึ่งในปัจจุบันก๊าซไอโซนถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคุณสมบัติที่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์กับสารมลพิษ หรือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ตลอดจน กลิ่นต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี โดยไม่ทิ้งสารพิษตกค้างบนพื้นผิวและมีการสลายตัวโดยอัตโนมัติในระยะเวลาไม่นาน จึงถือว่ามีความปลอดภัยสูงสำหรับการนำมาใช้งานสำหรับการกำจัดสารพิษหรือเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ดังนั้นจึงนำมาสู่ การศึกษาวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล่นในครั้งนี้

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
- 2) เพื่อลดโอกาสการสะสมเชื้อแบคทีเรียบนของเล่นเด็กเล็ก
- 3) เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไอโซนที่เหมาะสมในการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็ก

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) ใช้ความเข้มข้นของชุดกำเนิดไอโซน 2.50 กรัมต่อชั่วโมง
- 2) เวลาในการปล่อยก๊าซไอโซน 10 นาที
- 3) ชนิดวัสดุของของเล่นเด็กเล็ก 2 ชนิด คือ พลาสติก และไม้
- 4) ช่วงอายุของเด็กเล็ก 0-6 ปี
- 5) ลักษณะของของเล่นที่สุ่มตัวอย่างมี 5 ลักษณะ
- 6) ขนาดของห้องทำความสะอาดกว้าง 0.375 เมตร ยาว 0.52 เมตร สูง 0.33 เมตร ปริมาตร 64 ลิตร
- 7) อุณหภูมิห้องในการทดลองไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส
- 8) ขนาดความจุในการทำความสะอาดแต่ละครั้งไม่เกิน 75 ชิ้น
- 9) วางของเล่นแบบกระจายตัวบนตะแกรง
- 10) ของเล่นเด็กเล็กที่ผ่านวิธีการทำความสะอาดจะต้องมีปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ต่อของเล่น 1 ชิ้น
- 11) ชุดตรวจเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ตามมาตรฐาน AOAC
- 12) ชุดน้ำยาวัดค่าไอโซนในน้ำ HKM

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1) สามารถหาวิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด
- 2) สามารถหาความเข้มข้นของก๊าซไอโซนที่เหมาะสมในการทำความสะอาด
- 3) สามารถนำความรู้ที่ศึกษามาประยุกต์ใช้และดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประกอบการวิจัย ดังนี้ นายกิตติภูมิ ชันจันทร์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาเครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็ก วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็ก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเศษวัชพืช เศษศัตรูพืช เศษดิน สารเคมีและเชื้อโรคต่าง ๆ ที่ติดค้างอยู่ในผัก และ

สามารถลดเวลาที่ใช้ในการล้างผักเมื่อเทียบกับวิธีการล้างแบบเดิมด้วยเครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็ก โดยออกแบบเป็นเครื่องล้างผักชนิดถังเดี่ยวขนาด 150 ลิตรและใช้ความเข้มข้นก๊าซโอโซน 0.3 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตรจากการทดลองล้างผักด้วยเครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็ก พบว่าสามารถลดสิ่งสกปรกที่ติดค้างอยู่บนผัก คือ เศษวัชพืช เศษศัตรูพืช และเศษดินได้ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ต่อผัก 1 ต้น สามารถลดสารเคมีที่ติดค้างอยู่ในผักโดยทำการเปรียบเทียบผักก่อนล้าง และหลังจากการล้างด้วยมือกับล้างด้วยเครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็ก พบว่าผักก่อนล้างมีผลการทดสอบอยู่ในช่วง +3 ขึ้นไป แสดงว่าตรวจพบสารเคมีอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยสำหรับบริโภค และผักที่ล้างด้วยเครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็กจะสามารถลดสารเคมีตกค้างได้มากกว่าการล้างด้วยมือ โดยหลังการล้างด้วยมือมีผลการทดสอบอยู่ในช่วง +2 แสดงว่าตรวจพบสารเคมีอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับบริโภค และหลังการล้างด้วยเครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็กมีผลการทดสอบอยู่ในช่วง +1 แสดงว่าตรวจพบสารเคมีอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับบริโภค สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ อีโคไล และซาลโมเนลลาที่ติดค้างอยู่ในผักได้

นางสาวเพ็ญแข จิรวัสสร (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการลดเชื้อปนเปื้อนในพริก ซึ่งพริกชี้ฟ้าสดที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปมีเชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติปนเปื้อนติดมากับผิวพริกในปริมาณสูง โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 8.6-10⁴ ถึง 2.9-10⁷ CFU/g ยีสต์และรามิคาอยู่ในช่วง 4.4-10⁴ ถึง 1.7-10⁷ CFU/g และโคลิฟอร์มมีค่าอยู่ในช่วง 9.1 ถึง >1100 MPN/g เมื่อนำมาล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (50, 100 และ 200 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 5, 10, 20 และ 30 นาที) น้ำโอโซน (0, 4, 3 และ 5 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที) และลวกด้วยไอน้ำ (70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10, 20 และ 30 วินาที) เปรียบเทียบกับน้ำเปล่า พบว่าการล้างพริกด้วยน้ำเปล่าสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มได้ประมาณ 0.11-1.15 log CFU/g, 0.05-0.87 log CFU/g และ 0.10-1.24 log CFU/g ตามลำดับ โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการล้างให้นานขึ้นจะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากขึ้นเช่นกัน การล้างพริกด้วยน้ำโอโซนจะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีกว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ภายในระยะเวลาและความเข้มข้นที่น้อยกว่า โดยการล้างพริกด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม นาน 10 นาที จะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มได้ดีที่สุด คือ 1.97, 1.77 และ 1.82 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่การล้างพริกด้วยน้ำโอโซน 5 พีพีเอ็ม นาน 10 นาที จะสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มได้ดีที่สุดคือ 2.59, 1.78 และ 2.71 log CFU/g ตามลำดับ โดยส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระ (aw) ความชื้น ความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของพริกเพียงเล็กน้อย ส่วนการลวกพริกสดด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มได้ดีที่สุดคือ 2.45, 1.95 และ 1.89 log CFU/g ตามลำดับ แต่พริกจะนิ่มและมีค่า b* มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น

กมลวรรณ ปรีชานา (2547) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของโอโซนและรังสีอัลตราไวโอเล็ตในการฆ่าเชื้อน้ำในระบบผลิตน้ำประปา โดยมีจุลินทรีย์ที่ศึกษา คือ แบคทีเรียทั้งหมด Fecal Coliform และ Total Coliform Bacteria โดยได้ทำการศึกษาทั้งในน้ำสังเคราะห์ และน้ำที่ผ่านการกรองจากกระบวนการผลิตน้ำประปา สำนักการผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง การทดลองแบบ Batch ในน้ำสังเคราะห์ พบว่า ประสิทธิภาพการทำลายเชื้อขึ้นกับ pH ปริมาณการเติมโอโซน และความเข้มข้นของโอโซนในน้ำตัวอย่าง สภาวะที่เหมาะสมในการใช้โอโซนฆ่าเชื้อในระบบ Batch เพื่อให้ น้ำที่ออกจากระบบมีปริมาณของ Total Coliform Bacteria และ Fecal Coliform Bacteria ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก คือ ที่ pH เท่ากับ 7 และความเข้มข้นของโอโซนเท่ากับ 107.52 mg O₃/L การเพิ่มความเข้มข้นของโอโซนสูงขึ้นจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อสูงขึ้น เนื่องจากโอโซนมีการละลายที่จำกัด ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตนั้นคือระยะเวลาสัมผัสในขณะที่การแปรผัน pH ให้มีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย สภาวะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในระบบ Batch คือที่ pH เท่ากับ 6 และระยะเวลาสัมผัส เท่ากับ 11 นาที ผลการทดลองในน้ำที่ผ่านการกรองของการประปานคร

หลวงนั้นสอดคล้องกับการทดลองในน้ำสังเคราะห์ และเมื่อเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อต่ำกว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ต รวมถึงมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบที่ต่ำแต่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงกว่า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับของเล็ก

ศึกษาเก็บข้อมูลขั้นตอนการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กแบบทั่วไป ซึ่งการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กแบบทั่วไปมีวิธีการล้างด้วยน้ำผสมผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อยี่ห้อ เพื่อกำจัดเชื้อโรคที่ติดอยู่บนของเล่นเด็กเล็ก โดยใช้ผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อยี่ห้อหนึ่ง ปริมาตร 13 มิลลิลิตร และส่งไปยังอ่างน้ำสะอาดที่ 1 เพื่อล้างสารเคมีจากผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อออก หลังจากนั้นนำไปล้างในอ่างน้ำสะอาดที่ 2 อีกครั้งก่อนนำไปตากให้แห้งเป็นเวลา 48 ชั่วโมงการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กแบบทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบจำนวนปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างในของเล่นเด็กเล็กก่อนและหลังล้าง การทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กแบบทั่วไปนั้นจะมีจำนวนปริมาณเชื้อแบคทีเรียตกค้างเฉลี่ย 21.32 เพอร์เซ็นต์ต่อของเล่น 1 ชิ้น ปัญหาที่พบเพิ่มคือใช้น้ำจำนวนมากต่อการล้างในแต่ละครั้ง 3.2

การสร้างห้องทำความสะอาด และ วิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็ก

3.2.1 ห้องทำความสะอาดของเล่น แบ่งเป็น 2 แบบ ตามลักษณะวิธีการทำความสะอาดของเล่นด้วยการผสมก๊าซไอโซนลงน้ำด้วยหัวทราย และ การทำความสะอาดของเล่นด้วยการรมก๊าซไอโซน100% กับ ตัวชิ้นของเล่นโดยตรง

ก) ห้องทำความสะอาดของเล่น ทำจากจากกล่องพลาสติกชนิด PP ขนาดกว้าง 0.375 เมตร ยาว 0.520 เมตร สูง 0.330 เมตร ปริมาตร 64 ลิตร จำนวน 2 กล่องโดยจัดทำอุปกรณ์ ประกอบการทำความสะอาดแยกตามลักษณะของการทำความสะอาดชิ้นของเล่นตามที่ออกแบบวิธีการทำความสะอาดไว้

3.2.2 วิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็ก

ชนิดวัสดุของของเล่นเด็กเล็กที่เลือกสุ่มมี 2 ชนิด คือ พลาสติก และไม้

ก) การทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กด้วยการรมด้วยก๊าซไอโซน

โดยบรรจุชิ้นของเล่นลงในกล่องที่เตรียมเอาไว้ในการทำความสะอาดโดยแต่ละครั้งจะบรรจุเรียงชิ้นของเล่นไม่เกิน 75 ชิ้นต่อครั้งและใช้เวลาที่รมก๊าซไอโซนไม่เกิน 15 นาที โดยบันทึกผลการทดลอง ตามความเข้มข้นของก๊าซไอโซนที่กำหนดไว้

ข) วิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กในน้ำที่ผสมก๊าซไอโซน โดยใช้หัวทรายเป็นตัวผสมก๊าซไอโซนกับน้ำ

นำก๊าซไอโซนจากชุดกำเนิดก๊าซต่อเข้ากับวาล์วที่ต่อเข้ากับกล่องที่เตรียมไว้โดยใส่น้ำลงถังขนาด 25 ลิตรและปรับความเข้มข้นไอโซนตามเวลาที่กำหนดไว้150ชิ้น เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของก๊าซไอโซนต่อน้ำ1ลิตร และนำของเล่นตามที่กำหนดไว้มาจุ่มแช่ตามช่วงเวลาที่ออกแบบไว้

3.2.3 วิธีการเก็บผลการทดลอง

ก) การทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กด้วยการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กแบบทั่วไป จะทำการล้างของเล่นครั้งละ 150 ชิ้น และจะทำการสุ่มตัวอย่างมา 5 ตัวอย่างหลังจากการล้างในแต่ละครั้ง

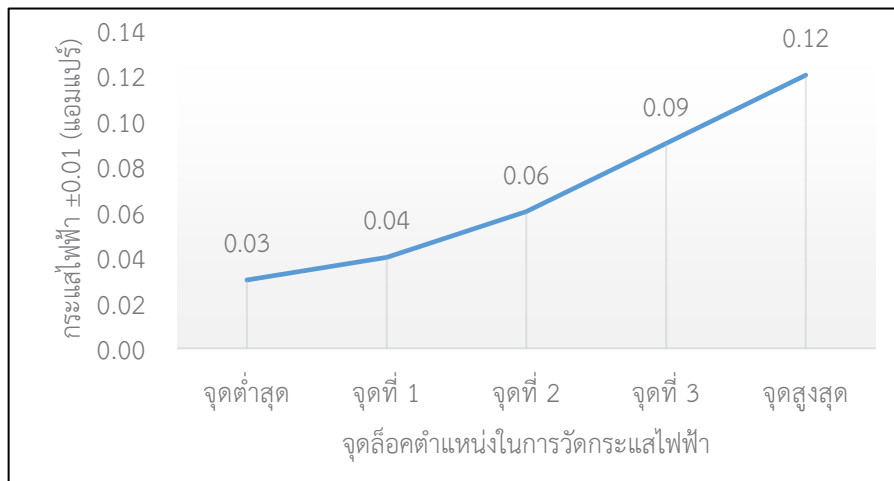
ข) ทำการทดสอบหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กก่อนและหลังล้างโดยใช้ชุดทดสอบเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งจะนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเป็นจำนวนโคโลนี แล้วนำค่าที่ได้บันทึกลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

ค) ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กโดยการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กแบบทั่วไป

4. ผลการศึกษา

4.1 การทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน

การทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน เพื่อนำค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซน



แผนภูมิที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนและจุดล้อยอดตำแหน่งใด ๆ ในการวัดกระแสไฟฟ้า จากแผนภูมิที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อหมุนวาล์วปรับระดับความเข้มข้นขึ้นกระแสไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นตาม ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนและระดับความเข้มข้นมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตรง

4.2 การทดสอบหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่เหมาะสมในการทำความสะดวก

ตารางที่ 4.1 การทดลองวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อชั่วโมง

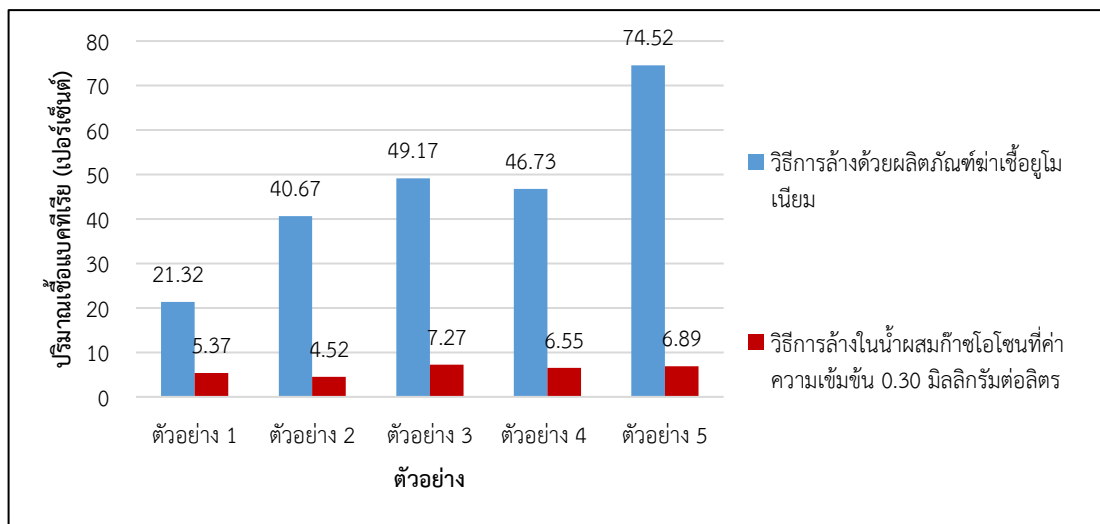
เวลาที่เปิดเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน (นาที)	ปริมาตรน้ำที่ใช้ทดสอบ (มิลลิลิตร)	ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
5	15	0.20
10	15	0.30
15	15	0.40
20	15	0.50

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ ที่ระดับความเข้มข้น 2.50 กรัมต่อชั่วโมง

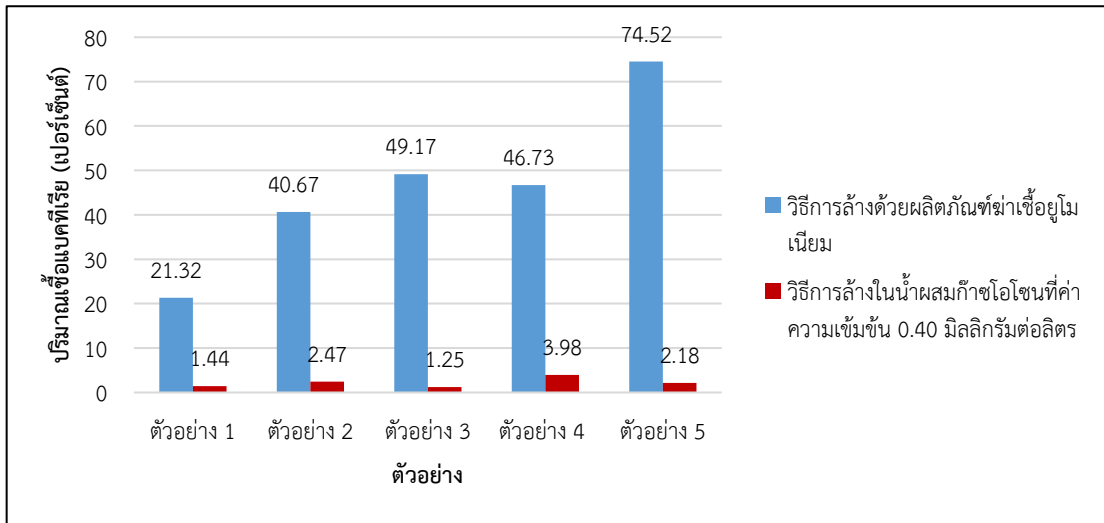
เวลาที่เปิดเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน (นาที)	ปริมาตรน้ำที่ใช้ทดสอบ (มิลลิลิตร)	ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
5	15	0.30
10	15	0.40
15	15	0.50
20	15	0.70

4.3 การทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็ก

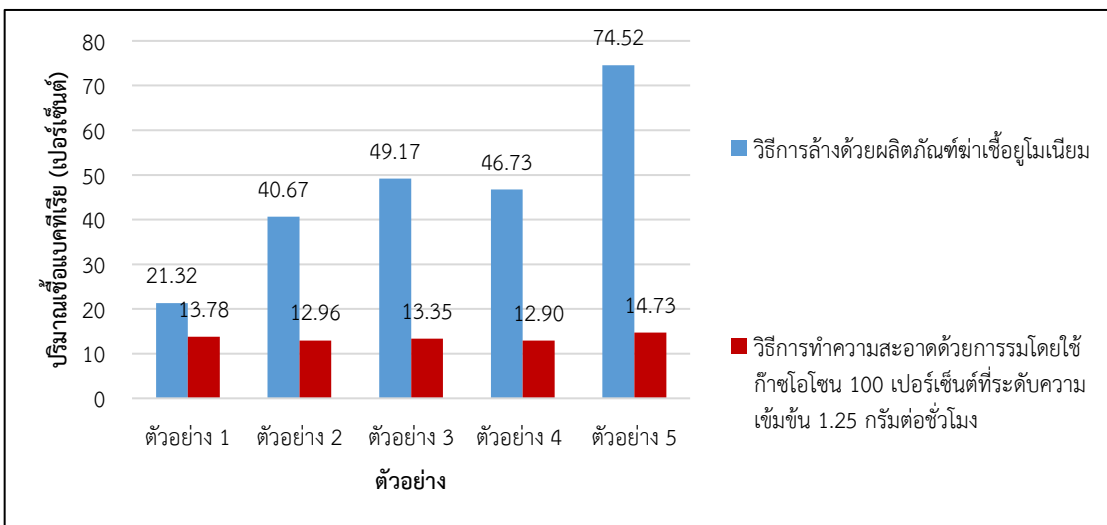
4.3.1 การทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กด้วยวิธีการล้างในน้ำผสมก๊าซโอโซนที่ค่าความเข้มข้น 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร



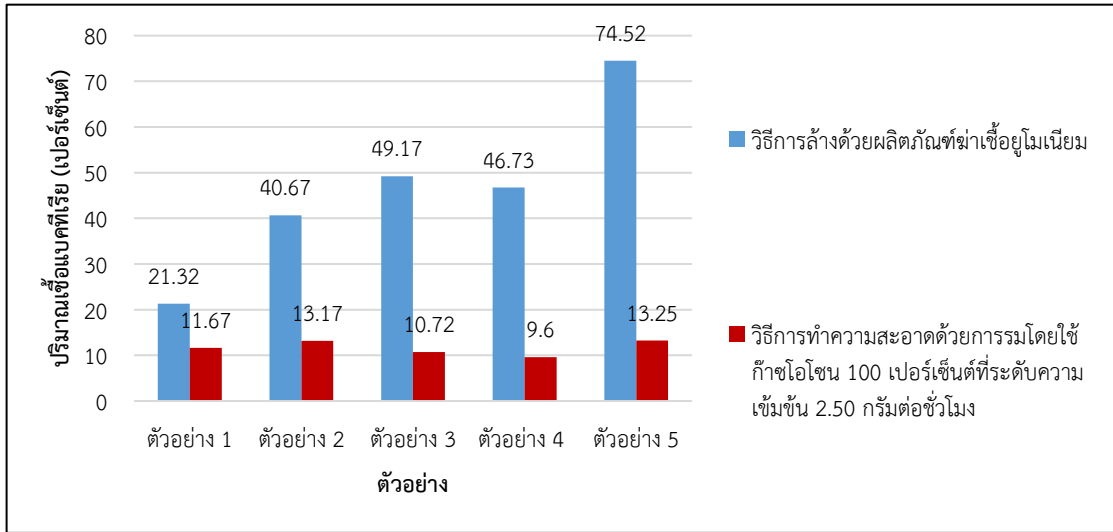
4.3.2 การทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กด้วยวิธีการล้างในน้ำผสมก๊าซโอโซนที่ค่าความเข้มข้น 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร



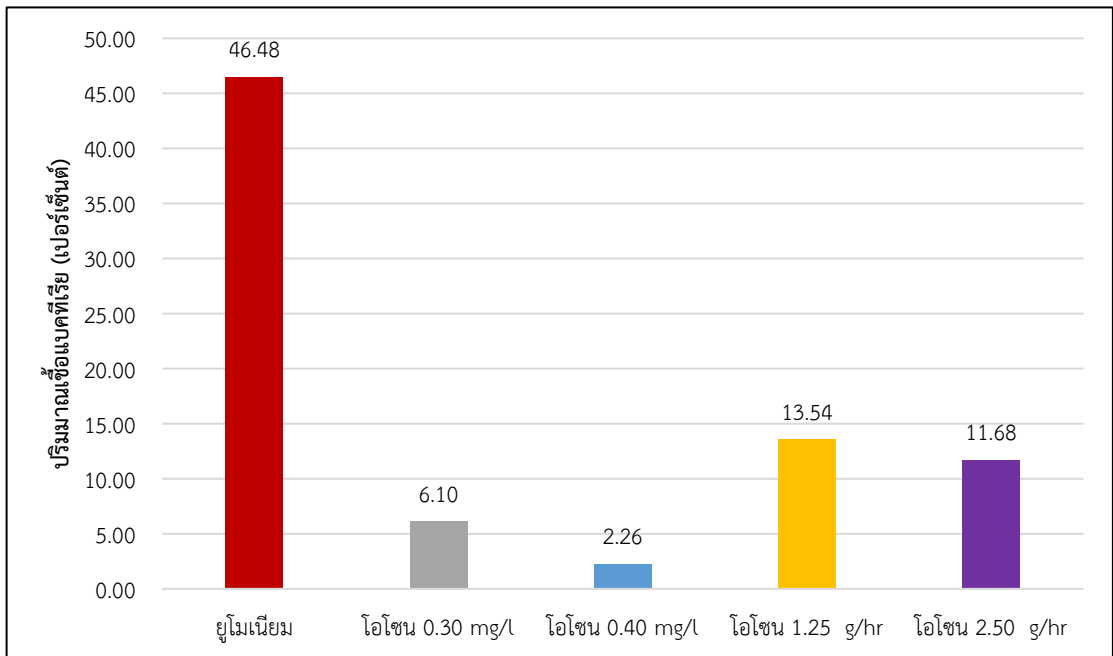
4.5.3 การทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กด้วยวิธีการทำความสะอาดด้วยการรมโดยใช้ก๊าซโอโซน 100 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อชั่วโมง



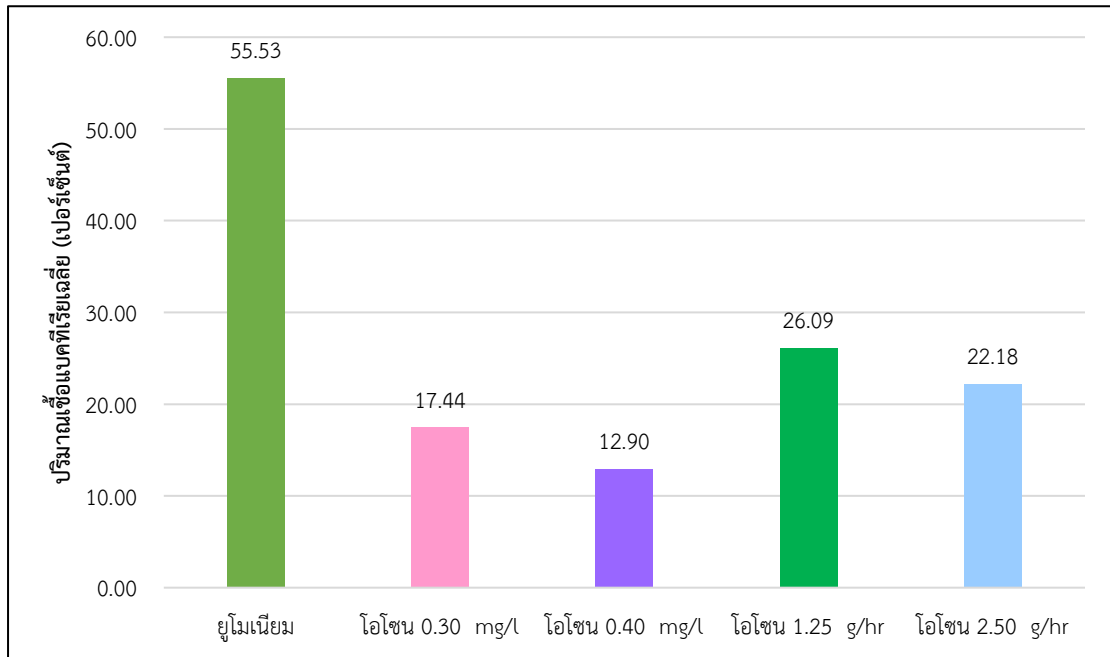
4.5.4 การทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กด้วยวิธีการทำความสะอาดด้วยการรมโดยใช้ก๊าซโอโซน 100 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับความเข้มข้น 2.50 กรัมต่อชั่วโมง



4.5.5 การเปรียบเทียบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ย



4.6 การทดลองหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ยหลังทำความสะอาดเมื่อนำไปใช้งานเป็นระยะเวลา 3 วัน



5. สรุปและอภิปราย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน

จากการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน จากข้อ 4.1 พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับตำแหน่งที่ลือคจุดวัดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งเมื่อปรับสวิตซ์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าจะมากขึ้นเช่นกัน

5.1.2 การทดสอบหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่เหมาะสมในการทำความสะดวก

การทดสอบหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่เหมาะสมในการทำความสะดวก พบว่าเวลาที่ทำการเปิดเครื่องกำเนิดโอโซน 5 นาทีที่ทดลองที่ระดับความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อชั่วโมง ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 10 นาที ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลา 15 นาที ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่เวลา 20 นาที ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 2.50 กรัมต่อชั่วโมง ทำการเปิดเครื่องกำเนิดโอโซน 5 นาที ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 10 นาที ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลา 15 นาที ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่เวลา 20 นาที ค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายอยู่ในน้ำ คือ 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร

ได้ว่า วิธีการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กด้วยก๊าซโอโซนมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตกค้างบนของเล่นเด็กเล็กเฉลี่ยหลังทำความสะอาดเมื่อนำไปใช้งานเป็นระยะเวลา 3 วันน้อยที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการศึกษาไปใช้

1) วิธีการทำความสะอาดด้วยวิธีการรมโดยใช้ก๊าซโอโซน 100 เปอร์เซ็นต์เป็นอีกทางเลือกที่สามารถทำความสะอาดได้ทุกวัน ซึ่งใช้เวลาในการทำความสะอาดแต่ละครั้งเพียง 15 นาที

2) เนื่องจากห้องทดลองการทำความสะอาดของเล่นเด็กเล็กด้วยก๊าซโอโซนเป็นเพียงแบบจำลอง ดังนั้นควรเปลี่ยนวัสดุโครงสร้างให้มีความแข็งแรงและทนการกัดกร่อน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการฝ่ายการศึกษาขององค์การบริหารส่วนตำบลช้างเผือกจนถึงเจ้าหน้าที่ของศูนย์พัฒนา ในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรครุศาสตรศึกษาศาสตร์ ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับการเรียนงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] โอโซน. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 13 พฤษภาคม 2562.

สืบค้นจาก : <http://doi.nrct.go.th>

[2] เครื่องผลิตก๊าซโอโซน. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 13 พฤษภาคม 2562.

สืบค้นจาก : <http://thai.ozoneneratorsupplier.com>

[3] เครื่องวัดปริมาณก๊าซโอโซน. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 13 พฤษภาคม 2562.

สืบค้นจาก : <https://www.jiranatee.com>

[4] ของเล่น. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 13 พฤษภาคม 2562.

สืบค้นจาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/ของเล่น>

[5] ประเภทของของเล่นเด็ก. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 13 พฤษภาคม 2562.

สืบค้นจาก : <https://www.rakluke.com>

[6] ของเล่นแต่ละชนิดมีผลต่อการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัยแตกต่างกัน. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 13 พฤษภาคม 2562.

สืบค้นจาก : <http://taamkru.com/th/ของเล่น/>

[7] กลศาสตร์ของไหลเบื้องต้น. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 16 ตุลาคม 2562.

สืบค้นจาก : http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html

[8] การทำลายก๊าซโอโซนลงในน้ำ. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 18 ตุลาคม 2562.

สืบค้นจาก : <http://www.thailonglife.com>

[9] ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 18 ตุลาคม 2562.

สืบค้นจาก : <http://www2.dede.go.th>

[10] อันตราย 'โรคอุจจาระร่วง' พบทั้งเด็ก-ผู้ใหญ่ เสียชีวิตแล้ว 6 ราย. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 21 ตุลาคม 2562.

สืบค้นจาก : <https://www.hfocus.org/content/2019/09/17773>

[11] ไม้. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 20 พฤศจิกายน 2562.

สืบค้นจาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/ไม้>

[12] ผ้า. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 20 พฤศจิกายน 2562.

สืบค้นจาก : <https://www.shirtandbag-product.com>

- [13] การทำความสะอาดของเล่นเด็ก. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 20 พฤศจิกายน 2562.
สืบค้นจาก : <https://babylove.co.th>
- [14] ประเภทของพลาสติก. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 28 พฤศจิกายน 2562.
สืบค้นจาก : <http://www.ruengrat.com/เทอร์โมพลาสติกคืออะไร.htm>
- [15] แบคทีเรีย. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2562.
สืบค้นจาก : <http://www.student.chula.ac.th/~60370875/Bacteria.html>
- [16] โครงสร้างของแบคทีเรีย. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2562.
สืบค้นจาก : <https://sites.google.com>
- [17] ชุดทดสอบเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2562.
สืบค้นจาก : <https://www.cw-sci.com>
- [18] จุลินทรีย์. (ออนไลน์), วันที่สืบค้น 14 เมษายน 2563.
สืบค้นจาก :
- [19] นายกิตติภูมิ ชันจันทร์, นายณัฐพล เหล่ายาวิละและ นายไพศาล อินตะ. เครื่องล้างผักด้วยแรงดันฟองอากาศขนาดเล็ก.
ปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่;
2560.
- [20] นางสาวเพ็ญแข จิระฮัสดร. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการลดเชื้อปนเปื้อนในพริก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2549.
- [21] กมลวรรณ ปรีชานา. ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อในระบบผลิตน้ำประปาด้วยโอโซนและรังสีอัลตราไวโอเล็ต. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตร
ศาสตร์; 2547.

ลักษณะกำลังไฟฟ้าของวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง ในสถานะเบรกของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น

อลงกรณ์ รัตนศิลา¹, ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์^{1*}, อนนท์ นำอิน¹, บุรินทร์ ยอดวงศ์², ปฏิพัทธ์ ทวนทอง²,
อุเทน คำน่าน¹, ประเสริฐ ศรีพนม¹, วรณกร พรหมอารีย์¹, และ ไพโรจน์ ปิยรังสรรค์¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

²ศูนย์วิจัยพลังงานทดแทน (RERC) ภาควิชาฝึกอบรมครูสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะครุศาสตร์เทคนิค
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

โทรศัพท์ : 0 5471 0259 , โทรสาร : 0 5477 1398

* Alongkorn_ra66@live.mutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 094-712-8889

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการวิเคราะห์และจำลองการทำงานของวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง (Bidirectional Converter) ในระบบการผลิตไฟฟ้ากลับขณะเบรก (Regenerative Braking) เมื่อมอเตอร์แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลผ่านชุดเกียร์เพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า ในขณะที่กระบวนการผลิตไฟฟ้ากลับให้กับแบตเตอรี่ โดยมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า และเก็บในแบตเตอรี่ขณะอัดประจุไฟฟ้า (Charging Mode) ขณะเดียวกันเมื่อรถยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อน แบตเตอรี่จะเป็นแหล่งพลังงานหลักให้กับอินเวอร์เตอร์เพื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้าในสถานะคายประจุไฟฟ้า (Discharging Mode)

การวิเคราะห์นี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการออกแบบวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง โดยกำลังไฟฟ้าที่ไม่คงที่ขนาด 400-800 โวลต์, 25 กิโลวัตต์ จะถูกแปลงให้คงที่เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 400 โวลต์, 200 แอมแปร์ชั่วโมง ขณะขับเคลื่อนแบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์เพื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้าที่แรงดัน 700 โวลต์, 50 กิโลวัตต์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของโหลด

ผลการวิเคราะห์และจำลองการทำงานของวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในระบบการผลิตไฟฟ้ากลับขณะเบรกพบว่าระบบมีประสิทธิภาพดีและมีความเสถียรสูง พลังงานที่ไม่คงที่ขณะเบรกจะถูกแปลงเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ และขณะขับเคลื่อนแบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานให้มอเตอร์ไฟฟ้าขณะโหลดมีการเปลี่ยนแปลง การจำลองแสดงถึงประสิทธิภาพสูงถึง 99.81% เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าอ้างอิง

คำสำคัญ : วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง, การผลิตไฟฟ้ากลับให้กับแบตเตอรี่, การเบรกของรถยนต์ไฟฟ้า, การควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น

Power Characteristics of Bidirectional Converter Operation in Regenerative Braking using Non-linear Control Law

Alongkorn Rattanasila¹, Charnyut Karnjanapiboon^{1*}, Anon Namin¹, Burin Yodwong²,
Phatiphat Thounthong², Uthen Kamnam¹, Prasert Sriphanom¹,
Wannakorn Phromaree¹ and Pairot Piyarangsarn¹

¹Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Thailand.

²Renewable Energy Research Centre (RERC), Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand.

Telephone: 0 5471 0259, Fax: 0 5477 1398

* Alongkorn_ra66@live.rmutl.ac.th, Telephone Number 094-712-8889

Abstract

This article presents an analysis and simulation of a bidirectional converter in a regenerative braking system. It explores how a motor transforms electrical energy into mechanical energy through a gearbox to drive an electric vehicle. During braking, the system regenerates electrical energy back into the battery, with the motor acting as a generator to convert mechanical energy into electrical energy for storage in the battery during charging mode. Conversely, when the vehicle is operational, the battery serves as the primary power source for the inverter, which drives the motor in discharging mode.

The analysis employs mathematical modeling and circuit design for the bidirectional converter. Power, ranging from 400-800 volts and 25 kilowatts, is stabilized by the converter to charge a 400-volt, 200 amp-hour battery. During vehicle operation, the battery supplies power to the inverter to drive the motor at 700 volts and 50 kilowatts, accommodating varying load conditions.

Results show that the bidirectional converter in the regenerative braking system operates with high effectiveness and stability. The unstable power generated during braking is efficiently converted to charge the battery, and during driving, the battery effectively powers the motor despite load variations. The simulation achieves an efficiency of 99.81%.

Keywords: Bidirectional Converter, Battery Regeneration, Electric Vehicle Braking, Non-linear Control

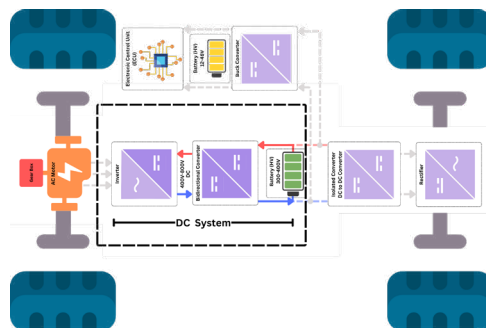
1. บทนำ

รถยนต์ไฟฟ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนโดยพลังงานจากแบตเตอรี่ ซึ่งไม่ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และประหยัดพลังงาน ทำให้เป็นทางเลือกที่ยั่งยืนในอนาคต ด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยด้วยมาตรการต่างๆ ทั้งในระดับโครงการและนโยบายที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศ เพื่อให้การบริหารจัดการด้านการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย [1] อย่างไรก็ตาม การจัดการพลังงานในระบบผลิตไฟฟ้ากลับขณะเบรกกำลังไฟฟ้ายังเป็นปัญหา ระบบนี้แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลที่มีการผลิตพลังงานที่ไม่คงที่และมีการอัดประจุพลังงานกลับเข้าแบตเตอรี่เมื่อเบรก และส่งจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อโหดมีการเปลี่ยนแปลง [3] บทความนี้เน้นการวิเคราะห์ และจำลองวงจรแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในระบบผลิตไฟฟ้ากลับของแบตเตอรี่ขณะเบรกของรถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้กฎการควบคุมไม่เป็นเชิงเส้นผ่านโปรแกรม MATLAB Simulink เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพในการควบคุมแก้ไขปัญหาจากการรับพลังงานไฟฟ้าที่ไม่คงที่เพื่อการอัดประจุของแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่อง และจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ให้กับโหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงให้มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพมากขึ้น [6-8] จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้การควบคุมแบบการควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Voltage mode control) และ การควบคุมแบบการควบคุมกระแสไฟฟ้า (Current mode control) การควบคุมดังกล่าวยังมีข้อด้อยในเรื่องของปัจจัยต่างๆ เช่น ความเสถียรภาพ ประสิทธิภาพ การออกแบบที่ซับซ้อน รวมไปถึงข้อจำกัดบางอย่างที่การควบคุมดังกล่าวไม่สามารถทำการออกแบบได้ เช่น ปัญหาการควบคุมพลังงานที่ไม่คงที่และไม่ต่อเนื่อง ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะเกิดขึ้นกับวงจรแปลงผันที่มีการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น [5]

จากการศึกษาพบว่า การควบคุมแบบกฎการควบคุมไม่เป็นเชิงเส้นมีประสิทธิภาพสูงในการจัดการพลังงานที่ไม่คงที่และไม่ต่อเนื่อง ระบบนี้สามารถจัดการกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบไม่คงที่ขนาด 400-800 โวลต์, 25 กิโลวัตต์ และส่งคืนกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาด 700 โวลต์, 50 กิโลวัตต์ ไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า ขณะที่โหนดมีการเปลี่ยนแปลงให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพสูง วัตถุประสงค์ของบทความนี้ได้แก่ 1) เพื่อสำรวจศึกษาวิเคราะห์ และจำลองการทำงานของแบบวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในระบบผลิตไฟฟ้ากลับขณะเบรกของรถยนต์ไฟฟ้า โดยกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น 2) เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB Simulink การทำงานของแบบวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในระบบผลิตไฟฟ้ากลับขณะเบรกของรถยนต์ไฟฟ้า โดยกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น

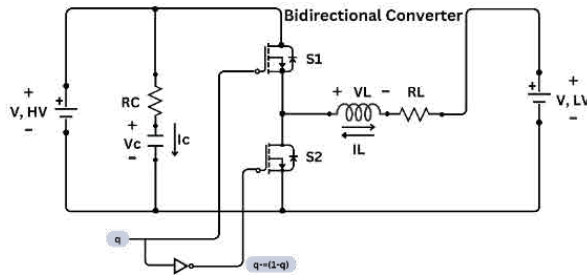
2. ระบบควบคุมกำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าของวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในสภาวะเบรกของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น

การออกแบบโครงสร้างของแบตเตอรี่ส่งและรับพลังงานไฟฟ้าผ่านวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางเริ่มจากการพิจารณาการทำงานของมอเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลส่งผ่านชุดเกียร์ เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าในกรณีที่รถยนต์เบรก พลังงานไฟฟ้าที่ได้ขณะเบรกจะเข้าสู่อินเวอร์เตอร์ผ่านวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางทำงานในโหมดวงจรแปลงผันลดทอนแรงดันไฟฟ้าเพื่ออัดประจุเข้าแบตเตอรี่ และเมื่อมีการขับเคลื่อน แบตเตอรี่จะเป็นแหล่งพลังงานหลักส่งพลังงานเข้าสู่วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางทำงานในโหมดแปลงผันวงจรทบแรงดันไฟฟ้าเพื่อส่งพลังงานเข้ากับอินเวอร์เตอร์เพื่อขับเคลื่อนรถไฟฟ้า [5] แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างของแบตเตอรี่ส่งและรับพลังงานไฟฟ้าผ่านวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง

วงจรแปลงผันไฟฟ้าแบบสองทิศทาง แสดงดังรูปที่ 2 เป็นวงจรที่สามารถทำงานได้ทั้งในโหมดการแปลงพลังงานจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งและในทางกลับกัน ซึ่งใช้งานได้อย่างหลากหลายโดยเฉพาะในระบบที่มีการอัดพลังงานไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ เป็นต้น [4,7]



รูปที่ 2 วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง

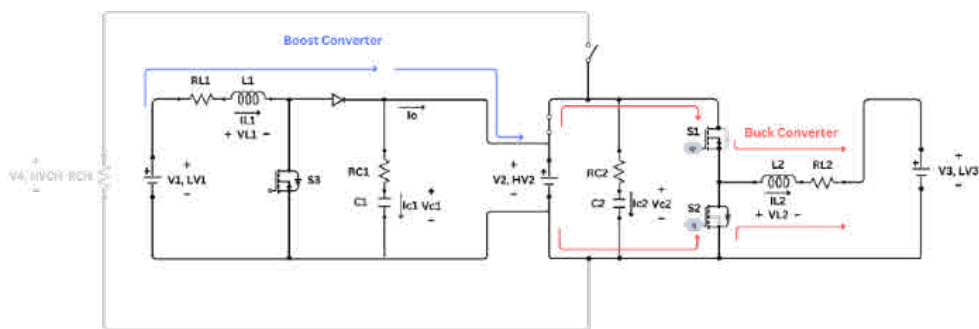
การทำงานของวงจรแปลงผันในแต่ละโหมด

โหมดที่ 1: โหมดวงจรแปลงผันลดทอนระดับแรงดันไฟฟ้า สวิตช์เปิดและปิดตามสัญญาณควบคุม เมื่อสวิตช์เปิด กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำไปชาร์จแบตเตอรี่และสะสมพลังงานในตัวเหนี่ยวนำและเมื่อสวิตช์ปิด พลังงานจากตัวเหนี่ยวนำจะถูกปล่อยออกมาชาร์จแบตเตอรี่

โหมดที่ 2: โหมดวงจรแปลงผันทบระดับแรงดันไฟฟ้า สวิตช์เปิดและปิดตามสัญญาณควบคุม เมื่อสวิตช์เปิด กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำและสะสมพลังงานในตัวเหนี่ยวนำและเมื่อสวิตช์ปิด พลังงานจากตัวเหนี่ยวนำจะถูกปล่อยออกมาไปยังโหลด [4,7]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ออกแบบวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์เข้าสู่การอัดประจุของแบตเตอรี่ พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากอินเวอร์เตอร์เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ไม่คงที่ ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบวงจรแปลงผันทบแรงดันไฟฟ้า เมื่อกำหนดแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงให้ได้แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงตามต้องการ ผ่านการควบคุมโดยกฎการควบคุมแบบกฎการควบคุมไม่เป็นเชิงเส้น เมื่อได้แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่ต้องการส่งแรงดันไฟฟ้าผ่านวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในสถานะการทำงานลดทอนแรงดันไฟฟ้าโดยกำหนดแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าต้องมากกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านแบตเตอรี่ เพื่อให้แบตเตอรี่เกิดสถานะอัดประจุโดยผ่านการควบคุมโดยกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์เข้ากับแบตเตอรี่

การจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Simulink โดยกำหนดการทำงานของกระบวนการทั้งหมด 20 วินาที ในช่วงเวลาที่ 1 ทำงาน ณ วินาทีที่ 0.0-0.7 วินาที สถานะการทำงานของแบตเตอรี่สถานะอัดประจุไฟฟ้า ในขณะช่วงเวลาเดียวกันพลังงานที่ผลิตได้จากขณะเบรก มีพลังงานที่ไม่คงที่ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ไม่คงที่จากอินเวอร์เตอร์เข้าสู่การอัดประจุของแบตเตอรี่

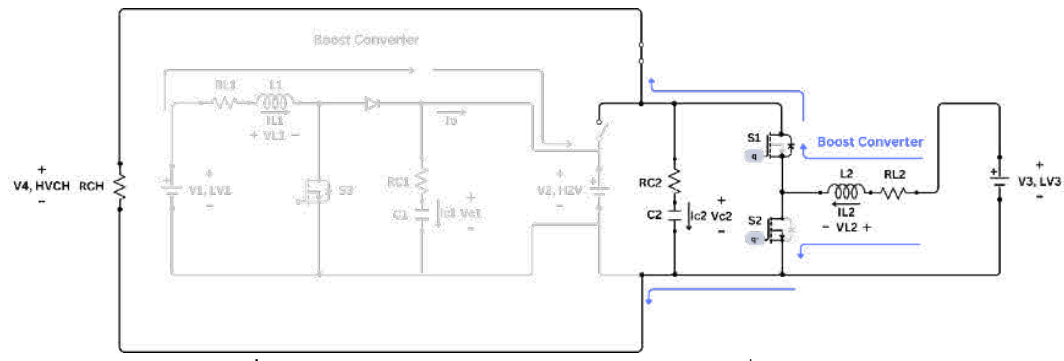
รายการ	ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ไม่คงที่ตามช่วงเวลา						
เวลา [วินาที]	0.0-1.5	1.5-2.5	2.5-3.0	3.0-4.5	4.5-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0
แรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ [โวลต์] V1, LV1	458.0	478.0	460.0	440.0	460.0	478.0	458.0

กำหนดพารามิเตอร์ในวงจรแปลงผันทบทแรงดันไฟฟ้าสำหรับรับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ไม่คงที่จากอินเวอร์เตอร์เข้าสู่การอัดประจุของแบตเตอรี่จากการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Simulink โดยกำหนดการทำงานในวินาทีที่ 0.0-0.7 วินาที ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์วงจรแปลงผันเมื่อพลังงานไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์เข้าสู่การอัดประจุของ แบตเตอรี่

รายการ	ค่าพารามิเตอร์
เวลา [วินาที]	0.0-7.0
แรงดันไฟฟ้าอ้างอิง [โวลต์]; V2, HV1	700.0
แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ [โวลต์]; V3, LV3	400.0
กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ [แอมแปร์ชั่วโมง]	200.0
ค่าตัวเหนี่ยวนำ ที่1 [ไมโครเฮนรี], โหลดตัวเหนี่ยวนำ ที่1 [โอห์ม]	100.0, 0.1
ค่าตัวเก็บประจุ ที่1 [ไมโครฟารัด], โหลดตัวเก็บประจุ ที่1 [มินลิโอห์ม]	560.0, 0.1
ค่าตัวเหนี่ยวนำ ที่2 [ไมโครเฮนรี], โหลดตัวเหนี่ยวนำ ที่2 [โอห์ม]	100.0, 0.1
ค่าตัวเก็บประจุ ที่2 [ไมโครฟารัด], โหลดตัวเก็บประจุ ที่2 [มินลิโอห์ม]	560.0, 0.1
โหลดในระบบ [โอห์ม]	20
ความถี่ [กิโลเฮิร์ตซ์]	25
วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง	วงจรแปลงผันลดทอนแรงดันไฟฟ้า

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากแบตเตอรี่เป็นแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าในแรงดันไฟฟ้าต่ำ ผ่านวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในสถานะวงจรแปลงผันทบทแรงดันไฟฟ้าให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าด้านเข้า และมีแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่คงที่ ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบวงทบทแรงดันไฟฟ้าเมื่อกำหนดแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงให้ได้แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงตามต้องการ ผ่านการควบคุมโดยกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น เมื่อได้แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่ต้องการส่งแรงดันไฟฟ้าผ่านวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในสถานะการทำงานทบทแรงดันไฟฟ้า และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนโหนดการควบคุมโดยกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังแสดงรูปที่ 4



รูปที่ 4 ออกแบบวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จ่ายประจุเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้า

การจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Simulink โดยกำหนดการทำงานของกระบวนการทั้งหมด 20 วินาที ในช่วงเวลาที่ 2 ทำงาน ณ วินาที 0.7-20.0 วินาที สถานะการทำงานของแบตเตอรี่ สถานะคายประจุของแบตเตอรี่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของโหลด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าโหลดที่เปลี่ยนแปลง เมื่อพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่คายประจุให้กับให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า

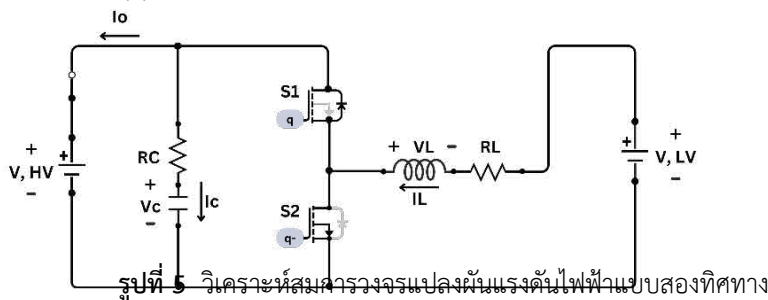
รายการ	ค่าพารามิเตอร์			
	เวลา [วินาที]	0.7	0.9	12.0
โหลดเปลี่ยนแปลง [โอห์ม], ต่อลักษณะขนานกัน	10	400	900	500

กำหนดพารามิเตอร์ในวงจรแปลงผันทบทแรงดันไฟฟ้าสำหรับจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าจากการคายประจุของแบตเตอรี่ให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีการเปลี่ยนแปลงของโหลด ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่คายประจุเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้า

รายการ	ค่าพารามิเตอร์
เวลา [วินาที]	0.7-20.0
แรงดันไฟฟ้าอ้างอิง [โวลต์]; V4, HVCH	700.0
แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ [โวลต์]; V3, LV3	400.0,
กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ [แอมแปร์ชั่วโมเมนต์]	200.0
โหลดในระบบ [โอห์ม]	10.0
ความถี่ [กิโลเฮิรตซ์]	25
วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง	วงจรแปลงผันทบทแรงดันไฟฟ้า

กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear Control Law) ช่วยแก้ปัญหาพลวัตของแรงดันไฟฟ้านำเข้าและด้านออก [8] จากนั้นวิเคราะห์สมการวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าแบบสองทิศทาง เพื่อแทนค่าสมการเพื่อหาค่าสมการของกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังสมการที่ (3)



$$KVL: \frac{dI_L}{dt} = \frac{V_{LV} - (rL \cdot I_L) - V_{HV} + (d \cdot V_{HV})}{L} \quad (1)$$

$$KCL: \frac{dV_{HV}}{dt} = (I_L - d \cdot I_L) - I_o - I_c \quad (2)$$

โครงสร้างสมการของกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น

$$\dot{x} = [J(x) - R(x)] \cdot \frac{\partial H(X)}{\partial X} + g(X) \cdot u + \xi \quad (3)$$

$J(x)$; พารามิเตอร์ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุในระบบ

$R(x)$; พารามิเตอร์ตัวต้านทานในระบบ

$\frac{\partial H(X)}{\partial X}$; สมการพลังงาน

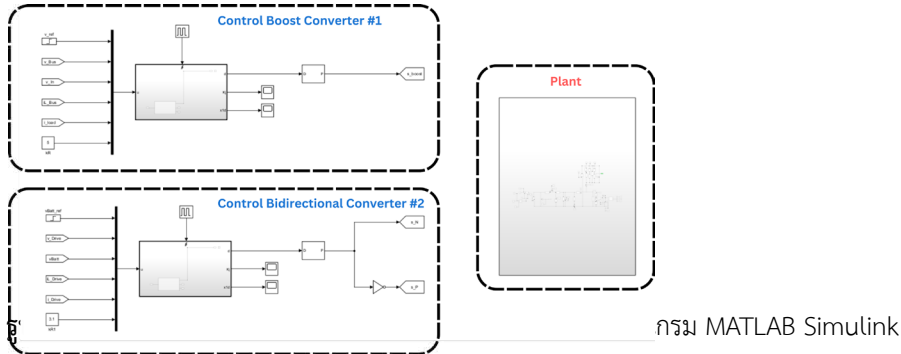
$g(X) \cdot u$; วัฏจักรการทำงาน

ξ ; แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

ฉะนั้น โครงสร้างสมการของกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น เท่ากับสมการของกฎการควบคุม

$$\begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{LC} + K_j \\ \frac{1}{LC} + K_j & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{r_L}{L} + K_r & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L(X_1 - X_{1d}) \\ C(X_2 - X_{2d}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{LC} \\ \frac{1}{LC} & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{r_L}{L} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LX_1 \\ CX_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{X_2}{L} \\ -\frac{X_1}{C} \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} \frac{V_{LV}}{L} \\ -\frac{I_o}{C} \end{bmatrix} \quad (4)$$

ไดอะแกรมสำหรับการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม MATLAB Simulink แสดงดังรูปที่ 6



กำหนดค่าคงที่ชุดควบคุมโดยกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น แสดงดังตารางที่ 5
ตารางที่ 5 กำหนดค่าคงที่เคออร์

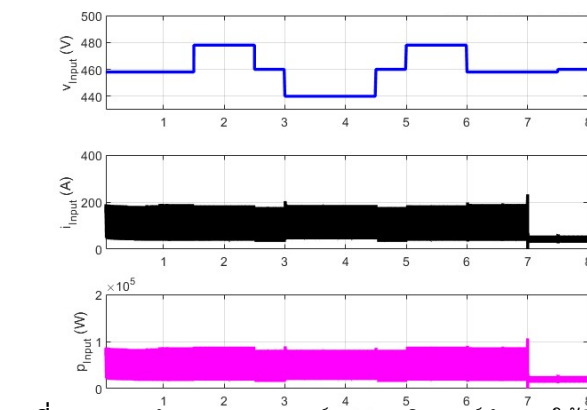
รายการ	ค่าคงที่
ค่าคงที่เคออร์ #1 (Kr Converter#1)	5.0
ค่าคงที่เคออร์ #2 (Kr Converter#2)	3.1

4. ผลการวิจัยและอภิปราย

การจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากลักษณะเบรกของรถยนต์ไฟฟ้า ใช้แหล่งจ่ายจากมอเตอร์ไฟฟ้าขณะเบรกทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไม่คงที่ ส่งพลังงานผ่านวงจรแปลงผันทบทวนแรงดันไฟฟ้าเพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าคงที่ แล้วส่งพลังงานเข้าวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อมอเตอร์กลับมาขับเคลื่อนรถยนต์ จะดึงพลังงานจากแบตเตอรี่มาใช้ ควบคุมด้วยกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 1 จะได้ผลจำลองในตารางที่ 6 และรูปที่ 5

ตารางที่ 6 ผลการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์กำหนดให้มีแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าไม่คงที่

รายการ	ผลที่ได้จากการจำลองบนคอมพิวเตอร์							
เวลา [วินาที]	0.0-1.5	1.5-2.5	2.5-3.0	3.0-4.5	4.5-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0
แรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ [โวลต์]	458.0	478.0	460.0	440.0	460.0	478.0	458.0	
กระแสไฟฟ้า [แอมแปร์]	113.9							
กำลังไฟฟ้าไม่คงที่ [กิโลวัตต์]	52.3							

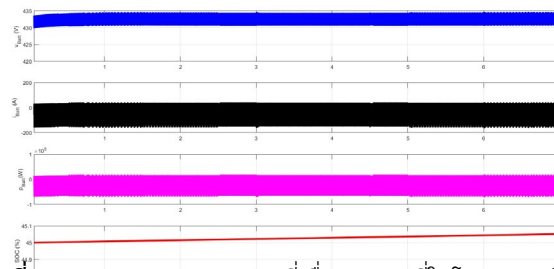


รูปที่ 7 ผลการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์กำหนดให้มีแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าไม่คงที่

ผลจากการจำลองของช่วงเวลาที่ 0.0-7.0 วินาที จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า (V_{Input}) เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เป็นเชิงเส้น กระแสไฟฟ้าด้านเข้า (I_{Input}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 113.9 แอมแปร์ และกำลังไฟฟ้าด้านเข้า (P_{Input}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 52.3 กิโลวัตต์ ผลที่ได้จากการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ โดยใช้กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังแสดงในตารางที่ 7 และรูปที่ 6

ตารางที่ 7 ผลการลองของแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่

รายการ	ค่าที่กำหนด
Time [S]	0.0-7.0
แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ [โวลต์]; V3, LV3	400.0,
กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ [แอมแปร์ชั่วโมง]	200.0
แรงดันไฟฟ้าอ้างอิง [โวลต์]; V4, HVCH	700.0
แรงดันไฟฟ้าไหลในแบตเตอรี่ [โวลต์]	50.0
โหมดการทำงานของแบตเตอรี่	อัดประจุไฟฟ้า
โหมดวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง	วงจรแปลงผันลดทอนแรงดันไฟฟ้า
แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย ขณะอัดประจุไฟฟ้า [โวลต์]	432.5
กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย [แอมแปร์ชั่วโมง]	-53.4
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ขณะอัดประจุไฟฟ้า [กิโลวัตต์]	-23.1

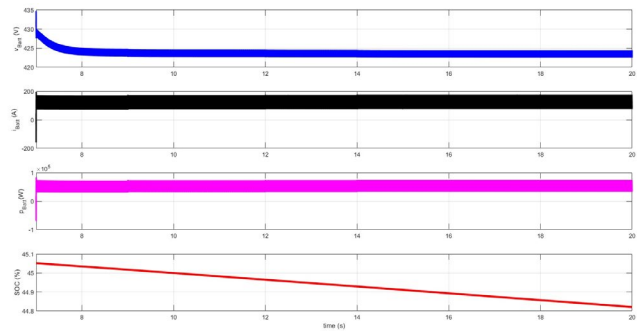


รูปที่ 8 ผลการลองของแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่

ผลจากการจำลองพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ (V_{batt}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 432.5 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ (I_{batt}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -53.4 แอมแปร์ พลังงานไฟฟ้า (P_{batt}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -23.1 กิโลวัตต์ และค่าของระดับการอัดประจุไฟฟ้า (State of Charge; SOC) มีค่ามากกว่า 45% ผลการจำลองของแบตเตอรี่เมื่ออยู่ในโหมดการคายประจุ โดยใช้กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้นแสดงในรูปที่ 9

ตารางที่ 8 ผลการลองของแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่ในโหมดการคายประจุของแบตเตอรี่

รายการ	ค่าที่กำหนด
เวลา [วินาที]	7.0-20.0
แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ [โวลต์]; V3, LV3	400.0,
กระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ [แอมแปร์ชั่วโมง]	200.0
แรงดันไฟฟ้าไหลในแบตเตอรี่ [โวลต์]	50.0
โหมดการทำงานของแบตเตอรี่	คายประจุไฟฟ้า
โหมดวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทาง	วงจรแปลงผันทบทวนแรงดันไฟฟ้า
ระยะเวลาชั่วคราวของแรงดันไฟฟ้า [วินาที]	2.0
แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย ขณะคายประจุไฟฟ้า [โวลต์]	423.6
กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย [แอมแปร์ชั่วโมง]	125.5
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ขณะคายประจุไฟฟ้า [กิโลวัตต์]	53.1

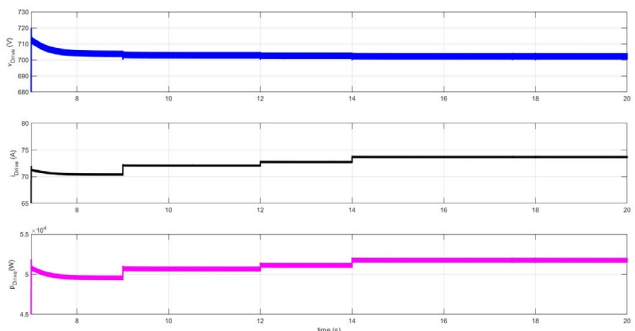


รูปที่ 9 ผลการลองของแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่ในโหมดการคายประจุของแบตเตอรี่

ผลจากการจำลองของช่วงเวลาที่ 0.0-7.0 วินาที จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ (V_{batt}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 423.6 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ (I_{batt}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 125.5 แอมแปร์ พลังงานไฟฟ้า (P_{batt}) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 53.1 กิโลวัตต์ และค่าของระดับการอัดประจุไฟฟ้า (State of Charge; SOC) มีค่าน้อยกว่า 45% ผลการจำลองที่ได้จากโหลดที่เปลี่ยนแปลงแสดงดังตารางที่ 9 และรูปที่ 8

ตารางที่ 9 ผลการจำลองเมื่อโหลดเปลี่ยน โดยใช้กฎควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้นให้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง

รายการ	ค่าที่กำหนด			
เวลา [วินาที]	0.7	0.9	12.0	14.0
โหลดเปลี่ยนแปลง [โอห์ม]	10	400	900	500
แรงดันไฟฟ้าอ้างอิง [โวลต์]; V4, HVCH	700.0			
ระยะเวลาชั่วคราวของแรงดันไฟฟ้า [มิลลิวินาที]	8.0	3.0	3.0	3.0
แรงดันไฟฟ้าเกิน [โวลต์]	718.8			
แรงดันไฟฟ้าตก [โวลต์]		700.0	704.1	699.8
แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย [โวลต์]			704.2	
กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย [แอมแปร์]	70.6	72.2	72.8	73.5
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย [กิโลวัตต์]	49.7	50.8	51.2	51.8



รูปที่ 8 ผลการจำลองเมื่อโหลดเปลี่ยน โดยใช้กฎควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้นให้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับแรงดัน อ้างอิงที่กำหนด

จากผลการจำลองการทำงาน พบว่า ณ ช่วงเวลาที่ 0.7-20.0 วินาที แรงดันไฟฟ้าด้านออก (V_{Drive}) เฉลี่ยมีค่า 704.2 โวลต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง 700 โวลต์ มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 99.4% ณ ช่วงเวลาที่ 0.7-0.9, 0.9-0.12, 0.12-0.14, 0.14-0.20 วินาที เมื่อกำลังไฟฟ้าอ้างอิงจากโหลดต่อกันแบบขนานเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลา 10, 400, 900, 500 โอห์ม เท่ากับ 49.0, 50.2, 50.7, 51.7 กิโลวัตต์ พบว่ากำลังไฟฟ้าด้านออก (P_{Drive}) เฉลี่ยมีค่า 49.7, 50.8, 51.2, 51.8 กิโลวัตต์ มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 98.59, 98.82, 99.02, 99.81% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบผลการทำงานของงานวิจัย [6] ในระดับแรงดันไฟฟ้าที่โหลดขนาด 96 โวลต์ พบว่ามีผลตอบสนองสอดคล้องกัน อีกทั้งบทความนี้ได้ยืนยันว่า กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น สามารถปรับค่าคงที่เคอาร์ (K_r) ผ่านสมการกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น จากสมการที่ 4 เพื่อหาค่ารอบของการทำงานในระดับที่เหมาะสม (Duty Cycle)

5.สรุปผล

จากการศึกษาลักษณะกำลังไฟฟ้าของวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้าสองทิศทางในสภาวะเบรกของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้กฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น พบว่าสามารถแก้ปัญหาและเพิ่มสมรรถนะรับ และส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง การออกแบบวงจรเรียบง่าย และมีประสิทธิภาพสูงถึง 99.81% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ และบุคลากรในหน่วยงาน และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนทุนการศึกษา “แก้วยอดคำล้านนา” ตามสัญญาเลขที่ KYKL-66-DENEE-006 จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักยุทธศาสตร์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2014). แผนยุทธศาสตร์ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2559 – 2564.
- [2] ANTBATT. (2019). Lifepo4 battery cell 18650-3.2V-1600mAh/rights belong to Antbatt Co. Ltd. Retrieved 20 June 2024 from <https://www.antbatt.com/wp-content/uploads/2019/09/18650-3.2V-1600mAh-datasheet.pdf>
- [3] Abhisek Karki, Sudip Phuyal, Daniel Tuladhar, Subarna Basnet, Bim Prasad Shrestha. (2020). Status of Pure Electric Vehicle Power Train Technology and Future Prospects. DOI: doi.org/10.3390/asi3030035
- [4] Bing-Zhang Chen, Hsuan Liao, Linda Chen, and Jiann-Fuh Chen. (2022). Design and Implementation of the Bidirectional DC-DC Converter with Rapid Energy Conversion. DOI: doi.org/10.3390/en15030898
- [5] Ioannis Karatzaferis, Emmanuel C. Tatakis, Nick Papanikolaou. (2017). Investigation of Energy Savings on Industrial Motor Drives Using Bidirectional Converters. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2748621
- [6] M. Jantra et al. (2023). Design and Modeling of A Hamiltonian Control Law for A Bidirectional Converter in DC Distribution Applications. 2023 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific), Chiang Mai, Thailand, 1-5. DOI: 10.1109/ITECAsia-Pacific59272.2023.10372198
- [7] Methawin Jantra, Uthen Kamnarn, Burin Yodwong, Anon Namin, & Charnyut Karnjanapiboon. (2023). Design and Modeling of A Hamiltonian Control Law for A Bidirectional Converter in DC Distribution Applications. 2023 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific. DOI: 10.1109/ITECAsia-Pacific59272.2023.10372198
- [8] Phatiphat Thounthong. (2021). Port-Hamiltonian Formulation of Adaptive Hamiltonian PID controller to Solve Constant Power Load Stability Issue in DC Microgrid: Control of a Fuel Cell Converter. 2021 IEEE 12th Energy Conversion Congress & Exposition-Asia (ECCE-Asia). DOI: 10.1109/ECCE-Asia49820.2021.9479070

การพัฒนากระบวนการซื้อสินค้าด้วยวิธีการแตะเพื่อซื้อบนเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะใกล้ (NFC) กรณีศึกษาร้านสหกรณ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อติกานต์ พุ่มบุญ¹ และ สุทธิศักดิ์ สุขัมศรี^{2*}

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
41/1 หมู่ 7 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

Email: ¹athikan_fo64@live.rmutl.ac.th, ^{2*}sutthisak@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การซื้อขายออนไลน์มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องเนื่องจากความสะดวกและคุณภาพของบริการที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้า การนำเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะใกล้ (NFC) มาใช้เพื่อส่งเสริมการขายออนไลน์มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มโอกาสทางธุรกิจ โดยเฉพาะสำหรับร้านค้าสหกรณ์ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบร้านค้าเสมือนที่ใช้เทคโนโลยี NFC เพื่อเพิ่มช่องทางการเข้าถึงสินค้าและสร้างประสบการณ์การซื้อที่ดีให้กับลูกค้า การติดป้ายสินค้าที่มีแถบ NFC ในพื้นที่สำคัญภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่จำนวน 20 จุด เพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำธุรกิจออนไลน์และเพิ่มยอดขาย นอกจากนี้ ยังพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถจัดการลิงก์ URL ของสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้ช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถเพิ่ม แก้ไข และจัดการ URL สินค้าได้อย่างง่ายดาย ผู้ใช้สามารถแตะแถบ NFC เพื่อเข้าถึงข้อมูลสินค้าผ่านลิงก์ URL ที่กำหนดไว้ จากระยะเวลาในการทดสอบระบบในเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน 2567 มีจำนวนการซื้อของผ่านร้านค้าเสมือนมากกว่า 1,200 ครั้ง จะเห็นได้ว่าบริการร้านค้าเสมือนผ่านระบบ NFC นี้ช่วยให้ลูกค้าเข้าถึงข้อมูลสินค้าได้สะดวกขึ้น และยังสามารถขยายผลนำข้อมูลวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการต่อไป

ความสำคัญ ร้านค้าเสมือน, เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะใกล้, การซื้อสินค้าออนไลน์, พาณิซย์อิเล็กทรอนิกส์

A Development of a Virtual Retail Store System Using Near Field Communication (NFC) Technology: A Case Study of the Chiang Mai University Cooperative Store

Atikan Foomboon¹, Sutthisak Sukhamsri^{2*}

Information Technology, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology
Lanna Tak, 41/1 moo 7 Paholayothin road, Tak, Thailand, 63000

Email: ¹athikan_fo64@live.rmutl.ac.th, ^{2*}sutthisak@rmutl.ac.th

Abstract

Online shopping has been continuously growing due to the convenience and quality of services that meet customer needs. The adoption of Near Field Communication (NFC) technology to promote online sales is crucial in increasing business opportunities, especially for cooperative stores at Chiang Mai University. This research aims to develop a virtual store system using NFC technology to enhance product accessibility and provide a better shopping experience for customers. NFC-tagged product labels are installed in 20 key locations within Chiang Mai University to facilitate online business and increase sales. Additionally, a web application system has been developed to efficiently manage product URL links, allowing operators to add, edit, and manage product links more conveniently. Users can scan NFC tags to access product information via predefined URL links. During the system testing period from April to June 2024, over 1,200 purchases were made through the virtual store. This indicates that the virtual store service via the NFC system helps customers access product information more conveniently and can further utilize the data for analysis to improve service efficiency.

Keywords: Virtual retail store, Near Field Communication (NFC), Online shopping, E-Commerce

1. บทนำ

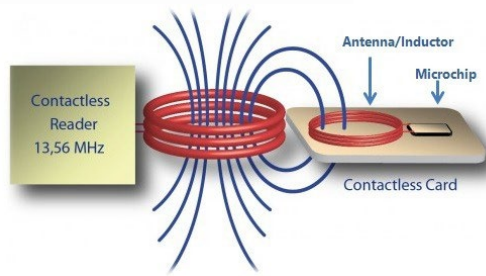
มูลค่าการขายสินค้าช่องทางออนไลน์ในช่วงปี 2561 ถึง 2566 มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดย ช่องทางออนไลน์จะยังคงเป็นช่องทางการซื้อสินค้าที่มีการเติบโตที่รวดเร็วกว่าช่องทางออฟไลน์ เนื่องจากปัจจัย ต่างๆ เช่น พฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป โดยหันมาซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น เนื่องจากความ สะดวก รวดเร็ว และคุ้มค่า การพัฒนาของเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการซื้อ สินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ เช่น บริการจัดส่งสินค้าถึงบ้าน บริการรับชำระเงินปลายทาง เป็นต้น จากข้อมูลของ บริษัทศูนย์วิจัยกสิกรไทย มูลค่าการซื้อขายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทยในปี 2565 จะมีมูลค่าประมาณอยู่ที่ 4.5 แสนล้านบาท และในปี 2566 จะมีมูลค่าประมาณอยู่ที่ 5 แสนล้านบาท ในส่วนของช่องทางออฟไลน์มูลค่าการซื้อขายจะยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่องแต่มีอัตราการเติบโตที่ชะลอลง เนื่องจากการแข่งขันจากช่องทางออนไลน์ โดยมูลค่าการซื้อขายผ่านช่องทางออฟไลน์ในประเทศไทยในปี 2565 จะมีมูลค่าอยู่ที่ 1 แสนล้านบาท และในปี 2566 จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1 หมื่นล้านบาท คาดว่ามูลค่าการซื้อขายออนไลน์ ของไทยจะแตะ 7.5 แสนล้านบาทในปี 2568

จากข้อมูลข้างต้นแนวโน้มการซื้อขายออนไลน์ที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากความสะดวกสบายและคุณภาพของบริการที่ผู้บริโภคต้องการ เทคโนโลยีที่มีความสามารถในการสื่อสารไร้สาย เช่น NFC (Near Field Communication) กำลังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเพิ่มโอกาสทางธุรกิจและสร้างสรรค์ประสบการณ์การซื้อ ขายออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับร้านค้าภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ต้องการปรับตัวเข้ากับแนวโน้มนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในยุคดิจิทัล และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำธุรกิจ ออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้เทคโนโลยี NFC เป็นตัวช่วยสำคัญในการสร้างประสบการณ์ การซื้อขายที่เร็วกว่าและสะดวกยิ่งขึ้น เนื่องจากผู้ใช้สามารถทำรายการได้โดยง่ายและไม่จำเป็นต้องใช้แอปพลิเคชัน หรือ กล้องถ่ายภาพ เพียงแค่สมาร์ทโฟนกับชิป NFC ข้อมูลก็สามารถถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ได้ทันที นอกจากนี้ NFC Tag ยังมีระดับความปลอดภัยที่สูงกว่า QR Code เนื่องจากสามารถตั้งค่าให้มีการเข้ารหัส ข้อมูลได้ เพิ่มความยากต่อการปลอมแปลงหรือการถูกดักจับข้อมูลที่อาจเกิดขึ้น

ดังนั้น ผู้จัดทำมีวัตถุประสงค์ชัดเจนที่จะพัฒนาระบบร้านค้าเสมือนโดยใช้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะใกล้ (NFC) เพื่อเพิ่มช่องทางการเข้าถึงสินค้าให้กับร้านค้าสหกรณ์ของนักศึกษาและบุคลากรในพื้นที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และเพิ่มโอกาสในการทำการซื้อขายสินค้าอย่างง่ายและสะดวกขึ้น โดยการติดตั้งป้ายสินค้าที่ใช้ชิป NFC โดยสินค้าที่ใช้ในการสร้างร้านค้าเสมือนในขั้นตอนนี้ จะเป็นสินค้าในกลุ่มของที่ระลึกที่มี ตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อาทิ แก้วน้ำ, กระจบอกน้ำ, เสื้อผ้า, ของที่ระลึก ซึ่งได้ดำเนินการติดตั้งไว้ที่พื้นที่ที่มีศักยภาพในการขาย และมีผู้คนอยู่หนาแน่น จำนวน 20 จุด ได้แก่ ตู้บริการขายน้ำดื่มอัตโนมัติ, จุดจอดรถโดยสาร และบริเวณโรงอาหารหอพัก เพื่อเพิ่มช่องทางการขายและความสะดวกในการทำธุรกิจออนไลน์ และเสริมประสบการณ์การซื้อสินค้าที่ดีให้กับลูกค้า นอกจากนี้ยังช่วยในการปรับใช้ระบบให้เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้าอีกด้วย เพื่อเพิ่มโอกาสในการขายสินค้าออนไลน์อย่างต่อเนื่องในอนาคต การนำเทคโนโลยีที่สามารถสื่อสารไร้สายระยะใกล้ (NFC) เข้ามาใช้ในธุรกิจการขายสินค้าออนไลน์มีความสำคัญ เนื่องจากสามารถสร้างประสบการณ์การซื้อที่สะดวกสบายซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มยอดขาย และ ประสบการณ์ใหม่ ของลูกค้าในการซื้อสินค้าผ่านระบบออนไลน์ของร้านสหกรณ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

John Fallows (2017) กล่าวถึงการทำงานของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะใกล้ (Near Field Communication: NFC) ว่ามีความคล้ายคลึงกับเทคโนโลยี RFID (Radio-Frequency Identification) ที่อยู่ในบัตรรักษาความปลอดภัยต่าง ๆ เป็นอย่างมาก อาจกล่าวได้ว่า NFC เป็นการนำ RFID มาปรับปรุงให้มีความปลอดภัยสูงขึ้น และมีคุณสมบัติในการทำงานที่ดีกว่า แต่หลักการพื้นฐานที่ใช้ทำงานนั้นมีลักษณะเช่นเดียวกัน กล่าวคือ NFC ใช้หลักการเหนี่ยวนำระหว่างขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ชั้น ที่มีอยู่ในอุปกรณ์ที่รองรับ NFC โดยอาจเป็นการสื่อสารแบบทางเดียว (รับ หรือส่ง) หรือสองทาง (ทั้งรับทั้งส่ง) ก็ได้ ทำงานบนความถี่วิทยุในย่าน 13.56 MHz ตามมาตรฐาน ISO/IEC 18000-3 ซึ่งมีอัตราการรับส่งข้อมูลอยู่ที่ประมาณ 106-848 kbit/s ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานพื้นฐานของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะใกล้

จะเห็นได้ว่า NFC เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่มีระยะเชื่อมต่อใกล้ ที่มีพิสัยในการทำงาน ในระยะไม่เกิน 5 เซนติเมตร ผ่านคลื่นความถี่ 13.56 MHz ตามมาตรฐาน ISO/IEC 18000-3 โดยมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลตั้งแต่ 106 kbit/s ถึง 424 Kbit/s รองรับการทำงานแบบ Peer-to-peer ซึ่งมีขั้นตอนการกระตุ้นการทำงาน (Initiator) และการระบุข้อมูลเป้าหมาย (Target) โดยขั้นตอน Initiator จะสร้างสนามแม่เหล็ก RF Field เพื่อให้ Target สามารถรับสัญญาณไร้สายได้ ด้วยคุณสมบัตินี้ช่วยให้อุปกรณ์ NFC Target ออกแบบได้ในหลากหลายรูปแบบ มีขนาดเล็ก และเบา เนื่องจากไม่ต้องมีร้านค้าเสมือนของร้านสหกรณ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สุทธาทิพย์ นิธิสิริพงศ์ (2558) ร้านค้าเสมือนเป็นรูปแบบธุรกิจประเภท ธุรกิจกับผู้บริโภค (Business to Consumer: B2C) บริษัท โคมพลัส เทสโก้โลตัสในประเทศไทยกล่าวถึงเห็นว่า ผู้บริโภคไม่มีเวลาที่จะเดินทางไปซื้อสินค้าที่ห้างซูเปอร์มาร์เก็ต จึงพัฒนาร้านค้าเสมือนขึ้นติดตั้งอยู่บริเวณรถไฟฟ้าใต้ดินทั่วประเทศกล่าวกันว่านี่เป็นโปรสเตอร์ที่ติดบนผนังที่มีลักษณะคล้ายห้างซูเปอร์มาร์เก็ต โดยบริเวณใต้ภาพจะมีรหัสคิวอาร์ที่ให้ผู้บริโภคสามารถนำกล้องของตนเองขึ้นมาถ่ายได้เหมือนเป็นการหยิบสินค้าลงรถเข็นเสมือนในระหว่างรอรถไฟฟ้าใต้ดิน และสินค้าที่ผู้บริโภคสั่งจะไปส่งถึงหน้าประตูบ้าน จากความสำเร็จของ โคมพลัส เทสโก้โลตัสในประเทศไทยทำให้มีการวางแผนจะพัฒนาต่อไปที่แหล่งกำเนิดพลังงาน หรือแบตเตอรี่ เช่น ป้าย, สติกเกอร์, พวงกุญแจ, บัตรเครดิต, และคีย์การ์ด เป็นต้น ซึ่งในโครงการวิจัยนี้ ได้ใช้ NFC Target เป็นแผ่นสติกเกอร์ขนาดเล็ก ติดตั้งภายใต้ภาพโปรสเตอร์สินค้า เพื่อใช้แทนการสร้างลิงค์ติดต่อกับระบบการซื้อสินค้าออนไลน์ของร้านสหกรณ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นรูปแบบร้านค้าเสมือนที่มีความยืดหยุ่น ในการสร้างสื่อประชาสัมพันธ์ และสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของจุดติดตั้งที่ต่างกักัน ซึ่งรองรับการสร้างบริษัท โอคาโต้ จำกัดที่เป็นร้านค้าซูเปอร์มาร์เก็ตออนไลน์ในประเทศอังกฤษต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2

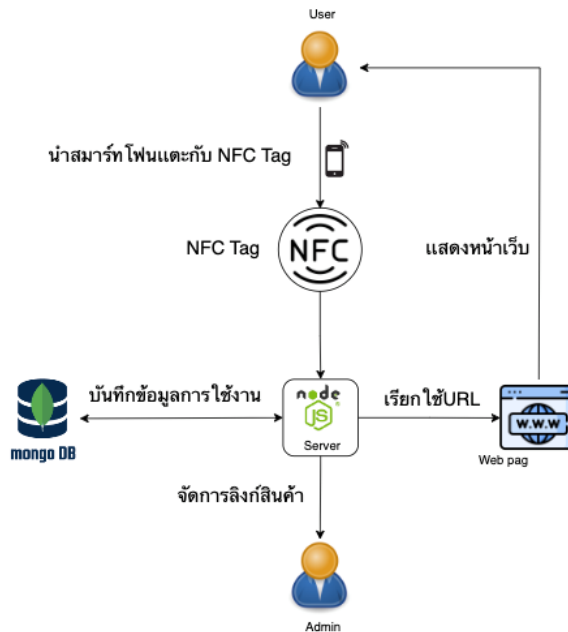
จากกรณีศึกษาข้างต้น จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยี NFC มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลให้กับทางร้านในการบริการลูกค้าด้วยต้นทุนที่ต่ำ ตัวแอปพลิเคชันเพิ่มความสะดวกสบายและความรวดเร็วให้กับลูกค้า โดยสามารถช่วยให้ลูกค้าสั่งซื้อสินค้าจากส่วนไหนก็ได้ของทางร้าน นอกจากนั้นยังมีการแจ้งข้อมูลลำดับและเวลาโดยประมาณให้กับลูกค้า ลูกค้าสามารถนั่งในร้านหรือพื้นที่รอบๆ และมารับสินค้าเมื่อมีข้อความแจ้งเตือน เทคโนโลยี NFC ยังใช้ในการยืนยันตัวบุคคลเมื่อลูกค้ามารับสินค้าอีกด้วย เป็นการแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีตัวเดียวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบเพื่อตอบโจทย์ความต้องการขององค์กรที่หลากหลาย



รูปที่ 2 แสดงภาพร้านค้าเสมือนที่ใช้เทคโนโลยี QR Code ที่ติดในขบวนรถไฟฟ้า BTS

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

สืบเนื่องจากการซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ไม่เพียงเพื่อความสะดวกในการซื้อสินค้าเท่านั้น แต่ยังช่วยลดเวลาการเดินทางและประหยัดค่าใช้จ่ายให้กับผู้ซื้อด้วย ทางผู้วิจัยได้พัฒนาระบบที่ช่วยเพิ่มช่องทางการขายผ่านการออกแบบและติดตั้งโปสเตอร์ในสถานที่ต่างๆที่เป็นจุดสนใจของลูกค้าเพื่อเสนอสินค้าและบริการของกิจการอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีลำดับขั้นตอนการใช้งานเพื่อดำเนินการสั่งซื้อสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงผังการทำงานภาพรวมของระบบ

ขั้นตอนเริ่มต้น เมื่อผู้ใช้นำสมาร์ตโฟนแตะที่โปสเตอร์สินค้าที่มีโลโก้ NFC ระบบจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ ลิงก์จะถูกส่งไปยังสมาร์ตโฟนของผู้ใช้และแสดงผลหน้าเว็บการสั่งซื้อสินค้าทำให้ผู้ใช้งาน สามารถทำการเลือกซื้อและชำระเงินได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ระบบยังเก็บข้อมูลการเข้าใช้งานของลูกค้า เช่น เวลาในการเข้าชม การเลือกซื้อสินค้าเพื่อให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมและปรับปรุงการบริการได้ ขั้นตอนต่อมาจะมีการการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลนี้จะช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถพัฒนาและปรับปรุงการขายสินค้าและบริการให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถสร้างประสบการณ์ที่ดีลูกค้าได้อย่างตรงเป้าหมาย

3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

3.1.1 รวบรวมความต้องการและศึกษาข้อมูลพฤติกรรมผู้ใช้

ศึกษาพฤติกรรมในการเลือกซื้อสินค้าของผู้ใช้ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อนำมาวิเคราะห์และพัฒนาระบบร้านค้าเสมือนให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้

3.1.2 วิเคราะห์ระบบงานและการออกแบบระบบงาน

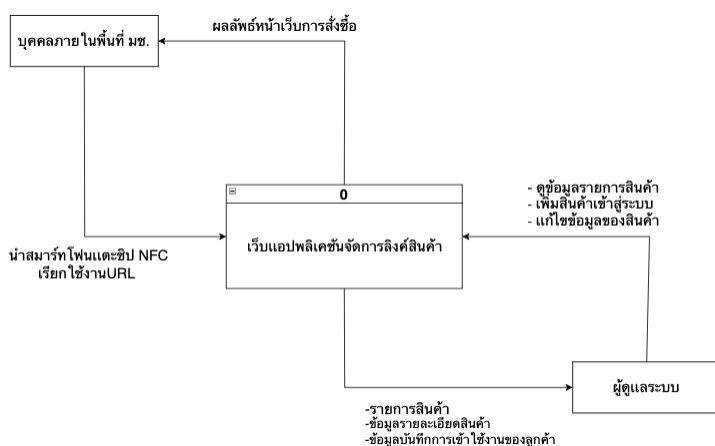
การเพิ่มยอดขายให้กับร้านค้าสหกรณ์ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่สามารถทำได้โดยการนำระบบจัดการสินค้าในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันเข้ามาใช้ ระบบนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการสินค้าและการขาย แต่ยังสามารถเก็บข้อมูลพฤติกรรมผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลที่ได้จากระบบจะสามารถนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงรูปแบบการขายให้ตรงกับความต้องการและพฤติกรรมของผู้ใช้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถเพิ่มยอดขายและประสบการณ์ที่ดีให้กับลูกค้าได้ในระยะยาว

- 1) การออกแบบโปสเตอร์สินค้า ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ Adobe Photoshop
- 2) การออกแบบหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้บริการโดยใช้ไลบรารี React JavaScript ในการสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) และเว็บแอปพลิเคชันที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลบ่อยๆ
- 3) เครื่องมือในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลได้แก่ Node.js สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันฝั่งเซิร์ฟเวอร์, MongoDB เป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูล, และ Microsoft Visual Studio Code เป็นเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์หลัก

การออกแบบระบบการทำงานด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล Data Flow Diagram (DFD) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน NFC ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำธุรกรรมได้อย่างสะดวกสบายและปลอดภัย แต่ยังช่วยให้ระบบมีความถูกต้อง การปรับปรุงความปลอดภัยและเพิ่มประสิทธิภาพได้มีการพัฒนาขึ้นมากขึ้น ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้การดำเนินงานของธุรกิจเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังแสดงรูปที่ 4

ระบบใช้งานผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่ออกแบบมาเพื่อจัดการลิงก์ของสินค้า ผู้ดูแลระบบจะมีสิทธิ์ในการเข้าถึงและจัดการข้อมูล ระบบมีฟังก์ชันการทำงานการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ดูแลระบบ ได้ดังนี้

- 1) เพิ่มสินค้าใหม่เข้าสู่ระบบ: ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มข้อมูลของสินค้าใหม่ลงในระบบได้ รวมถึงรายละเอียดเกี่ยวกับสินค้า เช่น ชื่อสินค้า ราคา และคำอธิบาย
- 2) แก้ไขข้อมูลสินค้า: ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขข้อมูลของสินค้าที่มีอยู่ในระบบได้ เช่น ปรับปรุงราคาแก้ไขรายละเอียดหรือเปลี่ยนลิงก์สินค้า



รูปที่ 4 Context Diagram เว็บแอปพลิเคชันจัดการลิงก์ของสินค้า

- 3) จัดการลิงก์ URL: ผู้ดูแลระบบสามารถเชื่อมโยงหรือเปลี่ยนแปลงลิงก์ URL ของสินค้าได้ตามที่ต้องการ เพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้าถึงการสั่งสินค้าได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว
- 4) การตรวจสอบข้อมูล: ผู้ดูแลระบบสามารถดูข้อมูลสถิติการคลิกลิงก์สินค้า เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และปรับปรุงการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพผู้ดูแลระบบจะเป็นคนที่มีสิทธิสูงสุดในการเข้าถึงและจัดการข้อมูลทั้งหมดในระบบ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการรักษาความปลอดภัย และประสิทธิภาพของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

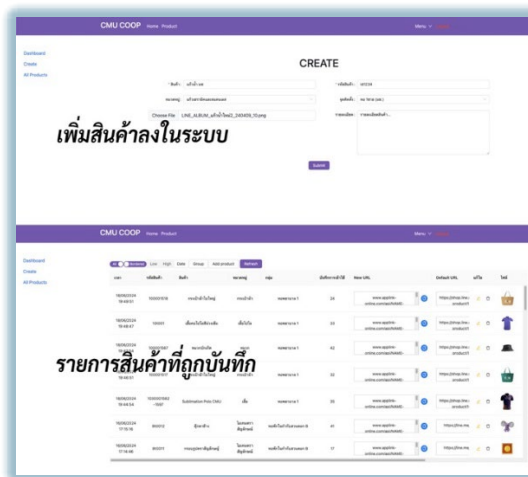


รูปที่ 5 แสดงภาพการติดตั้งร้านค้าเสมือน ณ จุดบริการเครื่องขายน้ำดื่มอัตโนมัติ

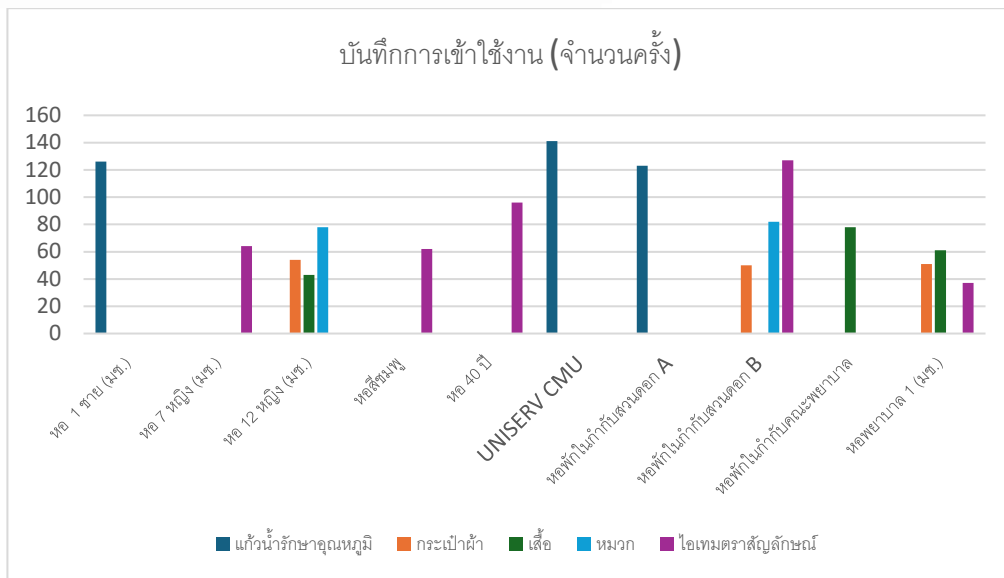
4. ผลการวิจัย

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมในการเพิ่มรายการสินค้าเข้าสู่ระบบเริ่มต้นด้วยการกรอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เช่น รหัสสินค้า ชื่อสินค้า ลิงค์ของสินค้า (URL) และรายละเอียดเพิ่มเติมอื่นๆ เมื่อผู้ใช้กรอกแบบฟอร์มเพิ่มสินค้าเสร็จเรียบร้อย ระบบจะสร้าง URL ใหม่ซึ่งจะลิงก์ไปยัง URL หลักที่กรอกในแบบฟอร์ม ระบบยังสามารถบันทึกการเข้าใช้งานของ URL ที่สร้างใหม่นี้ได้อีกด้วย ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไข URL ต้นทางผ่านระบบ และมีการบันทึกข้อมูลการเข้าใช้งานของผู้ที่เข้าชมสินค้าผ่านการแตะ NFC Tag ที่อยู่บนโปสเตอร์ ทั้งนี้ระบบได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถติดตามและบันทึกการเข้าใช้งานของผู้ใช้ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เข้าชมสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 6

จากการทดลองใช้งานจริงของผู้ใช้ พบว่า การเลือกซื้อสินค้าผ่านระบบที่ออกแบบใหม่นี้มีความเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยข้อมูลการบันทึกการเข้าใช้งานในช่วงวันที่ 20 เมษายน 2567 ถึง 15 มิถุนายน 2567 แสดงให้เห็นว่ามีการเข้าใช้ระบบที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งบ่งบอกถึงความนิยม และความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบนี้มากยิ่งขึ้น การเพิ่มขึ้นของจำนวนการเข้าใช้งานแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการพัฒนาระบบที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังเป็นสัญญาณที่ดีในการวางแผนการขยายการใช้งานในอนาคต เพื่อให้ครอบคลุมการให้บริการที่มีประสิทธิภาพและตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง จากบันทึกการเข้าใช้งานจากผู้ใช้ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 20 เมษายน 2567 ถึง 15 มิถุนายน 2567 ตามจุดติดตั้งต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 7



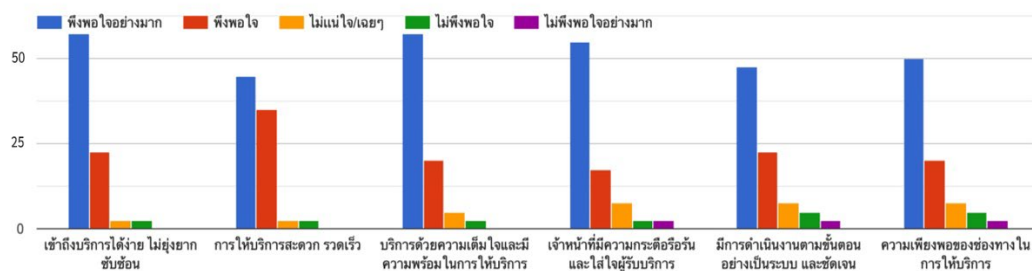
รูปที่ 6 แสดงภาพหน้าจอของระบบเพื่อทำการแก้ไขรายละเอียดสินค้าบนร้านค้าเสมือน



รูปที่ 7 แสดงจำนวนการใช้บริการร้านค้าเสมือนในจุดติดตั้งต่าง ๆ

นอกจากนี้ การประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้ที่ตอบยังสะท้อนถึงความสำเร็จของระบบได้อย่างชัดเจน จากการสำรวจพบว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสูงในด้านต่าง ๆ เช่น ความสะดวกในการใช้งาน ความรวดเร็วในการสั่งซื้อ และการบริการลูกค้าที่เป็นมิตร คะแนนความพึงพอใจที่ได้รับจากแบบสอบถามแสดงให้เห็นถึงระดับความพึงพอใจที่สูง ซึ่งยืนยันถึงความสำเร็จของระบบในการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างดีเยี่ยม ดังแสดงในภาพที่ 8

ประเด็นความพึงพอใจ



รูปที่ 8 ระดับความพึงพอใจในการให้บริการจากผลการประเมินของผู้ใช้

5. สรุปและอภิปรายผล

การเพิ่มช่องทางในการขายให้กับร้านค้าเสมือนในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ผ่านการใช้ช่องทางการขายสินค้าออนไลน์ในรูปแบบร้านค้าเสมือน เป็นก้าวสำคัญที่ช่วยขยายและเสริมสร้างการขายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้ได้ติดตั้งป้ายประกาศหรือโปสเตอร์ที่มีชิป NFC ที่จุดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่จำนวน 20 จุด เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าได้ง่ายขึ้น ระบบยังมีความสามารถในการจัดการ URL ของสินค้าและติดตามการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ โดยแบ่งผู้ใช้เป็นสองกลุ่มหลัก

1) กลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องทั้งในและนอกมหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เมื่อผู้ใช้สแกนโปสเตอร์ NFC ของสินค้าบนมือถือ จะเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์ที่ให้บริการซื้อสินค้าออนไลน์หรือแอปพลิเคชันของมหาวิทยาลัย เพื่อให้สามารถทำการซื้อสินค้าออนไลน์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

2) กลุ่มผู้ให้บริการ: ผู้ให้บริการสามารถจัดการรายการสินค้าผ่านระบบจัดการสินค้าได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเดินทางไปยังจุดบริการต่าง ๆ เพื่อทำการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนข้อมูล

การใช้เทคโนโลยี NFC และระบบจัดการสินค้านี้ช่วยให้ผู้ใช้ได้รับประสบการณ์การเข้าถึงข้อมูลและการซื้อสินค้าที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถจัดการและปรับเปลี่ยนข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็ว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณร้านสหกรณ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่อย่างสูง ที่ได้เป็นส่วนหนึ่งในความสำเร็จของงานวิจัยนี้ ผลการวิจัยได้รับความสำเร็จอย่างมาก และเราขอขอบคุณอาจารย์และนักศึกษาทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการ นอกจากนี้ ยังหวังว่างานวิจัยนี้จะมีประโยชน์ และยินดีรับฟังคำแนะนำเพื่อการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

7. เอกสารอ้างอิง

บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2560). ศูนย์วิจัยกสิกรไทยยังคงประมาณการผลิตภัณฑ์ GDP การเศรษฐกิจไทย. สืบค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.kasikornresearch.com>

ชนิวุฒิ์ เตชานุวัตร. (2560). ตีแผ่สมรรถภูมิ E-commerce ไทย ตรงไหนคือโอกาส. สืบค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2566, จาก <https://advicecenter.kkpfpg.com>

พรรณเชษฐ ฐ ลำพูน. (2560). การเพิ่มประสิทธิภาพการบริการผ่าน NFC กรณีศึกษา ร้านเบเกอรี่และกาแฟ. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2566, จาก <https://so05.tcithaijo.org/index.php/pimjournal/article/view/85046>

สุรชาติพย์ นิธิสิริพงศ์. (2559). อิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความตั้งใจในการใช้แอปพลิเคชันสแกนคิวอาร์โค้ด ซื้อสินค้าจากร้านค้าเสมือน (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สืบค้นจาก <https://tdc.thailis.or.th/tdc/>

Fallows, J. (2017). NFC Tags: How they Work. สืบค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2566, จาก <https://fallows.ca/wp/insights/nfc-tags-how-they-work/>

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องสำหรับปั๊มชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง

เชษฐ อุทัยยิ่ง^{1*} และเกรียงไกร ธารพรศรี¹

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*E-mail, chet_tde@hotmail.com

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องสำหรับปั๊มชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง เพื่อถอดตัดขึ้นรูปชิ้นงานฉากแขวนติดผนังวัสดุชิ้นงานเป็นอะลูมิเนียมเกรด 1100 ที่มีขนาดเล็กจึงทำให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปสาธิตประกอบการเรียนการสอนในที่ต่าง ๆ เพื่อให้นักศึกษาที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับแม่พิมพ์ต่อเนื่องสามารถศึกษาและทดลองได้โดยตรง ซึ่งจะทำให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของแม่พิมพ์ต่อเนื่องมากขึ้น

จากการทดลองแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องสำหรับชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง โดยใช้เครื่องเพรสแมคคาทรอนิกส์ 80 ตัน ทดสอบกับแผ่นอะลูมิเนียมขนาดความกว้าง 36 มิลลิเมตรหนา 1 มิลลิเมตร และใช้อุปกรณ์ป้อนแผ่นงานเป็นตัวส่งแผ่นงาน แล้วสังเกตการทำงานทั้ง 6 สถานี ถัดตัดให้เป็นชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง โดย สถานีที่ 1 งานเจาะรู ขนาด 3 มม. และ 8 มม. สถานีที่ 2 งานปั๊มมุมตัวอักษร สถานีที่ 3 งานตัดขอบ สถานีที่ 4 วาง สถานีที่ 5 งานพับขอบและ สถานีที่ 6 งานถอดตัดขาด แม่พิมพ์ใช้แรงกดตัดทั้งหมดอยู่ที่ 45.556 กิโลนิวตัน ทำให้การขึ้นรูปของทั้ง 6 สถานี นั้นสามารถได้ชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง

คำสำคัญ: แม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง, ชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง, อะลูมิเนียมเกรด 1100

Design and making of a progressive die for forming wall hanging scene part

Chet Uthiyong^{1*} and Krangkai Tanponsri¹

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna,
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiangmai, Thailand, 50300

*E-mail, chet_tde@hotmail.com

Abstract

Design and making of a progressive die for forming wall hanging scene part. The material is using aluminum the 1100 grade, which is small and easy to move for demonstration in various places. So that students will be able to study and experiment directly. This will give students a better understanding of the working process for progressive die.

For this experiment, progressive die stamping tool using the 80 tons mechanical press, tested with 36 mm wide, 1 mm thick aluminum sheet and using a sheet feeder to deliver the sheet. The total of work processes are 6 stations. station 1 is piercing of 3 mm and 8 mm holes. station 2 is embossing, station 3 is notching, station 4 free, station 5 is wiping and station 6 is cutting the total cutting pressure of the die is 45.556 kilonewtons the cutting presses of all 6 stations are to forming workpieces that can be wall hanging scene part.

Keyword: Progressive Die, Stamping for Wall Hanging Scene Part, Aluminum Grad 1100

1. บทนำ

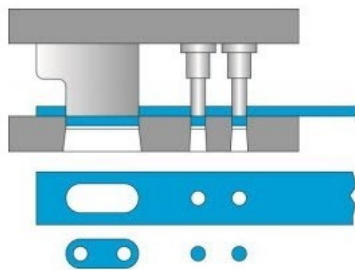
ในปัจจุบันกระบวนการทำแม่พิมพ์ต่อเนื่อง (Progressive Die) ถือเป็นอีกกรรมวิธีที่สามารถทำงานได้หลายสถานี (Station) ของการปั๊มงานบนเครื่องเพรส พUNCHและตายเรียงกันอยู่ในเส้นตรงส่วนแผ่นงานจะถูกป้อนจากสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีหนึ่งโดยชิ้นงานจะถูกขึ้นรูปไปตามสถานีต่างๆแผ่นงานจะเคลื่อนที่ไปโดยใช้อุปกรณ์ป้อนแผ่นงานเมื่อไปถึงตำแหน่งสุดท้ายจะถูกตัดออกจึงได้ชิ้นงานตามที่ต้องการ จากการศึกษาของงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยการทดแทนด้วยแม่พิมพ์ต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทาง ในการตัดสินใจในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยโรงงานตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นโรงงานผลิตภาชนะเครื่องครัว ซึ่งใช้แม่พิมพ์เป็นจำนวนมากในการผลิต เนื่องจากปัจจุบันแม่พิมพ์ที่ใช้งานเป็นชนิดแม่พิมพ์เดี่ยว(Single Die) ซึ่งมีผลทำให้ขั้นตอนการผลิตมากอันนำไปสู่การมีค่าใช้จ่ายการผลิตสูง(สุทธิศ.,2540) และการศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการผลิตชิ้นส่วนเครื่องประดับที่ทำด้วยโลหะเงิน โดยใช้กรรมวิธีการทุบขึ้นรูปแทนกรรมวิธีการหล่อขึ้นรูป มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในการขึ้นรูปชิ้นส่วนเครื่องประดับตุ้มหู การเพิ่มคุณภาพของชิ้นงาน การลดต้นทุน

ทุนการผลิต และเพิ่มผลผลิต แม่พิมพ์ที่ใช้เป็นแม่พิมพ์ต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยกรรมวิธีขึ้นรูปสามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน อยู่ในแม่พิมพ์ชุดเดียวกัน คือกรรมวิธีทุบขึ้นรูป กรรมวิธีขึ้นลายและกรรมวิธีตัดแผ่นชิ้นงาน(กันเกราและคณะ,2550) และศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นการออกแบบแผ่นสตริปที่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับแผ่นเหล็กขนาด 4x8 ฟุต โดยมีทิศทางการป้อนตัดทั้งตามแนวความกว้างและแนวความยาว ในการออกแบบแผ่นสตริป จะแบ่งออกเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่การออกแบบในแนวนอนแถวเดียว การออกแบบในแนวตั้งแถวเดียว การออกแบบในแนวตั้งสองแถว การออกแบบในแนวเฉียงแถวเดียว และการออกแบบในแนวเฉียงสองแถว(ปริญญาและยอดนภา,2562) และศึกษาค่าการติดตัวกลับของชิ้นงานขึ้นรูปวี มุม 85 และ 90 องศา โดยกำหนดรัศมีโค้งของพUNCHและตายคงที่ 3 มิลลิเมตร ทดลองขึ้นรูปเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง JSC 980Y ขนาด 37x100x2 มิลลิเมตร ทำการปั๊มขึ้นรูปวี(ประเสริฐ และคณะ,2562) และศึกษาการพัฒนาหาค่าการติดตัวกลับใหม่สำหรับการพับแบบไวปิ้งของอะลูมิเนียม A1050-H14(W. Phanitwong et al,2016) และศึกษาการขึ้นรูปร้อนด้วยแม่พิมพ์แบบโปรเกรสซีฟสองขั้นตอน ของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ โดยใช้แผ่นต้านทานความร้อนเพื่อขึ้นรูปหัวเข็มขัดนิรภัยรถยนต์(K. Mori et al,2017) และศึกษาเพื่อพยากรณ์การติดตัวกลับในการพับชิ้นงานบริเวณที่เจาะรูบนชิ้นงานด้วยวิธีการทดลองการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอเลเมนต์และการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม(V. Nasrollahi et al,2012) การใช้แม่พิมพ์โปรเกรสซีฟผลิตสเตอร์และโรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าการประเมินความซับซ้อนโดยกำหนดสถานีเพื่อประเมินต้นทุน(J. Zhang et al,2019)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ต่อเนื่องเพื่อการขึ้นรูปชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง อีกทั้งนำมาวัดขนาดชิ้นงานที่ได้ เพื่อนำชิ้นงานที่ปั๊มขึ้นรูปได้ไปใช้ประโยชน์

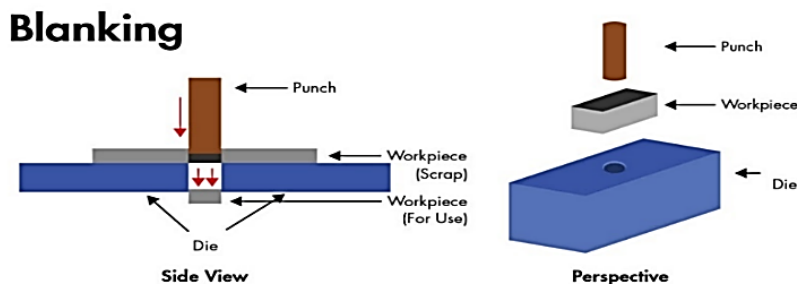
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แม่พิมพ์ต่อเนื่อง (Progressive Die) หมายถึง ชุดแม่พิมพ์ที่มีมากกว่าหนึ่งสถานี ชิ้นงานจะถูกป้อนผ่านครั้งละสถานีจนได้รูปร่างของชิ้นงานที่ต้องการ การป้อนชิ้นงานครั้งละสถานี จะทำโดยใช้ส่วนของแผ่นสตริป (Strip) การตัดเฉือนเพื่อแยกชิ้นงานออกจากแผ่นสตริปจะทำ ในขั้นตอนสุดท้าย ตัวอย่างของแม่พิมพ์ต่อเนื่อง แสดงดังในรูปที่ 1



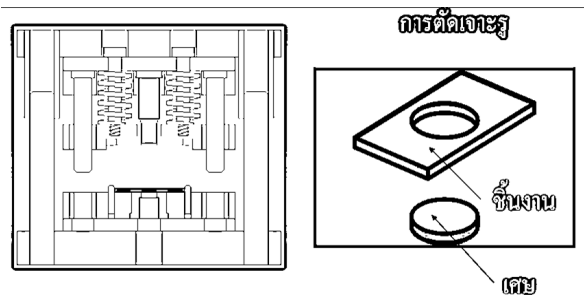
รูปที่ 1 แม่พิมพ์ต่อเนื่อง (Progressive Die) ที่มา: www.eng.sut.ac.th/LabManulndAuto

แม่พิมพ์กดตัด (Blanking) หมายถึง การตัดขอบเป็นกระบวนการตัดซึ่งทำให้ชิ้นส่วนโลหะแผ่นถูกดึงออกจากชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยการใช้แรงเฉือนที่มากพอ ในขั้นตอนนี้ชิ้นส่วนที่ถูกนำออกเรียกว่าชิ้นงานเปล่า ไม่ใช่ของเสีย แต่เป็นชิ้นที่ต้องการ ตัวอย่างของแม่พิมพ์กดตัด แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 งานกดตัด (Blanking) ที่มา: www.toptechdiamond.com

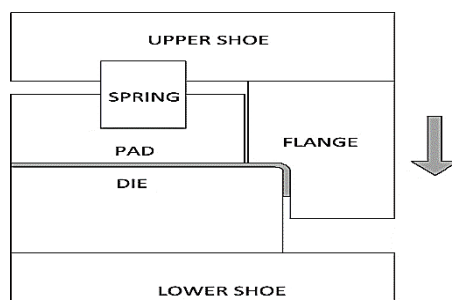
แม่พิมพ์เจาะรู (Piercing) หมายถึง การตัดเจาะรูใช้พื้นที่กดตัดแผ่นงานผ่านลงผิวหน้าตาย ซึ่งจะต้องการร่นนำไปใช้งาน ในการออกแบบพื้นที่จะมีขนาดเล็กกว่าขนาดตาย ตายจะมีขนาดเท่ากับขนาดที่ต้องการเจาะ ตัวอย่างของแม่พิมพ์เจาะรู แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 งานเจาะรู (Piercing Die)

ที่มา: www.toptechdiamond.com

แม่พิมพ์พับแบบไวกิ้ง (Wiping Die Bending) หรือที่เรียกว่า Edge Bending ทำได้โดยการจับแผ่นงานระหว่างพื้นที่และตาย จากนั้นเลื่อนหน้าแปลนไปทั่วผิวหน้าเพื่อดันและตัดแผ่นโลหะที่ยื่นออกมาจากพื้นที่และตาย หน้าแปลนถูกขับเคลื่อนด้วยฐานรองด้านบนและฐานรองแม่พิมพ์รองรับด้วยฐานล่าง สปริงระหว่างแผ่นรองและฐานรองด้านบนจะจับโลหะก่อนที่หน้าแปลนจะกระทบ และยึดชิ้นงานไว้ในระหว่างกระบวนการตัด ตัวอย่างของแม่พิมพ์พับแบบไวกิ้ง แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การพับขอบงาน (Wiping) ที่มา: www.sheetmetal.me

แม่พิมพ์ปั๊มูน (Embossing) เป็นวิธีการขึ้นรูปโดยการกดทับให้นูนขึ้นหรือให้เป็นหลุมได้รูปลักษณะตามแบบของพื้นที่และ
 ดายที่ใช้กดทับแผ่นชิ้นงาน ตัวอย่างของแม่พิมพ์ปั๊มูน แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 งานปั๊มูน (Embossing)

การหาค่าแรงในการตัดเฉือนชิ้นงาน จะขึ้นอยู่กับความหนา ความยาวเส้นรอบรูปที่กดตัด ความเค้นแรงเฉือนของวัสดุ
 ชิ้นงาน ซึ่งหาแรงตัดเฉือนชิ้นงานได้ดังนี้

$$F = \tau u \times L \times t \quad (1)$$

เมื่อ F แรงที่ใช้ในการกดตัด, N

L คือ ความยาวเส้นรอบรูป, mm

τu คือ ความเค้นแรงเฉือนของวัสดุชิ้นงาน, N/mm²

t คือ ความหนาของแผ่นงาน, mm

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินการ

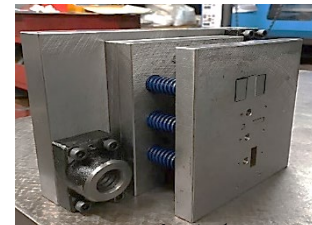
3.1.1 ใช้เครื่องเพรสแมคคานิกส์ขนาด 80 ตัน ยี่ห้อ AIDA ดังรูปที่ 6

3.1.2 ชุดแม่พิมพ์ต่อเนื่อง พื้นที่และดายทำด้วยวัสดุเหล็กกล้า SKD11 ดังรูปที่ 7

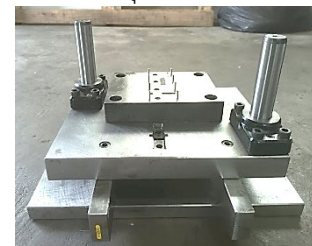
3.1.3 อะลูมิเนียมเกรด 1100 ความหนา 1 มม. มีค่าความเค้นแรงเฉือนเท่ากับ 89.6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร



รูปที่ 6 เครื่องเพรสแมคคานิกส์ ยี่ห้อ AIDA



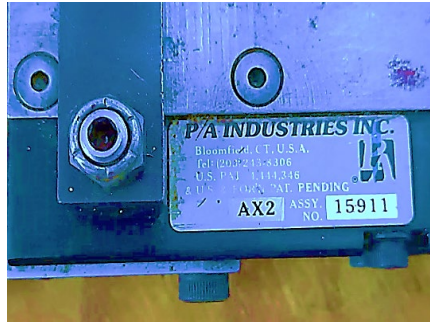
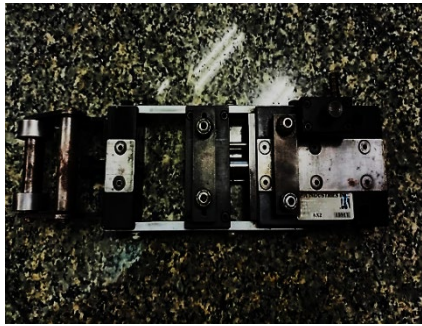
(ก) ชุดยึดพื้นที่



(ข) ชุดยึดดาย

รูปที่ 7 ชุดแม่พิมพ์ต่อเนื่อง

3.1.4 อุปกรณ์ป้อนแผ่นงาน ใช้แรงดันลมเพื่อเคลื่อนที่แผ่นงานไปตามสถานีการบีบ ดังรูปที่ 8 ป้อนแผ่นงานในแต่ละสถานีด้วยระยะมากที่สุด 38 มม. ความหนาชิ้นงานสูงสุด 1.2 มม. ใช้แรงดันลม 4.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ป้อนได้ 10 เมตรต่อนาที



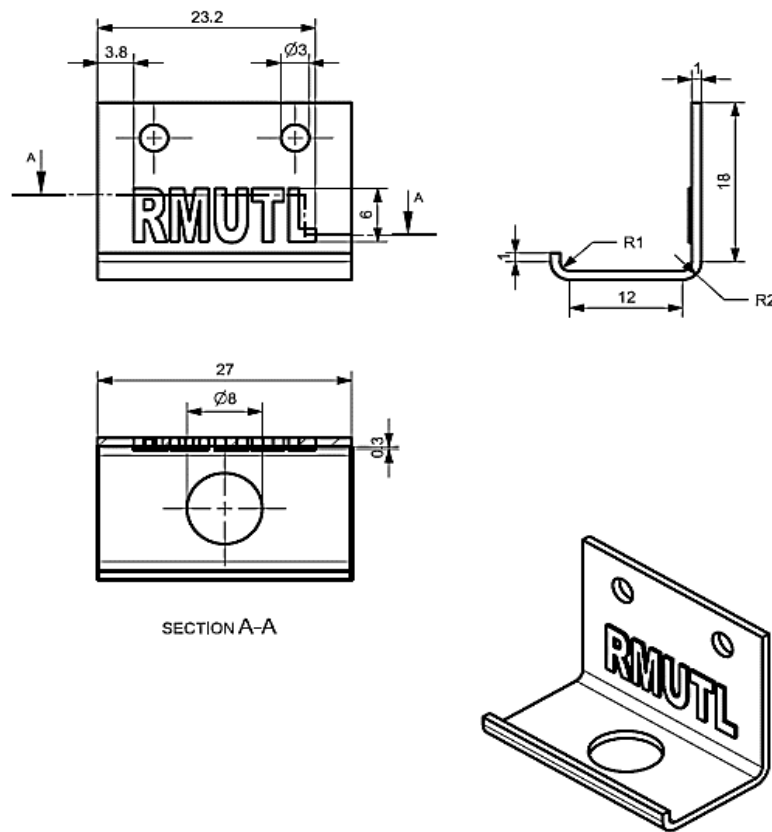
รูปที่ 8 อุปกรณ์ป้อนแผ่นงาน

3.1.5 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ดิจิตอล วัดขนาดชิ้นงานหลังขึ้นรูปสำเร็จ

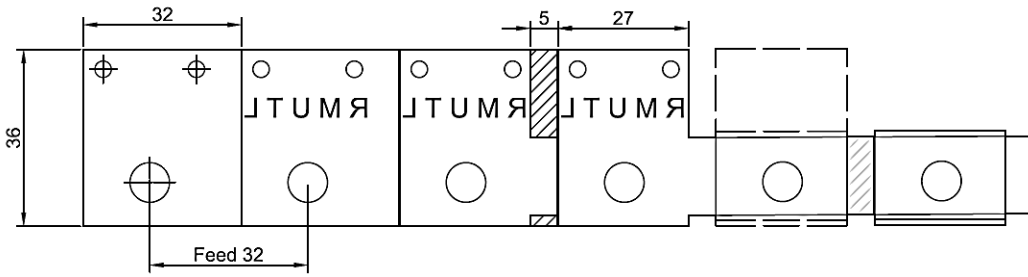
3.1.6 ไบวัตมูม

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบแผ่นงานของแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง จากแบบชิ้นงาน ดังรูปที่ 9 จะได้สถานีการทำงาน เป็น 6 สถานี คำนวณหาระยะป้อนแผ่นงานมีค่า 32 มม. คำนวณแรงทั้งหมดที่ใช้ในการบีบชิ้นงาน เท่ากับ 45.556 กิโลนิวตัน ช่องว่างระหว่างฟันชั้กับตาย 2 ด้าน มีค่า 0.025 มม.



รูปที่ 9 แบบและขนาดชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง



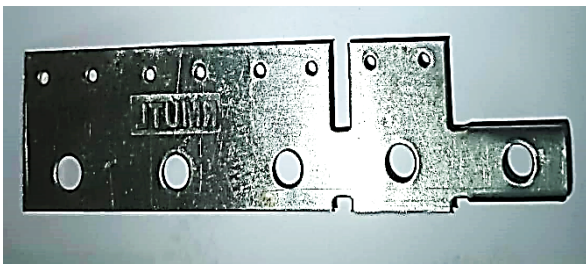
รูปที่ 10 การออกแบบแผ่นงานแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง

การออกแบบแผ่นงานดังรูปที่ 10 จะประกอบด้วยสถานีที่ 1 งานเจาะรู สถานีที่ 2 งานปั๊มูนตัวอักษร สถานีที่ 3 งานตัดขอบ สถานีที่ 4 ให้แผ่นงานเคลื่อนที่ผ่านไป สถานีที่ 5 งานพับขอบและ สถานีที่ 6 งานกดตัดขาด ในการขึ้นรูปจะนำแผ่นอะลูมิเนียมเกรด 1100 ความหนา 1 มม. โดยเตรียมแผ่นงานกว้าง 36 มม. ติดตั้งชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องบนเครื่องเพรสแมคคาทรอนิกส์ ติดตั้งอุปกรณ์ป้อนแผ่นงาน และใส่แผ่นงาน เพื่อทดลองปั๊มขึ้นงานฉากแขวนติดผนัง จำนวน 30 ชิ้น

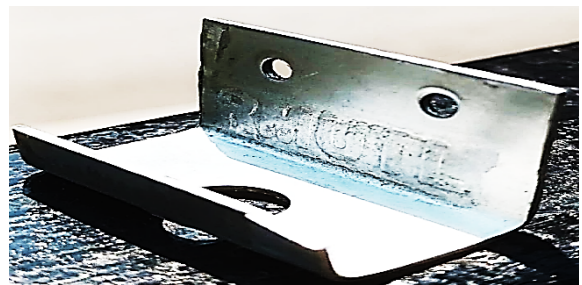
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองความสามารถในการปั๊มขึ้นงาน

ทำการทดลองปั๊มจะแสดงการทำงานในสถานีต่างๆ ดังรูปที่ 11 และได้ชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง ดังรูปที่ 12



รูปที่ 11 แสดงการทำงานในแต่ละสถานี

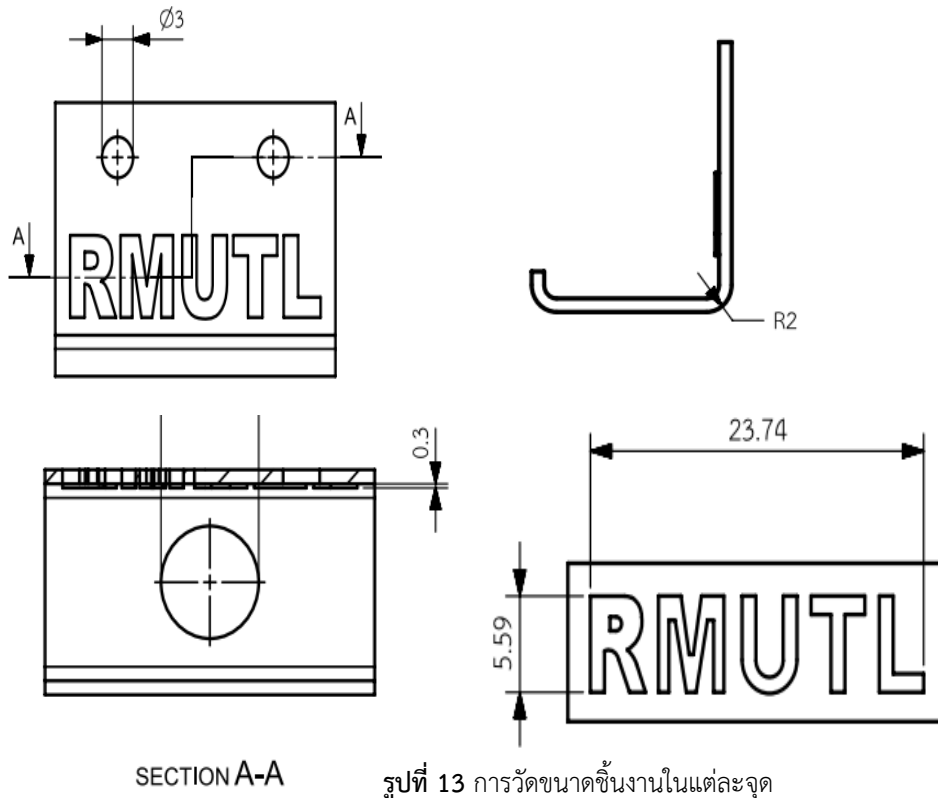


รูปที่ 12 ชิ้นงานจากการปั๊ม

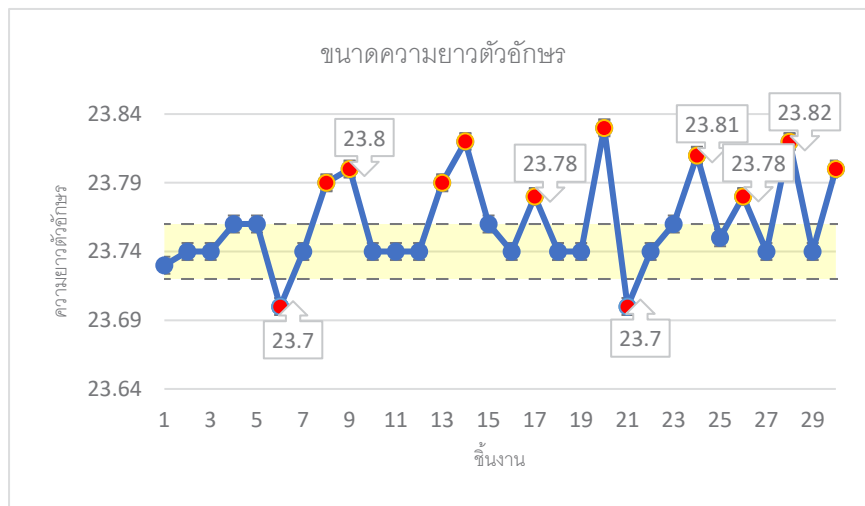
ในการปั๊มขึ้นงานจะประกอบด้วย 6 สถานี ประกอบด้วยสถานีที่ 1 งานเจาะรู (Piercing) ที่เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3 มม. กับ 8 มม. สถานีที่ 2 งานปั๊มูนตัวอักษร (Embossing) ขนาดตัวอักษรยาวทั้งหมด 23.74 มม. ความสูงตัวอักษร 5.59 มม. สถานีที่ 3 งานตัดขอบ (Notching) สถานีที่ 4 ให้แผ่นงานเคลื่อนที่ผ่านไป (Free) สถานีที่ 5 งานพับขอบ (Bending แบบ Wiping) มุมพับ 90 องศา สถานีที่ 6 งานกดตัดขาด (Cutting)

4.2 ผลการวัดขนาดขึ้นงาน

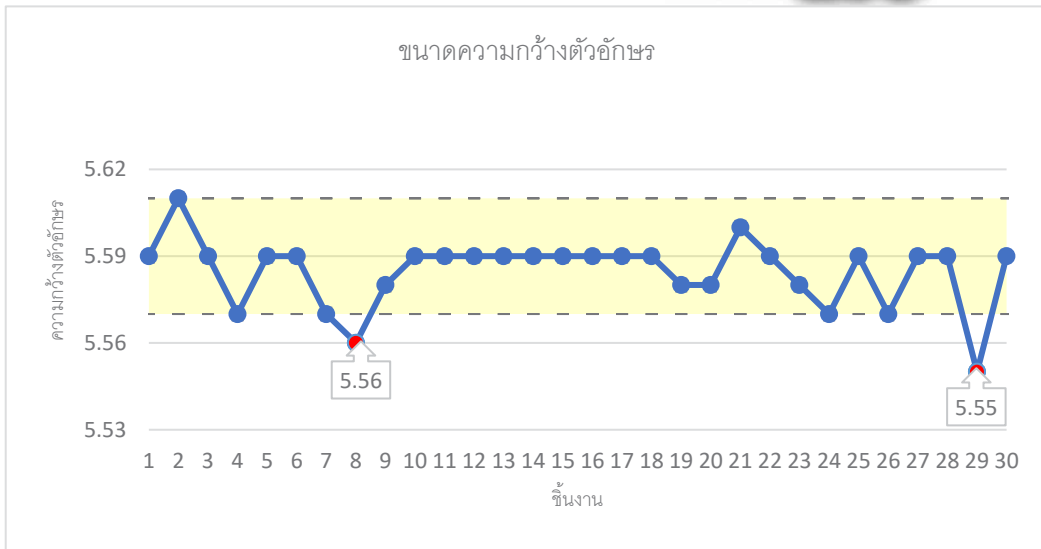
นำชิ้นงานทำการตรวจสอบขนาดในแต่ละจุดที่กำหนด ดังรูปที่ 13



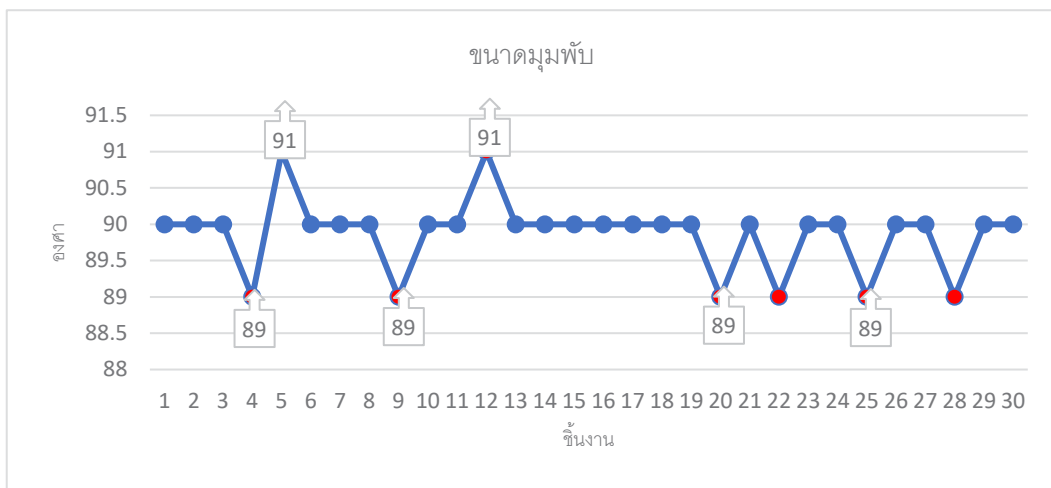
ชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้จะทำการวัดขนาดชิ้นงานในแต่ละจุดดังรูปที่ 13 โดยทำการวัดขนาดชิ้นงานจำนวน 30 ชิ้น ได้ค่าเฉลี่ยการวัดขนาดชิ้นงาน ในสถานที่ที่ 1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.95 และ 2.95 มม. อยู่ในพิสัย 100% ในสถานที่ที่ 2 ความชัดเจนของตัวอักษรไม่ดี ขนาดตัวอักษร อยู่ที่ 63.33% สถานที่ที่ 3 การตัดขอบอยู่ในพิสัย 100% สถานที่ที่ 5 มุมพับ 90 องศา ได้ 76.66% สถานที่ที่ 6 ตัดขาดได้ 100%



รูปที่ 14 ผลการวัดความยาวของตัวอักษร (จุดสีน้ำเงินคือขนาดความยาวที่อยู่ในพิสัยความเผื่อ จุดสีส้มคือขนาดความยาวที่อยู่นอกพิสัยความเผื่อ)



รูปที่ 15 ผลการวัดความกว้างของตัวอักษร (จุดสีน้ำเงินคือขนาดความกว้างที่อยู่ในพิสัยความเผื่อ จุดสีแดงคือขนาดความกว้างที่อยู่นอกพิสัยความเผื่อ)



รูปที่ 16 ผลการวัดมุมพับของชิ้นงาน (จุดสีน้ำเงิน คือ ขนาดความยาวที่อยู่ในพิสัยความเผื่อ จุดสีแดง คือขนาดความยาวที่อยู่นอกพิสัยความเผื่อ)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองกดตัดชิ้นงานอะลูมิเนียมจะเห็นได้ว่าที่ขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร ของชิ้นงานนั้นซึ่งแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องใช้แรงกดตัดชิ้นงาน 45.556 กิโลนิวตัน และการทำงานของทุกสถานีสามารถทำงานได้ทั้งหมด แม่พิมพ์กดตัดแบบต่อเนื่องสำหรับชิ้นงานฉากแขวนติดผนัง สามารถเจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.95 และ 2.95 มิลลิเมตรได้ ขนาดอยู่ในพิสัย ความชัดเจนของตัวอักษรขึ้นรูปได้แต่ไม่ครบ ความชัดเจนของตัวอักษรคิดเป็น 66.66% ขึ้นรูปได้ 20 ชิ้น การตัดขอบได้แต่มีครีบเกิดขึ้นเนื่องจากช่องว่างระหว่างพื้นที่กับตายไม่เหมาะสม พับมุมที่ 90 องศา ได้โดยส่วนใหญ่มีมุมระหว่าง 89-91 องศา เกิดการติดตัวกลับเนื่องจากมุมพับที่มาก(ประเสริฐ และคณะ,2562) ข้อเสนอแนะควรที่จะมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้ให้ขึ้นรูปได้ 100 %

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสนับสนุนการเผยแพร่จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

- กันเกรา รุ่งหิรัญ เดช พุทธเจริญทอง จุลศิริ ศรีงามผ่อง. 2550, การพัฒนาและการสร้างแม่พิมพ์ทุบขึ้นรูปขึ้นส่วนเครื่องประดับตุ้มหู. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร.
- ประเสริฐ ชุมปัญญา ทวีป สายัณห์ อัครเวช สุภาคม กรกช จินดาวงศ์ ณรงค์ฤทธิ์ จิตรพล ณัฐดนัย คงปึก. 2562, การศึกษาค่าติดตั้งตัวกลับของชิ้นงานขึ้นรูปวีเอ็มคองที่ 90 องศา สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ.2562, 31 พฤษภาคม 2562 กรุงเทพมหานคร. หน้า 306-309.
- ปริญญา ศรีสัตยกุลและยอดนภา เกษเมือง. 2562, การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแผงยึดหลอดไฟรถยนต์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน. หน้า 26-33.
- วารุณี เปรมานนท์และอรจิรา เตี้ยวณิชย์. 2554, งานขึ้นรูปโลหะ เล่มที่ 2 วัสดุทำแม่พิมพ์และชิ้นงานสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น.
- สุทัต จัยสาย. 2540, การศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นโดยการทดแทนด้วยแม่พิมพ์ต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมชาย เอี่ยมเจริญ. 2548, การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตขึ้นส่วนรถยนต์ โดยการพัฒนาและใช้แม่พิมพ์ต่อเนื่อง กรณีศึกษา: บริษัทไทยโปรแกสซีพตายนส์ จำกัด อำเภอบางพลีใหญ่ จังหวัดสมุทรปราการ, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคล ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-ธันวาคม 2546, หน้า 20-26.
- Jing Zhang and Dieter Spath, "Progressive die cost estimation based on lamination design And production scenario in the electric traction motor application", Procedia Manufacturing 39, (2019), pp 635-644.
- Ken-ichiro Mori, Tomoyoshi Maeno, Masato Sakagami, Masanori Ukai and Yuki Agatsuma, "2- stage progressive-die hot stamping of ultra-high strength steel parts using resistance heating", Procedia Engineering 207, (2017), pp 681-686.
- V. Nasrollahi, B. Arezoo, "Prediction of springback in sheet metal components with holes on the bending area, using experiments, finite element and neural networks", Material and design 36, (2012) pp 331-336.
- Wiriyakorn Phanitwong, Sutasn Thipprakmas, "Development of anew spring-back factor for a wiping die bending process", Material and design 89, (2016) pp 749-758.

การออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็กด้วยโปรแกรม Matlab & Simulink

ณรงค์กร เเดินหลักคำ* เกดิษฐ์ ใจดี และวราภรณ์ชพัฒน์ ฤทธิเลื่อน

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ
47/433 หมู่ 3 อาคารสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ) ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

*E-mail: narongkorn.d@dti.or.th เบอร์โทรศัพท์: 089 782 9583

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระเบียบวิธีการออกแบบเชิงจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ (Model-Based Design) สำหรับระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็ก โดยใช้โปรแกรม Matlab & Simulink ในการออกแบบและประมวลผล เริ่มจากการหาแบบจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศยานขนาดเล็ก ทำการวิเคราะห์และประมวลผลแบบจำลองแบบเปิด จากนั้นออกแบบระบบควบคุมการบินด้วยการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแบบ PID (PID Control Design) ทำการวิเคราะห์และประมวลผลแบบจำลองระบบควบคุมแบบ PID จากผลการวิเคราะห์และประมวลผลพบว่า การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID สามารถควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีเสถียรภาพ ค่าการควบคุมอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถตอบสนองต่อเวลาได้เป็นอย่างดี โดยใช้ระยะเวลาการตอบสนองน้อยกว่า 10 วินาที มีอัตราการพุ่งน้อยกว่า 5% และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวน้อยกว่า 2%

คำสำคัญ การออกแบบเชิงจำลองแบบ, ระบบควบคุมแบบ PID, Matlab & Simulink

Model-Based Design and Development for a Flight Control of Remote Control Airplane Using Matlab & Simulink

Narongkorn Doenlakkham* Kedit Jaidee and Watchaphat Ridluan

Research and Development Division, Defence Technology Institute
47/433 Moo 3 Office of the Permanent Secretary of Defence (Chaengwattana), Ban Mai, Pak Kret, Nonthaburi 11120

*E-mail: narongkorn.d@dti.or.th, Mobile phone: +66 89782 9583

Abstract

This paper presented the model-based design and development for flight control of the Remote Control Airplane (RCA) using the Matlab & Simulink software to assist and facilitate flight control design and process. For the dynamics modeling of RCA, the open-loop model was developed and numerically analyzed. Then, the flight control system was designed and developed using PID Control, which is the closed-loop model analysis and simulation. The results of analysis and simulation showed that the modeled and developed control system is able to control the RCA flight with efficiency and stability. The control values are within a good range. There is a very good time response, less than 10 seconds. The overshoot rate and steady-state error are less than 5% and 2%, respectively.

Keywords: Model-Based Design, PID Control, Matlab & Simulink

1. บทนำ

การออกแบบระบบควบคุมการบิน (Flight Control System) มีความจำเป็นต้องทำการหาแบบจำลองของอากาศยาน ซึ่งมีความยุ่งยาก ซับซ้อน มีหลายพารามิเตอร์และหลายตัวแปรที่ต้องพิจารณา ต้องใช้หลักการทางวิศวกรรมศาสตร์หลายสาขามาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบ โดยการออกแบบต้องเริ่มจากการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (MathWorks, 2024) ซึ่งสามารถทำได้ 3 แนวทาง คือ การทดสอบในอุโมงค์ลม (Wind Tunner Test) การทดสอบบินจริง (Flight Test) และการทำนายเชิงวิเคราะห์ (Prediction Analytical) ซึ่งสองแนวทางแรกต้องใช้ต้นทุนสูง เช่น ตัวเครื่องบิน อุปกรณ์ทดสอบ/ทดลอง และเครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อที่จะหาแบบจำลองและคุณลักษณะของอากาศยาน (Aerodynamic Characteristics) และยังใช้เวลานานในการดำเนินการ จึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น เช่น บริษัทผลิตเครื่องบิน หน่วยงานวิจัยขนาดใหญ่ที่พัฒนาอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ เป็นต้น ส่วนภาคการศึกษาและสถาบันวิจัยที่ไม่มีเงินทุนจำนวนมากก็นิยมใช้วิธีการทำนายเชิงวิเคราะห์ในการหาแบบจำลองของอากาศยาน เพื่อนำมาออกแบบระบบควบคุมการบิน เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำกว่าสองแนวทางแรกอย่างมาก และใช้เวลาไม่มากในการดำเนินการ เพราะเป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์และการออกแบบทั้งหมด รวมทั้งมีความปลอดภัยและลดการสูญเสียจากการทดสอบ/ทดลองจริง เช่น การบินทดสอบจริง เป็นต้น

การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้แนวทางการออกแบบเชิงจำลองแบบ (Model-Based Design) คือ กระบวนการออกแบบเชิงคณิตศาสตร์ และเชิงรูปภาพกระบวนการ โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบที่ซับซ้อน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบเชิงจำลองแบบ (MathWorks, 2024) ของอากาศยานขนาดเล็ก (Remote Control Airplane) ดังแสดงตามรูปที่ 1 และใช้โปรแกรม Matlab & Simulink (Ashish Tewari, 2003) ช่วยในการออกแบบและประมวลผล โดยเริ่มจากการหาแบบจำลอง การวิเคราะห์แบบจำลองแบบเปิด การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID จากนั้นวิเคราะห์ผลระบบควบคุมแบบปิด โดยรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อวิธีดำเนินการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และสรุปผลการวิจัย ในหัวข้อสุดท้าย

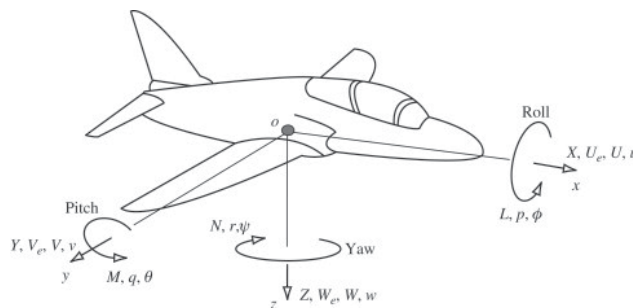


รูปที่ 1 การสร้างอากาศยานขนาดเล็ก (Remote Control Airplane)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบแกนและเครื่องหมาย (System of axes and Notation)

ระบบแกนและเครื่องหมายของอากาศยาน (Michael V. Cook, 2013) เพื่อใช้อธิบายคุณลักษณะท่าทางการบินตามหลักวิศวกรรมอากาศยาน ดังนี้



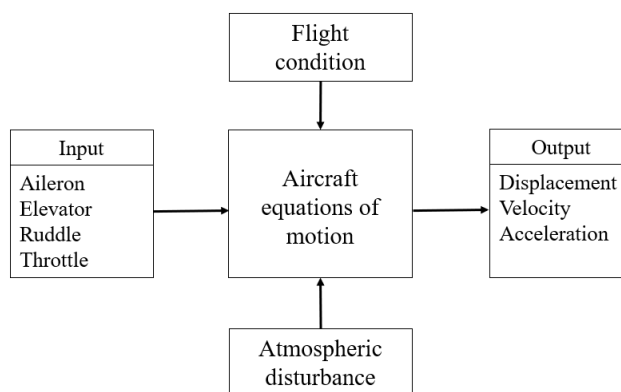
รูปที่ 2 ภาพแสดง Motion variables notation (Michael V. Cook, 2013)

ตารางที่ 1 นิยามของ Motion variables notation (Michael V. Cook, 2013)

X	Axis “drag” force	The sum of the components of aerodynamic, thrust, and weight forces.
Y	Slide force	
Z	Normal “lift” force	
L	Rolling moment	The sum of the components of aerodynamic, thrust, and weight moments.
M	Pitching moment	
N	Yawing moment	
p	Roll rate	Components of angular velocity.
q	Pitch rate	
r	Yaw rate	
U	Axial velocity	Total linear velocity components of the CG.
V	Lateral velocity	
W	Normal velocity	

2.2 การออกแบบระบบควบคุมการบิน (Flight Control System)

การออกแบบระบบควบคุมการบิน เป็นการออกแบบทางวิศวกรรมขั้นสูง ต้องใช้หลักการทางวิศวกรรมหลายสาขา ต้องพิจารณาหลายแกน หลายระบบพิกัด เช่น ระบบพิกัดโลก (Earth coordinate system) ระบบพิกัดอากาศยาน (Aircraft body coordinate system) ระบบ Aerodynamic เป็นต้น เพื่อหาแบบจำลองของอากาศยาน แล้วนำมาวิเคราะห์และประมวลผลหาคุณลักษณะของอากาศยาน จากนั้นจึงออกแบบระบบควบคุม ประมวลผล ก่อนทำการทดสอบจริง โดยหลักการออกแบบระบบควบคุมการบิน (Michael V. Cook, 2013) ได้สรุปการพิจารณาถึงตัวแปรต่างๆ ทางด้านอินพุต สภาวะของการบิน ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศ และค่าเอาต์พุตที่ทำการควบคุม ดังแสดงตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพแสดง Basic control-response relationships (Michael V. Cook, 2013)

จากความซับซ้อนของการออกแบบระบบควบคุมการบินของอากาศยาน สามารถลดความซับซ้อนได้จากการออกแบบโดยมีการประมาณการค่าตัวแปรในสภาวะเงื่อนไขที่ไม่ซับซ้อน (Lubna Moin et al., 2011), (N. Wahid et al., 2017) เพื่อลดความยุ่งยากของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้เป็นการบินที่สภาวะความสูงคงที่ (Constant attitude) ความเร็วคงที่ (Constant velocity) สภาวะแรงในแนวแกน XY มีความสมดุล (Thrust, Drag, Weight, Lift) เป็นต้น งานวิจัยนี้ก็ใช้หลักการนี้ในการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอากาศยานขนาดเล็ก จึงได้แบบจำลองในรูปแบบของสมการดิฟเฟอเรนเชียล ตามสมการที่ (1)-(3)

$$\dot{\alpha} = \mu\Omega\sigma[-(C_L + C_D)\alpha + \frac{1}{(\mu - C_L)}q - (C_W \sin \gamma)\theta + C_L] \quad (1)$$

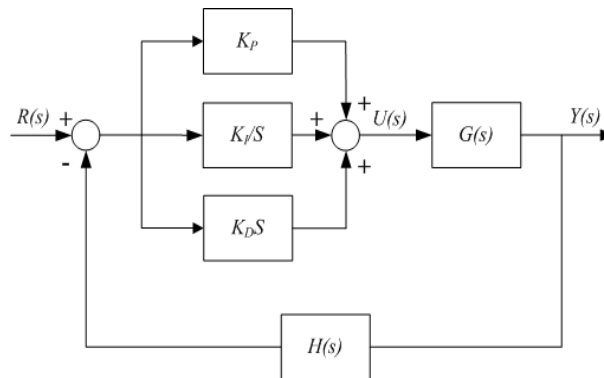
$$\dot{q} = \frac{\mu\Omega}{2i_{yy}} [[C_M - \eta(C_L + C_D)]\alpha + [C_M + \sigma C_M(1 - \mu C_L)]q + (\eta C_W \sin \gamma)\delta] \quad (2)$$

$$\dot{\theta} = \Omega q \quad (3)$$

เมื่อ α คือ มุมของอากาศยาน (Angle of Aircraft)	C_L คือ Lift coefficient
q คือ อัตรามุมเงย (Pitch rate)	C_D คือ Drag coefficient
θ_p คือ มุมเงย (Pitch angle)	C_w คือ Wing lift coefficient
θ_d คือ Elevator deflection angle	C_M คือ Pitching moment coefficient

2.3 การออกแบบระบบควบคุม PID (PID Control Design)

ระบบควบคุม PID เป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีส่วนประกอบตามรูปที่ 4 และมีสมการตามสมการที่ (4)-(6) สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมการบิน (Arkadiy Turevskiy et al., 2007) โดยใช้การควบคุมแบบ P ในการปรับอัตราการขยายให้มากขึ้น เข้าใกล้ค่าเป้าหมายได้เร็วขึ้น ส่วนการควบคุมแบบ I ใช้สำหรับปรับค่าผิดพลาดในช่วงสภาวะคงตัวให้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด และการควบคุมแบบ D ใช้สำหรับปรับปรุงคุณลักษณะของสัญญาณช่วงชั่วขณะให้ดีขึ้น แต่งานวิจัยดังกล่าวได้หาคำนวนหาค่า PID ในเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้เวลามากในการวิเคราะห์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำมาต่อยอดโดยการหาค่าควบคุมของระบบควบคุมแบบ PID ด้วยการปรับอัตโนมัติของ Matlab & Simulink โดยจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.4



รูปที่ 4 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบ PID

จากส่วนประกอบสามารถหาสมการของระบบควบคุมได้ดังนี้

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

เมื่อแปลงให้อยู่ใน S-Domain โดย Laplace Transform

$$U(s) = (K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s) E(s) \quad (5)$$

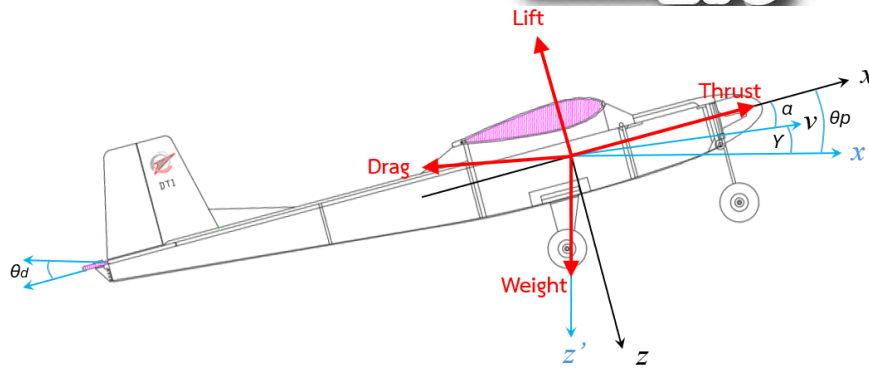
ดังนั้นจะได้ PID Controller Transfer function

$$\frac{U(s)}{E(s)} = (K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s) \quad (6)$$

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบเชิงจำลองแบบ (Model-Based Design)

งานวิจัยนี้ได้หาแบบจำลองอย่างง่ายของอากาศยานขนาดเล็ก (RCA) โดยประมาณการค่าตัวแปรในสภาวะเงื่อนไขที่ไม่ซับซ้อน และจากข้อมูลการประมวลผลของทีมนักวิจัยที่หาแบบจำลอง โดยเลือกพิจารณา 3 ตัวแปรปริภูมิสถานะก่อน ดังแสดงตามรูปที่ 5 เพื่อเน้นให้เข้าใจหลักการพื้นฐานของกระบวนการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมของอากาศยานขนาดเล็ก ดังนั้นจึงสามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปของสมการดิฟเฟอเรนเชียล ตามสมการที่ (7)-(9) และสมการในรูปของแบบจำลองปริภูมิสถานะ (State space model) ตามสมการที่ (10)-(11)



รูปที่ 5 แสดงแบบอากาศยานขนาดเล็กและตัวแปรปริภูมิสถานะ

$$\dot{\alpha} = 0.328\alpha - 48.2q + 0.234\theta_a \tag{7}$$

$$\dot{q} = 0.0141\alpha - 0.424q + 0.0205\theta_a \tag{8}$$

$$\dot{\theta}_p = 56.7q \tag{9}$$

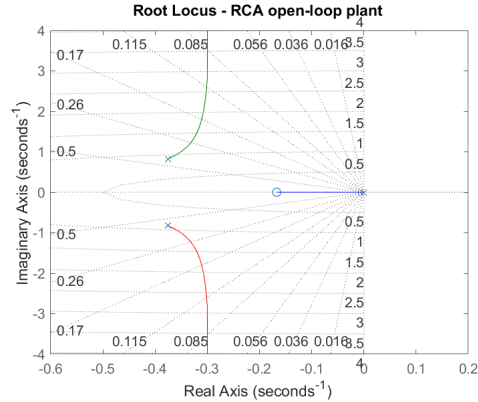
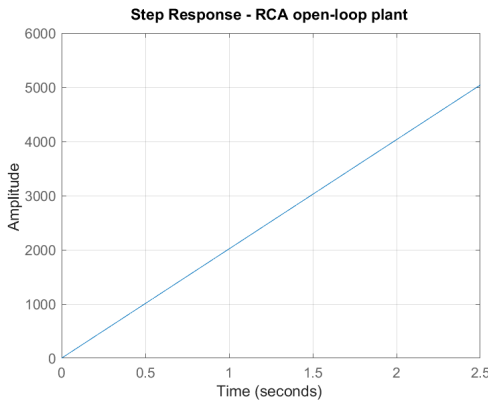
สามารถแปลงให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์แบบจำลองปริภูมิสถานะ ดังแสดงในสมการที่ (10)-(11)

$$\begin{bmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{q} \\ \dot{\theta}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.328 & 48.2 & 0 \\ -0.0141 & -0.424 & 0 \\ 0 & 48.2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ q \\ \theta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.234 \\ 0.0205 \\ 0 \end{bmatrix} \theta_a \tag{10}$$

$$y = [0 \quad 0 \quad 1] \begin{bmatrix} \alpha \\ q \\ \theta_p \end{bmatrix} \tag{11}$$

3.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบเปิด (Stability Analysis of Open-loop System)

แบบจำลองของอากาศยานขนาดเล็ก สามารถนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพ ตามหลักการควบคุม (Norman S. Nise, 2015), (Robert C. Nelson, 2009) โดยใช้โปรแกรม Matlab มาวิเคราะห์ ดังแสดงตามรูปที่ 6 พบว่าเอาต์พุตที่ได้ไม่ลู่เข้า ถือว่าเป็นระบบเปิดที่ไม่มีเสถียรภาพ



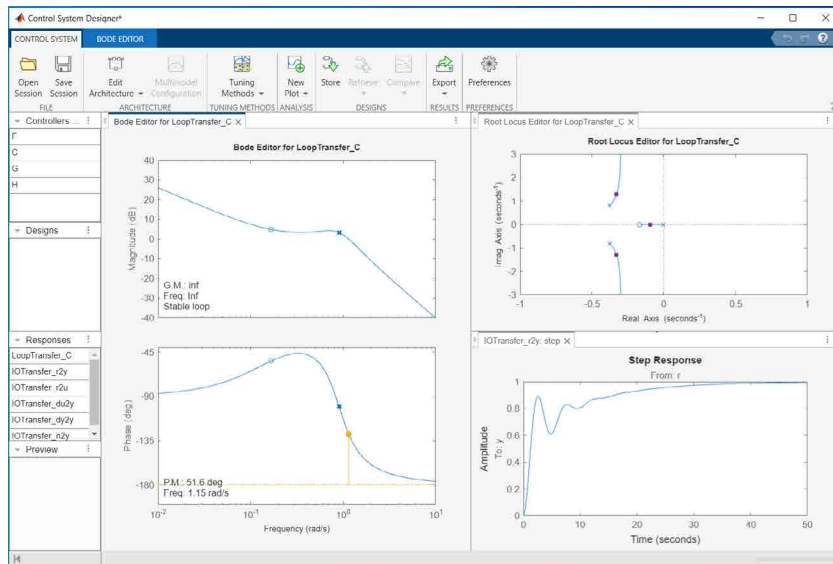
(ก) การตอบสนองต่อสัญญาณอิมพัลส์แบบ Unit step

(ข) Root Locus ของระบบเปิด

รูปที่ 6 การประมวลผลของแบบจำลองแบบเปิดของอากาศยานขนาดเล็ก (RCA)

3.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบปิด (Stability Analysis of Closed-loop System)

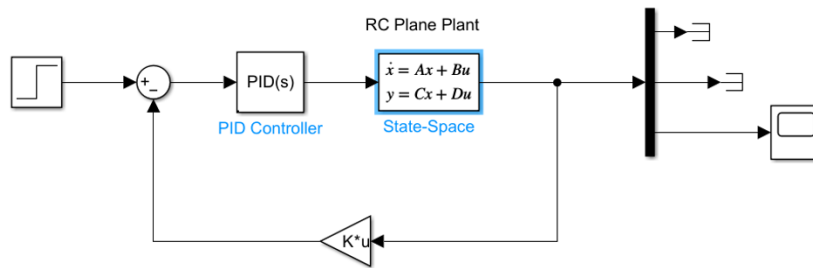
ขั้นตอนนี้จะนำแบบจำลองแบบที่ได้มาวิเคราะห์การควบคุมแบบปิด โดยใช้โปรแกรม Matlab มาใช้ประมวลผลการตอบสนองแบบ Step response การวิเคราะห์ทางเดินรากแบบ Root locus และการวิเคราะห์การตอบสนองต่อความถี่แบบ Bode พบว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ลู่เข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลา 50 วินาที ถือว่าเป็นระบบปิดที่มีเสถียรภาพ แต่ก็ยังมีระยะเวลาการตอบสนองที่ช้า แสดงรายละเอียดตามรูปที่ 7



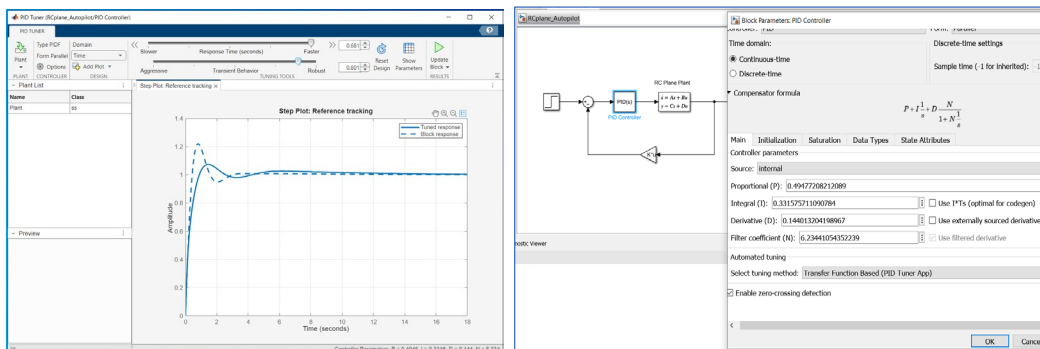
รูปที่ 7 ผลการประมวลผลของแบบจำลองแบบปิดของอากาศยานขนาดเล็ก (RCA)

3.4 การออกแบบระบบควบคุมแบบ PID (PID Control Design)

จากระบบควบคุมแบบปิดเดิมตามข้อ 3.3 ที่มีเสถียรภาพ แต่มีการตอบสนองต่อเวลาที่ช้า งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการปรับปรุงระบบควบคุมเพื่อให้มีการตอบสนองให้เร็วขึ้น ด้วยระบบควบคุมแบบ PID โดยใช้โปรแกรม Matlab & Simulink ช่วยในการออกแบบ ดังแสดงวงจรควบคุม ตามรูปที่ 8 และเลือกใช้การปรับค่า PID อัตโนมัติด้วยฟังก์ชัน PID TUNER หลังจากปรับเลือกค่า PID ให้ได้ตามค่าที่ออกแบบไว้ จากนั้นทำการ Update Block ลงในโปรแกรม ซึ่งจะได้ค่า P = 0.4948, I = 0.3316, D = 0.144 ดังแสดงตามรูปที่ 9



รูปที่ 8 แบบจำลองระบบควบคุมแบบปิดของอากาศยานขนาดเล็ก (RCA) ด้วย Simulink



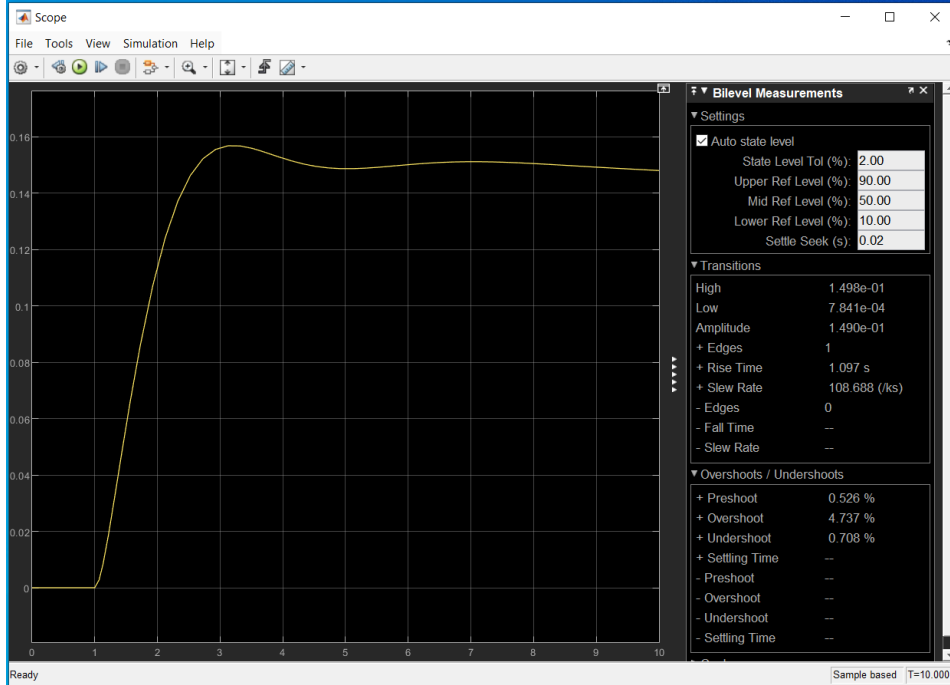
(ก) การปรับค่า PID อัตโนมัติ

(ข) การ Update Block ค่า PID ลงในโปรแกรม Simulink

รูปที่ 9 การปรับค่า PID อัตโนมัติด้วยฟังก์ชัน PID TUNER

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการประมวลผล (Simulation Result) ของระบบควบคุมที่ได้ปรับปรุงโดยการเพิ่มระบบควบคุมแบบ PID แล้วปรับค่าอัตราโอมิตีให้ได้สัญญาณเอาต์พุตตามเกณฑ์ที่ต้องการ ผลปรากฏว่าระบบควบคุมมีเสถียรภาพ และสามารถควบคุมการบินได้ด้วยค่าอัตราการพุ่ง (overshoot) ที่ 4.737% เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) น้อยกว่า 10 วินาที และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว (steady-state error) น้อยกว่า 2% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีการตอบสนองต่อเวลาดีขึ้น ดังแสดงผล ตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลการประมวลผลระบบควบคุมแบบปิด ด้วยระบบควบคุมแบบ PID

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการนำเสนอกระบวนการออกแบบระบบควบคุมการบินของอากาศยานขนาดเล็ก โดยเริ่มจากการหาแบบจำลองระบบเปิด การวิเคราะห์และประมวลผลระบบเปิด การออกแบบปรับปรุงระบบควบคุมแบบปิดด้วยระบบควบคุมแบบ PID สรุปผลได้ว่าการออกแบบระบบควบคุมสามารถควบคุมการบินได้ และมีเสถียรภาพ ด้วยค่าการควบคุมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีการตอบสนองต่อเวลาดีขึ้น ถือได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

สุดท้ายในขั้นตอนต่อไปของงานวิจัยนี้ จะพัฒนาแบบจำลองให้เสมือนจริงมากขึ้น มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การสร้างต้นแบบจริงและบินทดสอบระบบควบคุมจริงต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

The MathWorks, Inc. (2024). Matlab Help Center - Lightweight Airplane Design, Retrieved 20 June 2024 from <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/lightweight-airplane-design.html>

The MathWorks, Inc. (2024). Model-Based Design, Retrieved 20 June 2024 from <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>.

Ashish Tewari. (2003). *Modern Control Design with Matlab and Simulink*, Indian Institute of Technology, Kanpur, India: John Wiley & Sons Inc.

- Michael V. Cook. (2013). *Flight Dynamic Principles; A Linear Systems Approach to Aircraft Stability and Control* (3rd Edition). Butterworth-Heinemann, USA: Elsevier.
- Lubna Moin, Aman-uz-Zaman Baig, and Vali Uddin. (2017). State Space Modern of an Aircraft Using Simulink. *International Journal of System Modelling and Simulation*. 2(4), pp.1-6.
- N. Wahid, N. Hassan, M.F. Rahmat, and S. Mansor. (2011). Application of Intelligent Controller in Feedback Control Loop for Aircraft Pitch Control. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), pp. 1065–1074.
- Arkadiy Turevskiy, Stacey Gage, and Craig Buhr. (2007). Modern-based Design of a New Lightweight Aircraft. *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit, American Institute of Aeronautics and Astronautics Paper 2007-6371*, Hilton Head, South Carolina, Aug. 20-23, 2007.
- Norman S. Nise. (2015). *Control Systems Engineering* (7th Edition). California State Polytechnic University, Pomona: John Wiley & Sons Inc.
- Robert C. Nelson. (2009). *Flight Stability and Automatic Control* (2nd Edition). Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame: McGraw-Hill.

ระบบควบคุมการอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ ด้านทฤษฎีภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง

ฐฎพงศ์ ผลดี¹, ธเนศ ศรีพรม^{1*}, วุฒิไกร ธรรมวรรณ¹, อรทัย ลี้อยศ¹, เอกชัย ชัยดี¹ และ อนนท นานิน¹

¹ 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120 โทรศัพท์ : 0-5372-3979 , โทรสาร : 0-5372-3978

* Thanet_sr66@live.rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 098-813-0580

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทฤษฎีภูมิที่ควบคุมการอัดประจุแบบ PI และการควบคุมสมดุลงำลัง ผู้วิจัยได้ออกแบบ จำลอง สร้าง และทดสอบขดลวดส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบเหนี่ยวนำที่มีกำลังพิกัด 750W, อินเวอร์เตอร์ความถี่ 82 kHz, และเครื่องควบคุมการอัดประจุกระแสคงที่-แรงดันคงที่ ในการทดสอบสมมติฐาน ได้ใช้บัคคอนเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งด้านทฤษฎีภูมิเพื่อควบคุมการอัดประจุกระแสคงที่-แรงดันคงที่ และเปรียบเทียบการควบคุมป้อนกลับแบบ PI กับการควบคุมแบบสมดุลงำลัง

ผลการทดสอบพบว่า ระบบอัดประจุแบตเตอรี่ไร้สายเมื่อทดสอบกับแบตเตอรี่จำลองแบบความต้านทานชั้นบันได ในกรณีที่ควบคุมด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทฤษฎีภูมิป้อนกลับแบบ PI มีประสิทธิภาพ 78% และเวลาตอบสนอง 200 ms ขณะที่การควบคุมแบบสมดุลงำลังมีประสิทธิภาพ 80% และเวลาตอบสนอง 200 ms สุดท้าย เมื่อระบบที่พัฒนาขึ้นถูกนำไปทดสอบอัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 72 V 50 Ah พบว่าการควบคุมด้านทฤษฎีภูมิป้อนกลับแบบสมดุลงำลังมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 82% ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการควบคุมสมดุลงำลังมีประสิทธิภาพสูงกว่าการควบคุมแบบ PI ในการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าไร้สาย

คำสำคัญ: การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าไร้สาย, คอนเวอร์เตอร์ด้านทฤษฎีภูมิ, การควบคุมพีไอ, การควบคุมสมดุลงำลัง

Wireless EV Battery Charging using Power Balance Controlled Secondary-Side Converters

Tatapong Phondee¹, Thanet Sriprom^{1*}, Wuttikai Tammawan,¹ Orathai Lueyos¹,
Ekkachai Chaidee¹ and Anon Namin¹

¹ 99 Phahonyothin Rd, Sai Khao, Phan District, Chiang Rai 57120 Telephone: 0-5372-3979 , Fax: 0-5372-3979

* Thanet_sr66@live.rmutl.ac.th, Telephone Number 098-813-0580

Abstract

Paper aims to develop a wireless electric vehicle (EV) charging system using a secondary-side converter controlled by PI (proportional-integral) and power-balance-control methods. The researchers designed, simulated, built, and tested a wireless Power Transfer Coil rated at 750 W, an 82 kHz Inverter, and a constant-current-constant-voltage-charging-controller. The hypothesis was tested using a secondary-side-buck converter to control constant-current-constant-voltage-charging, comparing PI with Power Balance Control.

The test results showed that the wireless battery charging system, when tested with a simulated step-resistance battery, achieved an efficiency of 78 % and a response time of 200 ms with PI-Feedback-Control, and an efficiency of 80 % and a response time of 200 ms with Power-Balance-Control. Finally, when the developed system was tested with a 72 V, 50 Ah Battery, the secondary-side-power-balance-feedback-control achieved a maximum efficiency of 82 %. Diese Forschung demonstriert, dass Power Balance Control for wireless EV charging mehr effizient als PI-Control for wireless EV charging ist.

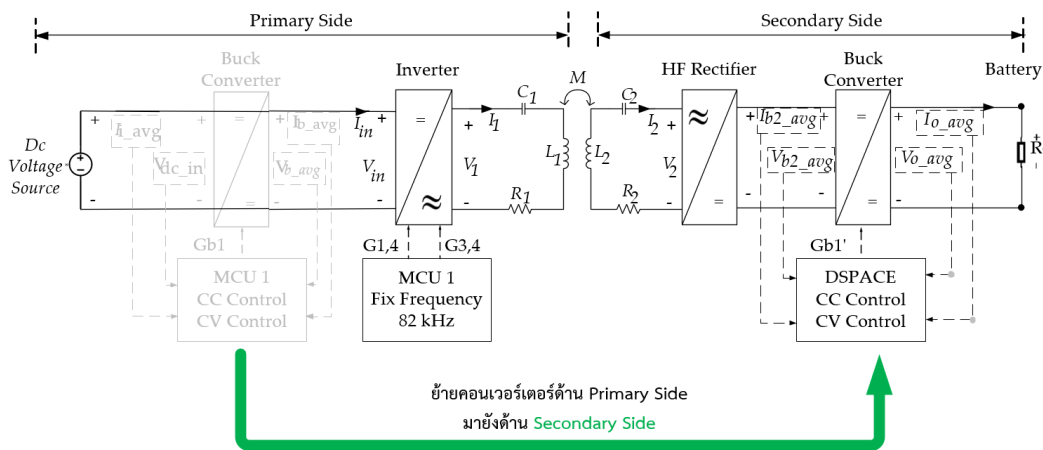
Keywords: Wireless electric vehicle charging, secondary converter, PI control, power balance control

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ยานยนต์ไฟฟ้า (EVs) กำลังเป็นที่สนใจมากขึ้นในฐานะทางเลือกแทนรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งเป็นหลักอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้ามีข้อดีสำคัญหลายประการ ยานยนต์ไฟฟ้ายังมีประสิทธิภาพการขับเคลื่อนที่สามารถแข่งขันกับเครื่องยนต์สันดาปได้ดี และยังมีข้อได้เปรียบในเรื่องการทำงานที่เงียบ ช่วยลดปัญหามลพิษทางเสียง ซึ่งมีผลดีต่อสภาพแวดล้อมนอกจากนี้

การพัฒนาสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าแบบไร้สายเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจด้วยข้อดีหลายประการ 1.การอัดประจุแบบไร้สายไม่ต้องใช้สายเชื่อมต่อกับยานยนต์ไฟฟ้า, 2.ระบบอัดประจุไร้สายมักจะเป็นระบบอัตโนมัติ 3.การอัดประจุแบบไร้สายมีความล้ำสมัยมากกว่าการอัดประจุแบบใช้สาย



รูปที่ 1 แผนภาพบล็อกระบบการอัดประจุแบบไร้สายด้านทุติยภูมิ

รูปที่ 1 แสดงการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ด้านปฐมภูมิที่ควบคุมกระแสที่-แรงดันคงที่ ย้ายไปอยู่ในส่วนของด้านทุติยภูมิแทน และใช้แนวคิดเทคนิคการควบคุมแบบสมดุลกำลัง (Power Balance Control) โดยที่พลังงานด้านเข้าและพลังงานด้านออกจะมีค่าเท่ากันในหนึ่งคาบเวลา ในการควบคุมกำลังงานสำหรับการอัดประจุไร้สายหากเรานำระบบควบคุมที่อยู่ในสถานีอัดประจุนำมาอยู่ในยานยนต์ไฟฟ้าแทน จะทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการสื่อสารระหว่างสถานีอัดประจุกับยานยนต์ไฟฟ้า นอกจากนี้ การค้นหาฟังก์ชันการถ่ายโอนจากคอนเวอร์เตอร์ดีซี-ดีซีไปจนถึงโหลดแบตเตอรี่จะง่ายกว่าการควบคุมที่อยู่ในส่วนของสถานี

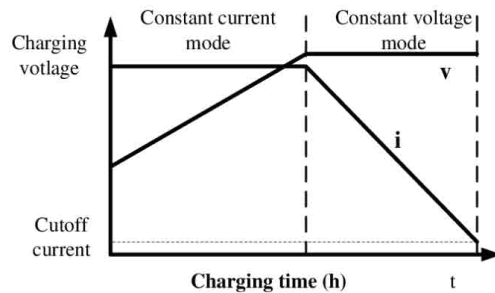
1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่ควบคุมการอัดประจุแบบสมดุลกำลัง

2. การอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านพหุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง

2.1 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนและหลักการของการชาร์จแบตเตอรี่ด้วยกระแสคงที่และแรงดันคงที่

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) เป็นแบตเตอรี่ชนิดหนึ่งที่ใช้ลิเทียมเป็นส่วนประกอบหลักในการกักเก็บพลังงาน ซึ่งมีความหนาแน่นของพลังงานสูง น้ำหนักเบา และมีการสูญเสียพลังงานน้อย [2]



รูปที่ 2 คุณลักษณะการอัดประจุแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบกระแสคงที่และแรงดันคงที่ [2]

รูปที่ 2 แสดงหลักการชาร์จแบตเตอรี่แบบกระแสคงที่และแรงดันคงที่ (CC-CV) มีสองขั้นตอนหลัก เริ่มด้วยการชาร์จด้วยกระแสคงที่ (CC) จนกระทั่งแรงดันแบตเตอรี่ถึงระดับสูงสุดที่กำหนดไว้ จากนั้นเปลี่ยนไปสู่การชาร์จด้วยแรงดันคงที่ (CV) โดยควบคุมแรงดันให้คงที่ในขณะที่กระแสจะค่อยๆ ลดลงจนถึงระดับกระแสตัด

2.2 วงจรสมมูลส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

หลักการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้การเหนี่ยวนำฟิงพาทฤษฎีของแอมแปร์และฟาราเดย์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำในอากาศ มันจะสร้างสนามแม่เหล็กรอบตัวนำตามทฤษฎีของแอมแปร์ เมื่อสนามแม่เหล็กนี้เคลื่อนที่ผ่านตัวนำอื่น มันจะเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าในตัวนำดังกล่าว ตามหลักการของฟาราเดย์ การส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายนี้ยังสอดคล้องกับกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เช่นกัน [3]

2.3 วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์มีคุณสมบัติที่แรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ขณะเปิดวงจรเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟตรงอินพุต และกระแสคอลเลคเตอร์ขณะทรานซิสเตอร์ปิดวงจรเป็นสองเท่า เมื่อเทียบกับวงจรพุช-พูล (Push-Pull) วงจรฮาล์ฟบริดจ์ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาในการลดกระแสคอลเลคเตอร์เพื่อให้ทรานซิสเตอร์สามารถเข้าด้วยกันได้ ดังนั้นฮาล์ฟบริดจ์ที่มีลักษณะนี้ ถูกเรียกว่าฟูลบริดจ์ [4]

2.4 วงจรคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ

บัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิในงานวิจัยนี้ ทำหน้าที่ปรับกระแสแรงดันขาออกของระบบแทนบัคคอนเวอร์เตอร์ด้านปฐมภูมิ ด้วยการปรับค่าความต้านทานขาเข้าของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ โดยที่ค่าความต้านทานขาเข้าของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เปลี่ยนแปลงจากค่าตัวที่ไซเคลของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ แสดงในสมการที่ (1)

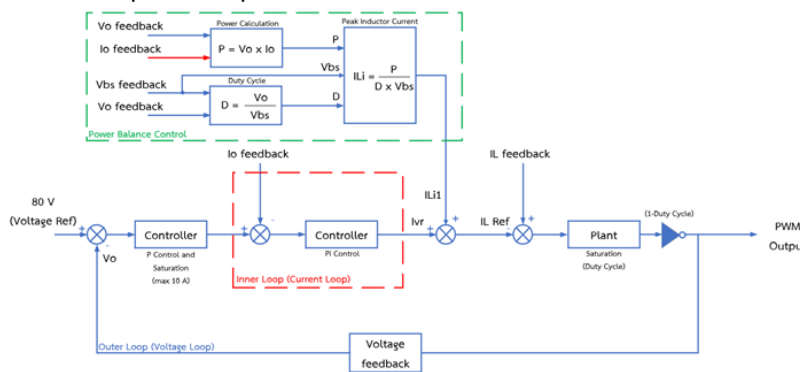
$$V_{bs} = \left[\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \left[\frac{j\omega M \left(\frac{4V_1}{\pi\sqrt{2}} \right) \left(\frac{8R_{bs}}{\pi^2} \right)}{\left[R_1 + j \left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} \right) \right] \left[R_2 + \left(\frac{8R_{bs}}{\pi^2} \right) + j \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} \right) \right] + (\omega M)^2} \right] \right] \quad (1)$$

ตารางที่ 1 รูปแบบและเงื่อนไขการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ [5]

โทโพโลยี	แรงดันขาออก (Vo)	ความต้านทานขาเข้า (Rb)	ช่วงการปรับความต้านทานขาเข้า	กระแสขาเข้า
บัคคอนเวอร์เตอร์	DV_{in}	$\frac{R_o}{D^2}$	$R_o \sim +\infty$	ไม่ต่อเนื่อง

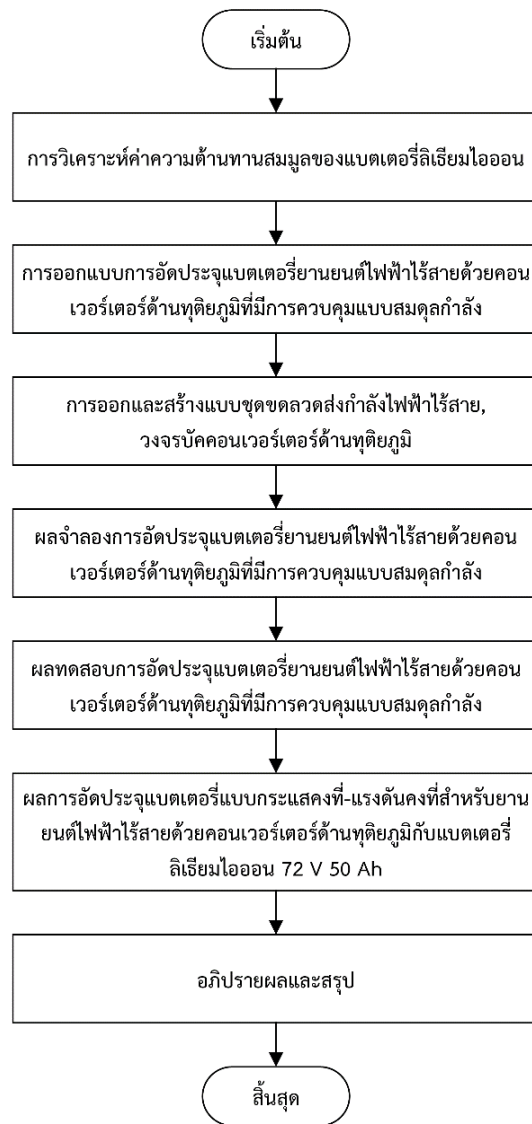
ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขการทำงานวงจรคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิใช้อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ (Db2) เพื่อปรับเวลาในการทำงาน โดยการปรับค่าของ Db2 นี้จะมีผลต่อค่าความต้านทานขาเข้า (Rb2) ของวงจร ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์ การปรับค่า Rb2 สามารถใช้ควบคุมและหาค่าความต้านทานขาเข้าที่เหมาะสม ซึ่งเชื่อมโยงกับความต้านทานของวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายได้ ความสัมพันธ์นี้ยังช่วยให้คำนวณและกำหนดค่าแรงดันขาออกของวงจร ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์ได้อย่างแม่นยำ

2.5 ระบบควบคุมแบบสมดุลงำลัง



รูปที่ 3 การควบคุมแบบสมดุลงำลัง

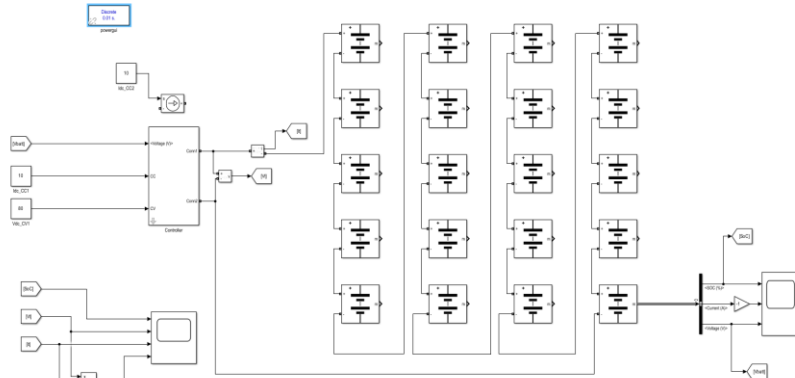
รูปที่ 3 แสดงระบบควบคุมแบบคาสเคด (Cascade Control) หลักการทำงาน เริ่มจากกำหนดแรงดันอ้างอิงที่ 80 V ในโหมดแรงดันคงที่ เทียบกับค่าแรงดันป้อนกลับขาออกของระบบ (Vo) ผ่านตัวควบคุมพี ผ่านบล็อกจำกัดค่ากระแส (Io Saturation) ซึ่งเป็นตัวควบคุมค่ากระแสในโหมดกระแสคงที่ โดยตั้งไว้ที่ 10 A ซึ่งเป็นค่ากระแสสูงสุดของระบบ เทียบกับค่ากระแสขาออก (Io) ผ่านตัวควบคุมพีไอ จากนั้นนำไปเทียบกับการคำนวณของสมมูล และนำไปรวมกับค่าที่ผ่านตัวควบคุมแบบพีไอ แล้วจึงเทียบกับค่ากระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ และนำไปใช้ควบคุมสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มของวงจรรับคองเวอร์เตอร์



รูปที่ 4 แผนดำเนินการวิจัย

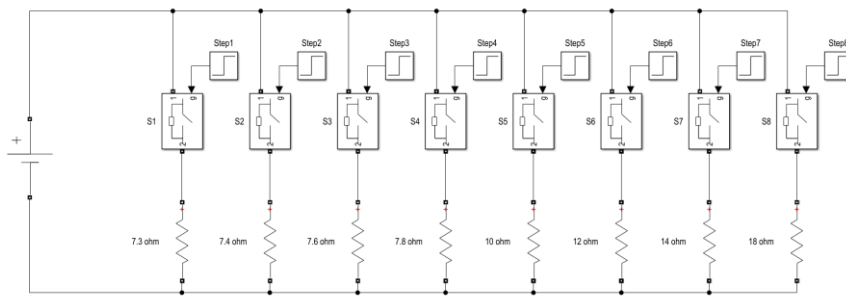
3.1 การวิเคราะห์ค่าความต้านทานสมมูลของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

การวิเคราะห์ความต้านทานสมมูล (Equivalent Resistance) ของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนในระหว่างการอัดประจุ สามารถทำได้โดยการใช้กฎของโอห์ม (Ohm's Law) ในการคำนวณจากค่าแรงดันและกระแสที่ใช้ในการชาร์จ



รูปที่ 5 การวิเคราะห์ค่าความต้านทานสมมูลแบตเตอรี่ลิเทียมบนโปรแกรมแมทเลบซิมมูลิง

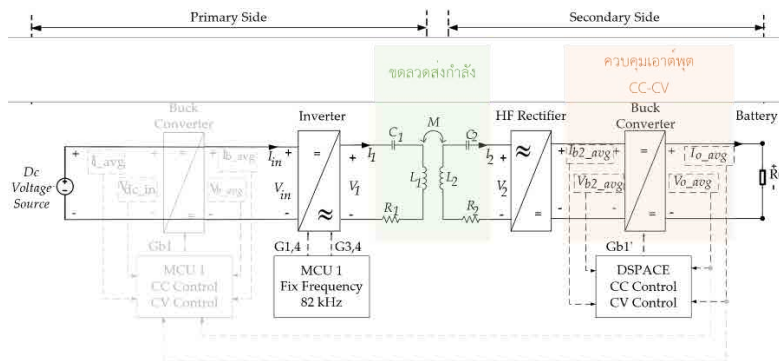
รูปที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ค่าความต้านทานสมมูลแบตเตอรี่ลิเทียมบนโปรแกรมแมทเลบซิมมูลิง แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนพิกัด 72 V 50 Ah โดยใช้โปรแกรมที่ MATLAB Simulink จำลองแบตเตอรี่ขนาดพิกัดต่อเซลล์ 3.6 V ต่ออนุกรมกัน 20 เซลล์ เพื่อวิเคราะห์แรงดัน, กระแส, และความต้านทานขนาดอัดประจุ



รูปที่ 6 การออกแบบความต้านทานขึ้นบันไดสำหรับใช้เป็นแบตเตอรี่จำลองขณะอัดประจุ

รูปที่ 6 แสดงการออกแบบโหลดความต้านทานขึ้นบันไดเพื่อใช้จำลองเป็นแบตเตอรี่ 72 V 50 Ah (Battery Simulator) โดยแบตเตอรี่มีค่าความต้านทานขนาดอัดประจุอยู่ที่ 7.3 Ω ถึง 18 Ω กำหนดโหมด CC ให้ค่าความต้านทานตั้งแต่ 7.3 Ω ถึง 7.8 Ω และกำหนดโหมด CV ให้ค่าความต้านทานตั้งแต่ 10 Ω ถึง 18 Ω

3.2 การออกแบบการอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง

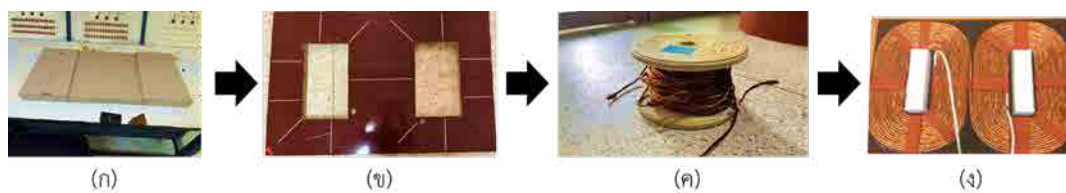


รูปที่ 7 ออกแบบการอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ

รูปที่ 7 แสดงแสดงการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าแบบไร้สายด้วยวิธีการกระแสคงที่-แรงดันคงที่ (CC-CV) ใช้คอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมด้วย PI และการควบคุมแบบสมดุลงำลังเป็นหลัก โดยสัญญาณป้อนกลับจากด้านโหลดและสัญญาณขาเข้าของคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิจะถูกประมวลผลผ่านบล็อกควบคุม PI และบล็อกสมดุลงำลัง จากนั้นจึงใช้สัญญาณ PWM ที่ควบคุมแล้วเพื่อจัดการการชาร์จให้แบตเตอรี่ได้ตามกระแสและแรงดันที่ต้องการ ระบบนี้มีข้อดีที่สำคัญคือ ไม่จำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณป้อนกลับจากแบตเตอรี่กลับไปยังด้านปฐมภูมิ ทำให้ไม่ต้องการใช้ตัวส่งสัญญาณไร้สายกลับไปยังด้านปฐมภูมิ

3.3 การออกแบบและสร้างแบบชุดขดลวดส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

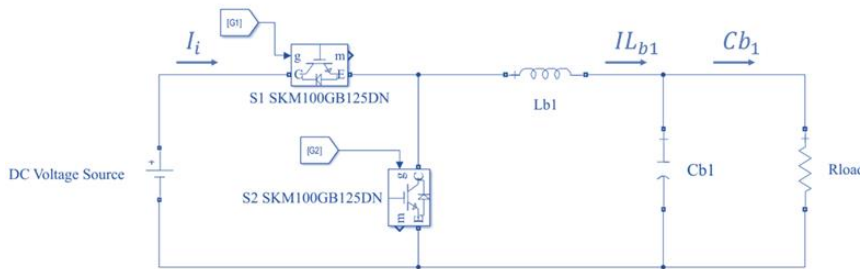
การออกแบบแกนเฟอร์ไรท์และแผ่นติดตั้งสำหรับชุดขดลวดในระบบส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายใช้หลักการของขดลวดแบบกันหอย (DD Coil) ซึ่งเป็นที่นิยมเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง ขดลวดแบบกันหอยสามารถควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ง่ายกว่าแบบขดลวดวงกลม เนื่องจากมีพื้นที่ในการพันขดลวดที่กว้างและหลากหลายมากขึ้น



รูปที่ 8 การวิเคราะห์ค่าความต้านทานสมมูลแบตเตอรี่ลิเทียมบนโปรแกรมแมทเลบซิมมูลิ่ง

3.4 การออกแบบและสร้างวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ

บัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิในบทความนี้ ทำหน้าที่ปรับกระแสแรงดันขาออกของระบบแทน บัคคอนเวอร์เตอร์ด้านปฐมภูมิ ด้วยการปรับค่าความต้านทานขาเข้าของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ โดยที่ค่าความต้านทานขาเข้าของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เปลี่ยนแปลงจากค่าตัวรีซิสเตอร์ของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ



รูปที่ 9 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิ

รูปที่ 9 แสดงการออกแบบวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์จำเป็นต้องทราบค่าแรงดัน กระแส กำลังงานสูงที่สุด และต่ำที่สุด ที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง ขณะที่ระบบทำงานในโหมดควบคุมการอัดประจุแบบ กระแสคงที่ และโหมดแรงดันคงที่ โดยใช้การคำนวณจากสมการ ทฤษฎีวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย เพื่อให้ระบบสามารถทำงานอยู่ในโหมดกระแสคงที่ 10 A และโหมดแรงดันคงที่ 80 V

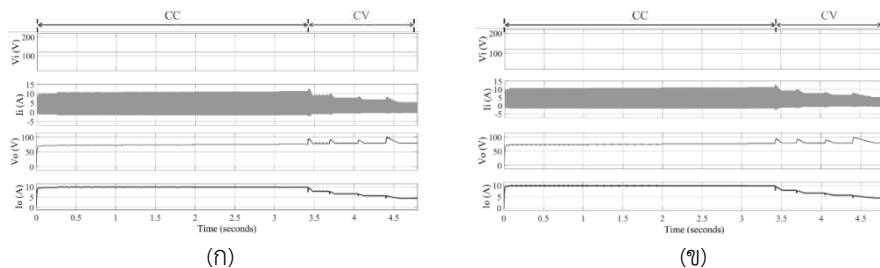
ตารางที่ 2 ตัวแปรเสริมที่ใช้ในการออกแบบระบบส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์	พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
P_{b1_max}	785 W	P_{b1_min}	341 W
V_{b1_max}	292.4 V	V_{b1_min}	134.3 V
R_{b1_max}	18 Ω	R_{b1_min}	7.3 Ω
f_{sb1}	25 kHz	$K_{i_innerloop2}$	2
$K_{P_outerloop}$	200	$K_{P_innerloop1}$	0.2

ตารางที่ 2 เลือกใช้ค่า ตัวเหนี่ยวนำที่ 600 uH ซึ่งมากกว่าที่ออกแบบเป็นผลดีทำให้กระแสที่ไหลผ่าน ตัวเหนี่ยวนำกระแสเพื่อมน้อยลง และเลือกใช้ค่า ตัวเก็บประจุที่ 110 uF ซึ่งมากกว่าที่ออกแบบเป็นผลดีทำให้ กระแสเพือมของแรงดันขาออกของวงจรน้อยลงทำให้มีความเป็นกระแสตรงมากขึ้น

4. ผลและอภิปราย

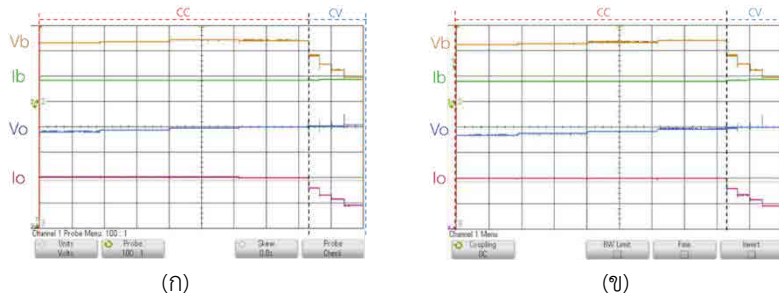
4.1 ผลจำลองการอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง



รูปที่ 10 (ก) ผลจำลองระบบอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบพีไอ , (ข) ผลจำลองระบบอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง

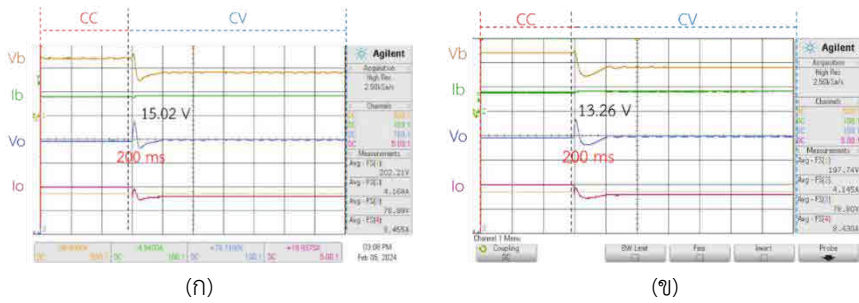
รูปที่ 10 แสดงผลจำลองระบบอัดประจุสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบพีไอและแบบสมดุลงำลัง จากการจำลองทั้งการควบคุมทั้ง 2 รูปแบบสามารถควบคุมให้เกิดกระแสคงที่แรงดันคงที่ได้ตามวัตถุประสงค์ โดยที่สามารถควบคุมกระแสคงที่ ณ ค่าความต้านทาน 7.3 Ω ถึง 7.8 Ω และ สามารถควบคุมแรงดันคงที่ ณ ค่าความต้านทาน 10 Ω ถึง 18 Ω

4.2 ผลทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง



รูปที่ 11 (ก) ผลจำลองระบบอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบพีไอ , (ข) ผลจำลองระบบอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง

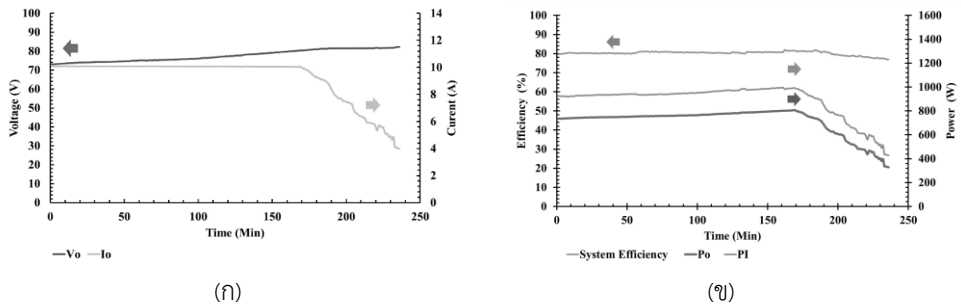
รูปที่ 11 ผลการทดลองระบบอัดประจุสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบพีไอและแบบสมดุลงำลัง ขณะที่โหลดของระบบมีการเปลี่ยนแปลง การควบคุมทั้ง 2 รูปแบบสามารถควบคุมให้เกิดกระแสคงที่แรงดันคงที่ได้ตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับผลการจำลอง โดยที่สามารถควบคุมกระแสคงที่ 10 A ณ ค่าความต้านทาน 7.3 Ω ถึง 7.8 Ω และสามารถควบคุมแรงดันคงที่ 80 V ณ ค่าความต้านทาน 10 Ω ถึง 18 Ω



รูปที่ 12 (ก) ผลจำลองระบบอัดประจุแบบเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบพีไอ, (ข) ผลจำลองระบบอัดประจุแบบเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบสมดุลงำลัง

รูปที่ 12 แสดงผลการทดสอบสถานะเข้าสู่สภาวะคงที่ของผลจำลองระบบอัดประจุแบบเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิที่มีการควบคุมแบบพีไอและการควบคุมแบบสมดุลงำลัง โดยในขณะเปลี่ยนจากโหลดกระแสคงที่เป็นโหมดแรงดันคงที่ การควบคุมแบบพีไอสถานะเข้าสู่สภาวะคงที่อยู่ที่ 200 ms มีโอเวอร์ชูตที่ 15.02 V และการควบคุมแบบสมดุลงำลังสถานะเข้าสู่สภาวะคงที่อยู่ที่ 200 ms มีโอเวอร์ชูตที่ 13.26 V

4.3 ผลการอัดประจุแบบเตอร์แบบกระแสคงที่-แรงดันคงที่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทุติยภูมิกับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน 72 V 50 Ah



รูปที่ 13 แสดงผลกระแสแรงดันและกำลังงานของการอัดประจุแบบเตอร์ 72 V 50 Ah

รูปที่ 13 จากการทดลองและการจำลองระบบการอัดประจุแบตเตอรี่ไอออน 72 V 50Ah ที่ใช้การควบคุมด้านทฤษฎีภูมิด้วยการควบคุมแบบสมมูลกำลัง เริ่มต้นด้วยโหมดการอัดประจุแบบกระแสคงที่ 10 A ที่การควบคุมจะเปลี่ยนเป็นโหมดแรงดันคงที่ที่ 80 V โดยค่ากระแสจะลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการอัดประจุที่ค่าความจุ 90% กำลังงานขาออกสูงสุดที่ได้คือ 785 W และค่าประสิทธิภาพในการอัดประจุสูงสุดที่ 82%

5. สรุป

จากการจำลองและทดลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทฤษฎีภูมิที่ควบคุมการอัดประจุแบบสมมูลกำลังในการทดลองกับแบตเตอรี่แบบชั้นบันไดและแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนระบบสามารถควบคุมให้อยู่ในโหมด CC-CV ตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนได้โดยที่ การควบคุมแบบสมมูลกำลังสภาวะลู่เข้าสภาวะคงที่อยู่ที่ 200 ms มีโอเวอร์ชhoot ที่ 13.26 V ณ ช่วงเปลี่ยนโหมด CC-CV โดยเป็นช่วงมีค่าความต้านทาน 7.8 Ω ไปยังค่าความต้านทาน 10 Ω ระบบสามารถจ่ายกำลังงานขาออกสูงสุด 785 W และระบบควบคุมการอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายด้วยคอนเวอร์เตอร์ด้านทฤษฎีภูมิมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 82%

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] TTB Analytics. (n.d.). ชี 3 ปีข้างหน้า ไทยจะมีจุดชาร์จรถ EV สะสมกว่า 1 หมื่นหัวจ่าย. Retrieved June 6, 2566, from <https://www.ttbank.com/th/newsroom/detail/ev-next-3-years>.
- [2] แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนคืออะไร. (2023, กรกฎาคม 8). Retrieved กรกฎาคม 8, 2023, from <https://www.swapbatterystation.com/lithium-ion-battery>.
- [3] Hwang, S.-H.; Chen, Y.; Zhang, H.; Lee, K.-Y.; Kim, D.-H. Reconfigurable Hybrid Resonant Topology for Constant Current/Voltage Wireless Power Transfer of Electric Vehicles. *Electronics* 2020, 9, 1323. <https://doi.org/10.3390/electronics9081323>.
- [4] นายยุทธนา กันทะพะเยา. (2556). การวิเคราะห์และออกแบบอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 37 หน้า.
- [5] สุชาติ จันทร์จรมานิตย์ ตำราวิชาการระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มกราคม 2555, 315 หน้า.
- [6] Yodwong, J., et al. (2022). A wide bandgap three-level buck converter with power balance control technique for high power density applications – design and simulation. In 2022 25th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEMS56177.2022.9983186>

การพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน บริษัทแห่งหนึ่งใน จังหวัดสระบุรี

รัตนาดี ทองบัวบาน^{1*} บาซิลละธ มาดิเยาะ² วิชิระ วีระผลิน³ และ เพ็ญศิริ นิติมานพ⁴

¹²³⁴คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก ตำบลสมอแข อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

E-mail, ratta_2525@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาและประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน และ 2) ประเมินความรู้ความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน กลุ่มประชากรเป็นหัวหน้าฝ่ายและพนักงานแผนกด้านความปลอดภัยของบริษัทแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี จำนวน 26 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเฉพาะผู้ที่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบจุดเสี่ยงไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 คน การพัฒนาแอปพลิเคชันใช้แพลตฟอร์ม Glide app และเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาด้วย Google Sheet

ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพในระดับดีมาก โดยมีฟังก์ชันการทำงานที่ผู้ใช้พึงพอใจสูงสุด คือ การล็อกอินเข้าสู่ระบบ และความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชันพบว่าพนักงานมีความรู้ในระดับปานกลางก่อนการอบรม และระดับความรู้เพิ่มขึ้นเป็นมากที่สุดหลังการอบรมถ่ายทอดวิธีการใช้งาน

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน การตรวจสอบ จุดเสี่ยงในการทำงาน

Development of a Workplace Hazard Inspection Application in Company Limited, Saraburi Province

Rattanawadee thongbuaban^{1*} Basila madiyou² Wachira Weerapalin³
and Preamsiri Nitimanop⁴

¹²³⁴Public Health Faculty Phitsanulok University Samakae Muang Phitsanuloke 65000

E-mail, ratta_2525@yahoo.com

Abstract

inspection application in the workplace, and (2) assess the knowledge and understanding of using the application to report hazards in the operational area. The population includes department heads and safety department employees of Company in Saraburi Province, totaling 26 people. A sample group was selected, consisting of those with at least 5 years of experience in hazard inspection, totaling 5 people. The application was developed using the Glide app platform and connected to a database system developed with Google Sheets.

The research findings indicated that the application is highly effective, with the most satisfying functions being the login system and the appropriateness of the menu. The evaluation of the knowledge and understanding of using the application showed that employees had a moderate level of knowledge before the training and the level of knowledge significantly increased to the highest level after the training.

Keywords: Application, Workplace Hazard Inspection,

1. บทนำ

จากสถิติการเจ็บป่วยหรือการประสบอันตรายจากการทำงาน ที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมประจำปี 2566 พบว่า มีการเกิดเหตุจำนวน 140 ครั้ง มีการเกิดอัตรากำลัง 109 ครั้ง สารเคมีหกรั่วไหล 13 ครั้ง อุบัติเหตุจากการทำงานกับเครื่องจักร 11 ครั้ง การระเบิด 4 ครั้ง และอื่นอีก 3 ครั้ง โดยประเภทของอุตสาหกรรมเกี่ยวกับ เคมีภัณฑ์ ปิโตรเคมี สารเคมี สารอันตราย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2566) ซึ่งบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี เป็นสถานประกอบการเกี่ยวกับผลิตเคมีภัณฑ์ปูนโลม เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมและยังเป็นผู้ผลิตแร่หินปูนแคลเซียมสูงโดยแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบและวิเคราะห์วัตถุดิบ วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยมีการใช้เครื่องมือวิเคราะห์และสารเคมีในการวิเคราะห์ ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้ 1) สุ่มเก็บตัวอย่างแร่หินปูนจากรถขนส่ง 2) เตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ 3) เตรียมสารเคมีในการวิเคราะห์ 4) ดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเข้มข้น ซึ่งกระบวนการทำงานจะมีความเสี่ยงทุกขั้นตอน เช่น การสุ่มเก็บตัวอย่างแร่หินปูนจากรถขนส่ง พนักงานจะต้องขึ้นบนรถขนส่งเพื่อนำตัวอย่างปูนโลมจากรถขนส่งมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งอาจจะทำให้พนักงานมีโอกาสเสี่ยงต่อการผลัดตกในขณะที่กำลังเก็บตัวอย่างแร่หินปูน หรืออาจจะต้องสัมผัสกับสารเคมีที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย หรือ อาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุกับการใช้งานกับเครื่องมือ เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุของบริษัทในปีพ.ศ 2565 ที่ผ่านมามีการเกิดอุบัติเหตุกับพนักงานวิเคราะห์ตัวอย่าง เช่น พนักงานปฏิบัติหน้าที่ผสมสารเคมีที่จะใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่หินปูน ในขณะที่ผสมสารเคมีนั้นพนักงานได้ทำสารเคมีหกรดบนแขน ทำให้ได้รับบาดเจ็บบริเวณผิวหนังจนเป็นแผล จากการเหตุการณ์นี้ทำให้เกิดความเสียหายต่อร่างกายและทรัพย์สินของทางบริษัท และยังส่งต่อการทำงานล่าช้าออกไปไม่เป็นไปตามในเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของกรณีย์ ชัยวานิชย์(2565) ได้ศึกษางานวิจัยการประเมินความเสี่ยงสุขภาพด้านการใช้สารเคมี ชนิดสารเบนซินและน้ำมันดีเซลของพนักงาน กรณีศึกษาสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่าการสัมผัสสารเคมีมีผลกระทบต่อสุขภาพไม่ว่าจะเป็นการกลืน การสูดดม หรือการสัมผัส ส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องดำเนินการจัดการหรือแก้ไขความเสี่ยงทันที และในปีพ.ศ 2566 พนักงานจะทำการชำระล้างตาที่บริเวณอ่างล้างตาแต่ในบริเวณนั้นมี การชำระของสายไฟ ทำให้พนักงานโดนกระแสไฟฟ้าดูด อุบัติเหตุต่างๆเหล่านี้เป็นสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อร่างกายหรือทรัพย์สินของทางบริษัท ถ้าไม่ได้มีการจัดการกับความเสี่ยงต่างๆอาจจะทำให้เกิดความสูญเสียที่รุนแรงมากขึ้นไปอีก การกำจัดจุดเสี่ยงจึงเป็นมาตรการหนึ่งที่จะช่วยให้การทำงานปลอดภัยมากยิ่งขึ้น(บริษัท เคมีแมน จำกัด (มหาชน), 2567) สอดคล้องกับงานวิจัยของจิตพล ภัยแคล้ว และคณะ ได้ศึกษาความเสี่ยงความปลอดภัยในการทำงาน กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรม ABC ในจังหวัดนครราชสีมา พบว่าความเสี่ยงมาจากการกระทำของคน ความเสี่ยงมาจากเครื่องจักร ความเสี่ยงมาจากสภาพแวดล้อมการทำงานและความเสี่ยงมาจากการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย

จุดเสี่ยงเป็นสิ่งที่อันตรายควรได้รับการรายงานเพื่อทำการแก้ไขอย่างเร่งด่วน จากกฎหมาย พระราชบัญญัติความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานพ.ศ. ๒๕๕๔ ระบุว่า ตามมาตรา ๖ ให้นายจ้างมีหน้าที่จัดและดูแลสถานประกอบการและลูกจ้างให้มีสภาพการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ รวมทั้งส่งเสริมสนับสนุนการปฏิบัติงานของลูกจ้างมิให้ลูกจ้างได้รับอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย จิตใจ และสุขภาพอนามัย และให้ลูกจ้างมีหน้าที่ให้ความร่วมมือกับนายจ้างในการดำเนินการและส่งเสริมด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ลูกจ้างและสถานประกอบการ กฎหมายว่าด้วยเรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน 2566 (ฉบับที่ 5) ให้ผู้ประกอบการโรงงานสามารถขึ้นบัญชีอันตราย ประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากการประกอบกิจการโรงงานได้อย่างเหมาะสมทำให้สามารถควบคุมความเสี่ยงดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและได้รับการแก้ไขทัน จึงนำเทคโนโลยีแอปพลิเคชันความมาช่วยในการทำงานนั้นคือ glide app ซึ่งเป็นระบบที่สามารถแจ้งจุดเสี่ยงได้อย่างรวดเร็วและสะดวกในการแจ้งจุดเสี่ยง จึงนำมาใช้ในการแจ้งจุดเสี่ยง glide app นี้จะมาประยุกต์ใช้เข้ากับการทำงาน อาชีวอนามัยและความปลอดภัยให้กับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ เพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารระหว่างพนักงานกับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ แอปพลิเคชันนี้จะช่วยให้การทำงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ สะดวกและสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็วและยังช่วยให้พนักงานทำงานอย่างปลอดภัยโดยปราศจากความเสี่ยงต่างๆในการปฏิบัติงาน

โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาและประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน และ 2) เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน

ตามกฎกระทรวงนายจ้างมีหน้าที่จัดและดูแลสถานประกอบกิจการและลูกจ้างให้มีสภาพการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ รวมทั้งส่งเสริมสนับสนุน การปฏิบัติงานของลูกจ้างให้ลูกจ้างได้รับอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย จิตใจ และสุขภาพอนามัย และให้ลูกจ้างมีหน้าที่ให้ความร่วมมือกับนายจ้างในการดำเนินการและส่งเสริมด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ (กองความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2554)

2.2 ความเสี่ยง เป็นผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นเกิดอันตรายและผลจากอันตรายนั้น ซึ่งคำนวณได้จากการนำค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสของการเกิดอันตราย คูณกับความรุนแรงของอันตราย มีหลักการสำคัญในการดำเนินการ (วิฑูรย์ สิมะโชคดี และคณะ, 2562) ดังนี้

1) การขจัดอันตราย นายจ้างต้องทำการแจกแจงอันตรายต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแต่ละขั้นตอนของการทำงาน โดยเริ่มตั้งแต่การจัดเก็บ การขนถ่ายหรือขนย้าย การขนส่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต วิธีการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ รวมถึงการซ่อมบำรุง จนเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน

2) การประเมินระดับความเสี่ยง นายจ้างต้องทำการวิเคราะห์ปัจจัยหรือสภาวะการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุ ทำให้เกิดอันตรายหรือมีอันตราย แอบแฝงอยู่ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน ซึ่งนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน และเหตุการณ์เกือบเกิดอุบัติเหตุ เช่น การเกิดเพลิงไหม้การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมีหรือวัตถุอันตราย เป็นต้น โดยพิจารณาถึงโอกาสและความรุนแรงของการเกิดอันตรายเหล่านั้น

3) การจัดทำแผนจัดการความเสี่ยง นายจ้างต้องจัดทำแผนการดำเนินงานในการกำหนดมาตรการความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการจัดการความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการทดลองที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

3.1 การพัฒนาและประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน โดยได้กำหนดวิธีการวิจัย ดังนี้

3.1.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยนี้ คือ หัวหน้าฝ่าย และพนักงานแผนกด้านความปลอดภัย บริษัทแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี จำนวนทั้งหมด 26 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้รวบรวมข้อมูล คือ หัวหน้าฝ่าย และพนักงานแผนกด้านความปลอดภัย บริษัทแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี โดยเลือกแบบเจาะจงเฉพาะผู้ที่มีอายุงานหรือมีประสบการณ์ในการทำงานด้านการตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน ไม่นต่ำกว่า 5 ปี จำนวนทั้งหมด 5 คน

3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งได้ 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1.1 ศึกษาปัญหา และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยง และความปลอดภัย

1.2 พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการแจ้งจุดเสี่ยง ด้วยแพลตฟอร์ม Glide app เพื่อเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาด้วยโปรแกรม Google Sheet ตามขั้นตอนย่อยต่าง ๆ ดังนี้

1.2.1 สร้างข้อมูลดิบจาก Google Sheet เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลหลัก

1.2.2 นำข้อมูลดิบจาก Google Sheet มาแนบในแอปพลิเคชัน

1.2.3 คัดแยกข้อมูลระหว่างผู้รายงานและผู้รับรายงานเพื่อการแจ้งจุดเสี่ยง

2. การประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

วิเคราะห์และประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันโดยมีเกณฑ์ในการจัดกิจกรรม ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินและตรวจสอบจุดเสี่ยงภัยในองค์กร จำนวน 3 คน ทำการประเมิน โดยมีเกณฑ์ประเมิน ดังนี้

5 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก

4 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

3 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง

2 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับพอใช้

1 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน ตามเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.21 – 5.00 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก

3.41 – 4.20 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

2.61 – 3.40 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง

1.81 – 2.60 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับพอใช้

1.00 – 1.80 คะแนน หมายถึงแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3.2 การประเมินความรู้ความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน โดยได้กำหนดวิธีการวิจัย ดังนี้

3.2.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้รวบรวมข้อมูล คือ พนักงานแผนกด้านความปลอดภัย บริษัทแห่งหนึ่งแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี จำนวนทั้งหมด 25 คน

3.2.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จำแนกออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1. จัดทำสื่อให้ความรู้การใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การ

ปฏิบัติงาน โดยใช้โปรแกรม Canva

2. นำสื่อที่ได้จัดทำไปใช้ในการแสดงสื่อให้ความรู้ให้แก่พนักงาน จำนวน 25 คน

3. แจกแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่

การปฏิบัติงาน ในรูปแบบข้อสอบแบบปรนัยกัลกุก - ผิด จำนวน 5 ข้อ และทำการตรวจคำตอบ และคำนวณหาค่าทางสถิติ

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน ด้วยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนา และประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน สามารถสรุปผลแบ่งได้ 3 ส่วน ดังนี้

4.1.1 ผลการศึกษาปัญหา และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยง และความปลอดภัย ดังนี้

1. ผลการศึกษาปัญหาที่พบในองค์กร สรุปได้ดังนี้

1.1 พนักงานพบจุดเสี่ยงในพื้นที่การทำงานแต่ไม่มีการแจ้งให้ทราบ

1.2 กรณีแจ้งทางไลน์หรือแจ้งโดยวาจาสามารถแจ้งได้แต่ส่วนใหญ่พนักงานอยู่ในช่วงปฏิบัติหน้าที่จึงไม่มีเวลาเดินมาแจ้งได้และกรณีแจ้งทางไลน์อาจไม่เห็นเนื่องจากข้อความทางไลน์มีข้อความค่อนข้างเยอะ จึงทำให้พนักงานได้รับอันตรายจากโดนไฟฟ้าดูดเนื่องจากสารเคมีหกแล้วโดนสายไฟที่ชำรุด

2. ผลการศึกษากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยง และความปลอดภัย ที่ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันและกระบวนการตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงาน สรุปได้ดังนี้

2.1 พระราชบัญญัติ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการทำงานและส่งเสริมสุขภาพของแรงงานในสถานที่ทำงาน โดยนายจ้างต้องมีมาตรการในการรักษาสุขภาพและความปลอดภัยในที่ทำงาน เช่น การตรวจสอบสุขภาพประจำปี การป้องกันอุบัติเหตุ การประเมินความเสี่ยง และการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพและความปลอดภัยของแรงงาน และต้องรายงานการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในที่ทำงานตามที่กฎหมายกำหนด

2.2 มาตรฐานการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยควรต้องระบุและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในที่ทำงาน การตรวจสอบสถิติการบาดเจ็บและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์และรายงานความเสี่ยงจากกิจกรรมหรือสภาพแวดล้อมการทำงาน การประเมินการเผชิญกับสารเคมีหรืออันตรายจากเครื่องจักร มีการใช้เทคนิคการประเมินความเสี่ยงที่รู้จัก เช่น HAZOP (Hazard and Operability Study) และการใช้มาตรฐานอุตสาหกรรมหรือเกณฑ์ที่มีอยู่เพื่อประเมินความเสี่ยงตามหลักการต่าง ๆ รวมทั้งมีการติดตามผลการดำเนินการจัดการความเสี่ยงเพื่อตรวจสอบว่ามีการปรับปรุงหรือการแก้ไขที่เหมาะสมหรือไม่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสี่ยงเดิมซ้ำอีกครั้ง

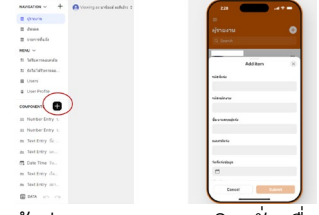
4.1.2 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการแจ้งจุดเสี่ยงมีขั้นตอนดังนี้

4.1.2.1 สร้างข้อมูลดิบจาก google sheet เช่น ข้อมูลผู้รายงาน รายการที่แจ้ง เป็นต้น

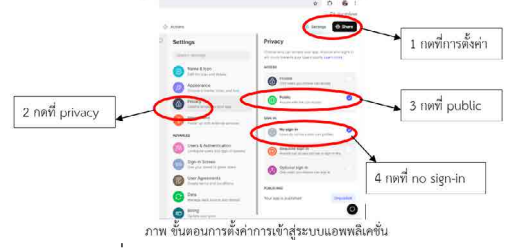
4.1.2.2 เข้าสู่แอปพลิเคชัน (glide app)

4.1.2.3 หลังจากเข้าแอปพลิเคชัน (glide app) และทำการนำข้อมูลดิบจาก google sheet แนบเข้ามา โดยวิธีการนำข้อมูลให้กด New app แล้วเลือก Google sheets หลังจากนั้นให้กด Create app และให้เลือกไฟล์ที่บันทึกใน Google sheets

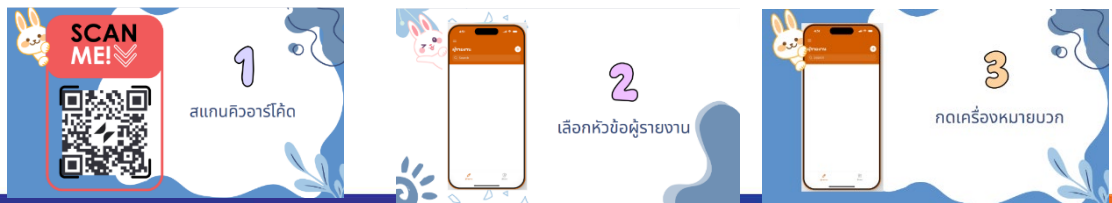
4.1.2.4 หลังจากแนบข้อมูลดิบเข้าแล้วทำการคัดแยกข้อมูลระหว่างผู้รายงานและผู้รับรายงานเพื่อสะดวกในการแจ้ง ในกรณีที่จะเพิ่มข้อมูลเพิ่มเติมจากที่สร้างข้อมูลสามารถเพิ่มได้โดยกดเครื่องหมายบวก



4.1.2.5 ทำการตั้งค่าการเข้าสู่ระบบของแอปพลิเคชันเพื่อความสะดวกในการเข้าสู่ระบบ สามารถตั้งค่าการเข้าสู่ระบบได้ตามที่ต้องการ และสามารถตั้งค่าการเข้าสู่ระบบได้ ดังภาพ



4.1.2.6 ผลการสร้างแอปพลิเคชันดังภาพ





ภาพที่ 1 - 8 หน้าจอฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของแอปพลิเคชันสำหรับการแจ้งจุดเสี่ยง



ภาพ 9 อินโฟกราฟิกขั้นตอนการการแจ้งจุดเสี่ยงผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น

4.1.3 ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงานพบว่า ประสิทธิภาพการใช้แอปพลิเคชันภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.48$, $SD = 0.10$) จึงถือว่าผ่านเกณฑ์เป็นไปตาม ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพของโครงการ โดยมีเกณฑ์ระดับคะแนน ดังนี้

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ได้แก่ ด้านการใช้งานแอปพลิเคชันภาพรวมการ ล็อกอินเข้าสู่ระบบ ($\bar{X} = 4.60, SD = 0.64$) ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน ($\bar{X} = 4.4$, $SD = 0.86$) ความง่ายในการ ใช้งาน ($\bar{X} = 4.32, SD = 0.80$) ความเร็วของแอปพลิเคชัน ($\bar{X} = 4.32$, $SD = 0.80$) ความเสถียรของแอปพลิเคชัน ($\bar{X} = 4.56, SD = 0.58$) ด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน รูปแบบตัวอักษร อ่าน เข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.40, SD = 0.86$) ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม ($\bar{X} = 4.6$, $SD = 0.64$) การเลือกใช้สีตัวอักษรและพื้นหลัง ($\bar{X} = 4.48, SD = 0.87$) ลำดับขั้นตอนการรายงานความเสี่ยง ($\bar{X} = 4.24, SD = 0.83$) ความน่าสนใจของแอปพลิเคชัน ($\bar{X} = 4.56, SD = 0.71$) ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่ระบบได้ง่าย และสะดวก ($\bar{X} = 4.52, SD = 0.71$) ผู้ใช้งาน สามารถดูความบคืบหน้าได้อย่างสะดวก ($\bar{X} = 4.72, SD = 0.61$) ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลในแอปพลิเคชันได้อย่าง รวดเร็ว ($\bar{X} = 4.48, SD = 0.65$) ภาพรวมของด้านประสิทธิภาพการใช้งานของบแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม ($\bar{X} = 4.6, SD = 0.10$)

4.2 ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน สรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเปรียบเทียบก่อนและหลังการอบรมให้ความรู้เรื่องการใช้ แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน

ความรู้	\bar{X}	S.D.	แปลผล
ความรู้ก่อนการอบรมการใช้แอปพลิเคชัน	2.64	1.44	มีความรู้ในระดับปานกลาง
ความรู้หลังการอบรมการใช้แอปพลิเคชัน	5.00	0.47	มีความรู้ในระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า พนักงานจำนวน 25 คน มีคะแนนเฉลี่ยของระดับความรู้เรื่องการใช้แอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงานของพนักงานก่อนการอบรมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.64$, $SD = 1.44$) และหลังการอบรมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, $SD = 0.47$)

5.อภิปรายผล

การใช้ Gild App และ Google Sheets เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันในการแจ้งจุดเสี่ยงในพื้นที่การปฏิบัติงาน มีความสามารถในการส่งแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไปยังผู้ใช้งานได้อย่างทันที เช่น เมื่อมีการรายงานจุดเสี่ยงหรืออุบัติเหตุเกิดขึ้น ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถได้รับการแจ้งเตือนทันที ทำให้สามารถวางแผนการป้องกันได้รวดเร็ว รวมทั้ง แอปพลิเคชัน Gild App มีการออกแบบให้ใช้งานง่าย สามารถปรับเปลี่ยนและปรับทำให้เข้ากับกระบวนการการทำงานขององค์กรได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะณัฐ ปลอดภัย และ สุภารัตน์ ชัยกิตติภรณ์ (2565) ที่ประยุกต์ใช้โค้ดแอป และการแจ้งเตือนทางไลน์สำหรับตรวจสอบปั้นจั่นส่งผลดีต่อหน่วยงานโดยช่วยป้องกันการสูญหายของข้อมูลการตรวจสอบปั้นจั่น มีฐานข้อมูลการตรวจสอบปั้นจั่นออนไลน์สามารถตรวจสอบได้ตลอดเวลาหน่วยงานความปลอดภัยและหัวหน้างานสามารถติดตามผลการใช้งานปั้นจั่นผ่านการแจ้งเตือนได้โดยทันที และยังมีประโยชน์ต่อตัวพนักงานทุกคนที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับปั้นจั่น ทำให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ Gild App สามารถทำงานร่วมกับ Google Sheets ได้แบบเรียลไทม์ ที่เปิดให้ผู้ใช้สามารถแชร์และเข้าถึงข้อมูลพร้อมกันได้ง่าย ทำให้ทีมงานสามารถทำงานร่วมกัน และปรับปรุงข้อมูลได้โดยทันที อีกทั้ง Google Sheets มีระบบการควบคุมความปลอดภัยที่ดี ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลและการแก้ไขข้อมูลได้ ทำให้ข้อมูลที่สำคัญและเชิงลึกขององค์กรได้รับการป้องกันอย่างเหมาะสม ในการประยุกต์ใช้อินโฟกราฟิกนำเสนอขั้นตอนการการแจ้งจุดเสี่ยงผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจถึงขั้นตอนทั้งหมดที่ต้องทำเพื่อรายงานและจัดการจุดเสี่ยงได้อย่างชัดเจน เนื่องเป็นการนำเสนอข้อมูลผ่านแผนภาพที่ใช้สัญลักษณ์และข้อความที่ชัดเจน เช่น การใช้สัญลักษณ์รูปแบบต่าง ๆ เพื่อแสดงถึงขั้นตอนการทำงาน และคำอธิบายเพิ่มเติม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิชญ์นันทน์ รักชาวศ์ (2562) ได้พัฒนาอินโฟกราฟิก เรื่อง ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม ซึ่งอินโฟกราฟิก ช่วยสรุปเนื้อหาของบทความและเน้นจุดสำคัญสำหรับการนำเสนอ และแปลงข้อมูลที่เป็นข้อความที่เป็นกราฟิกที่มองเห็นได้ สามารถนำเสนอหัวข้อองค์ความรู้ได้อย่างครอบคลุมองค์ประกอบทั้งหมดที่ต้องการสื่อสารความรู้กับผู้ใช้อย่างครบถ้วน ส่งผลให้ ผู้รับสื่อมีความพึงพอใจในอินโฟกราฟิกที่สร้างขึ้นในภาพรวมระดับมากที่สุด

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

6.1.1 การบูรณาการแอปพลิเคชันกับระบบการจัดการความปลอดภัยที่มีอยู่เพื่อให้กระบวนการรายงานและการติดตามพื้นที่เสี่ยงในองค์กรที่สอดคล้องกับกฎหมายและมาตรฐานด้านความปลอดภัยต่างๆ

6.1.2 มีการอัปเดตและบำรุงรักษาแอปพลิเคชันอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยและความต้องการของผู้ใช้ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้

6.1.3 จัดฝึกอบรมที่ครอบคลุมและการสนับสนุนต่อเนื่องให้กับพนักงานเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการใช้แอปพลิเคชันอย่างเต็มประสิทธิภาพ

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

6.2.1 ควรพัฒนาแอปพลิเคชันที่รองรับการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินที่ทันสมัยและอาจมีการปรับเปลี่ยนได้

6.2.2 ควรมีการเปรียบเทียบผลที่ชี้ไปถึงประสิทธิภาพด้านความรวดเร็ว และการลดภาระงานของพนักงาน ในมุมมองการใช้ระบบเอกสารเทียบวัดกับแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- การุณย์ ชัยวานิชย์. (2565). การประเมินความเสี่ยงสุขภาพด้านการใช้สารเคมี ชนิดสารเบนซินและน้ำมันดีเซลของพนักงาน กรณีศึกษาสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ห้างหุ้นส่วนจำกัดปริตปิโตรเลียม. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ , 2(1), 21-35.
- กองความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2554). คำอธิบายสรุปสาระสำคัญของพระราชบัญญัติความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554. กรุงเทพฯ : กอนิตกร.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2566). สรุปสถิติการเกิดอุบัติเหตุโรงงานประจำปี 2566. สืบค้นจาก <http://reg3.div.go.th/safety/wp-content/uploads/2024/01/acc1-12-66.pdf>
- จัดพล ภัยแคล้ว และ และคณะ. (2563). ความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในการทำงาน กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรม ABC ในจังหวัดนครราชสีมา. National Graduate Research Conference , 19(1), 43-51.
- บริษัท เคมีแมน จำกัด (มหาชน). (2567). รายงานผลการสัมภาษณ์ผู้จัดการฝ่ายตรวจสอบจุดเสี่ยงในการทำงานบริษัทเคมีแมน จำกัด (มหาชน) สาขาแก่งคอย จังหวัดสระบุรี. กรุงเทพฯ : บริษัท เคมีแมน จำกัด (มหาชน).
- ปิยะณัฐ ปลอดภัย และ สุภารัตน์ ชัยกิตติภรณ์. (2565). การประยุกต์ใช้ Glide App และการแจ้งเตือนผ่านไลน์สำหรับการตรวจสอบป็นจันภายในบริษัทผลิตปุ๋ยเคมี. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 32(1), 39-46.
- พิชญ์นันท์ รักชาวงศ์. (2562). การพัฒนาอินโฟกราฟิก เรื่อง ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วิฑูรณ์ สิมะโชคดี และคณะ. (2562). มาตรฐานการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน(SHS 402 : 2018). (ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ ฯ สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน(องค์การมหาชน)

ประสิทธิผลการฝึกอบรมการใช้ฐานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI ของ บริษัทให้บริการโซลูชันผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร

ศุภัทนันท์ รักพงษ์^{1*} เมขลา กลิ่นหอม² วิจิตร ไสยาศรี³ และ นัฐพล จำปาเทศ⁴

^{1,2,3,4}คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก ที่อยู่ 93 หมู่ 5 ตำบลสมอแข อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

*supattananr@plu.ac.th, โทร 083-2679165

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI และ 2) ศึกษาประสิทธิผลการฝึกอบรมการใช้ฐานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI บริษัทให้บริการโซลูชันผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นพนักงานแผนกความปลอดภัยจำนวน 9 คน ซึ่งใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Paired t-Test

ผลการวิจัยพบว่า สามารถสร้างและพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI โดยมีการศึกษาประสิทธิผลของการสร้างและการฝึกอบรมการใช้ฐานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI ซึ่งมีการประเมินระดับคุณภาพการใช้งานโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ในภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.50, S.D = 0.61$) ผลการประเมินระดับความรู้ของพนักงานที่เข้าร่วมอบรมเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างระบบฐานข้อมูล พบว่า รายบุคคล มีระดับความรู้ก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับปานกลาง ระดับความรู้หลังการฝึกอบรมอยู่ในระดับดีมาก และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของก่อนและหลังระดับความรู้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และระดับความพึงพอใจรวมทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.34, S.D = 0.53$) ซึ่งสามารถมาใช้ประโยชน์สำหรับเก็บข้อมูล นำเสนองาน สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนเมื่อครบกำหนดการอบรมและประมวผลที่แม่นยำมากขึ้น และมีการจัดระบบฐานข้อมูลในรูปแบบใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานด้านการปฏิบัติงาน ด้านการวางแผนงาน

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ การฝึกอบรม โปรแกรมพาวเวอร์บีไอ ข้อมูลด้านความปลอดภัย

Effectiveness of Safety Database Training Using Power BI at a Lubricant Product Solutions Company in Samut Sakhon Province

Supattanan Rukpong^{1*}, Mekkala Klinhom², Vijit Saiyasri³ and Nattapol Jumpated⁴

^{1,2,3,4} Faculty of Public Health, Phitsanulok University, Address 93 Moo 5 Samokhae district, Mueng, Phitsanulok Province 65000

*supattananr@plu.ac.th , Tel 083-2679165

Abstract

This research aims to: 1) develop a safety database system using Power BI and 2) study the effectiveness of training on the use of the safety database using Power BI at a lubricant product solutions company in Samut Sakhon Province. The study population was 9 employees from the safety department, and statistical analyses such as percentage, mean, standard deviation, and Paired t-Test were used.

The results showed that a safety database system could be created and developed using Power BI, and the effectiveness of the creation and training on the use of the safety database using Power BI was evaluated. The overall quality of the database system and the presentation of safety data using Power BI was rated as very good ($\bar{x} = 4.50, S.D = 0.61$). The assessment of the employees' knowledge level who participated in the training to develop database system skills showed that their individual knowledge level was at a moderate level before the training and at an excellent level after the training. The comparison of the difference in knowledge level before and after the training was statistically significant at 0.05, and the overall satisfaction level was also rated as very good ($\bar{x} = 4.34, S.D = 0.53$). The system can be used to store data, present work, set up training reminders, and provide more accurate processing. It also involves a new database system that integrates technology into operational and planning work, and can be used to check and identify the type of content received, such as news, reviews, fiction, academic, and marketing.

Keywords: Effectiveness, Training, Power BI Program, Safety Database

1. บทนำ

ในปัจจุบันการจัดการระบบการเก็บข้อมูลของการบริหารงานด้านเอกสารงานความปลอดภัย มีหลากหลายงานที่ต้องจัดทำรายงานนำเสนอ และจัดส่งสำนักงานสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน มีข้อมูลเอกสารด้านความปลอดภัยหลากหลายข้อมูล อาทิ การอบรม Basic fire การอบรมจป.หัวหน้างาน การอบรมจป.บริหาร และการเก็บสถิติการเกิดอุบัติเหตุ ทำให้การจัดการข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน และอาจส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการอบรมเพื่อให้สอดคล้องกับกฎหมาย จึงนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Power BI เช่น มีการค้นหาไฟล์งานข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการผ่านการอบรม Basic Fire การอบรมจป.หัวหน้างาน การอบรมจป.บริหาร และการเก็บสถิติการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อให้การเก็บข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลรวดเร็วและการนำเสนองานเกิดการสื่อสารที่ง่ายขึ้น และยังสามารถแสดงสารสนเทศการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลเป็นแผนภูมิ กราฟ ฮิสโตแกรม เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร(ดวงใจ ใจกล้าและคณะ, 2567)

จากการศึกษาและสำรวจเรื่องการจัดการระบบข้อมูลเอกสารเกี่ยวกับงานด้านความปลอดภัยและแนวทาง ในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงานระบบข้อมูลของโปรแกรม Microsoft Excel และPower BI ดังนั้นผู้จัดทำโครงการจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญ ในการทำงานให้มีการจัดเก็บฐานข้อมูลให้มีความเป็นระเบียบมากขึ้น โดยสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI และสถิติการสร้างโปรแกรมไว้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลและนำเสนองานให้มีความสะดวกและรวดเร็ว ต่อการค้นหาเอกสาร แล้วยังสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนเมื่อครบกำหนดการอบรมและประมวลผลที่แม่นยำมากขึ้น และมีการจัดระบบฐานข้อมูลในรูปแบบใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานด้านการปฏิบัติงาน ด้านการวางแผนงาน ด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการจัดเก็บฐานข้อมูล และใช้ร่วมกับโปรแกรม Power BI สำหรับการนำเสนองานในที่ประชุมจากการศึกษาและสำรวจเรื่องการจัดการระบบข้อมูลเอกสารเกี่ยวกับงานด้านความปลอดภัยและแนวทางในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงานระบบข้อมูลของโปรแกรม Microsoft Excel และPower BI

โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) พัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ของบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการฝึกอบรมการใช้งานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI ของบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจัดการฐานข้อมูล ในงานฐานข้อมูลที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก สามารถใช้โปรแกรม Excel จัดการได้ ซึ่งทำงานได้คล่องตัวกว่า และสามารถถ่ายโอนข้อมูลไปยังโปรแกรมฐานข้อมูลอื่นๆ ได้ด้วย ใน file ข้อมูลที่สร้างบน Worksheet สามารถสร้าง Sheet ได้มากกว่า 300 sheets ในแต่ละชีทบันทึกได้มากกว่า 1,048,000 record (row) แต่ละเรคคอร์ดสามารถกำหนดเขตข้อมูล(field: column) ได้จำนวนมากเป็น factorial ของ A-Z จนถึงคอลัมน์ที่ XFD ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจำนวนฟิลด์ต่อเรคคอร์ด, จำนวนเรคคอร์ดต่อชีท และจำนวนชีทต่อไฟล์ ของ Excel นั้นเอื้อให้มากกว่าความจำเป็นในการบันทึกข้อมูลของหน่วยงานเล็กๆหรือฐานข้อมูลขนาดเล็กๆ นอกจากนั้น Excel ยังมี Function ที่ช่วยในการใช้งานฐานข้อมูลอยู่มากมาย เช่น

2.1.1 สามารถเรียงลำดับข้อมูลได้ โดยเข้าไปที่แท็บ Data -> Sort

2.1.2 การค้นหากรองข้อมูล โดยเข้าไปที่แท็บ Data -> Filter

2.1.3 การคำนวณหาผลรวม, ค่าเฉลี่ย, ค่าก-max ผลคูณ ผลคูณ-หาร โดยเข้าไปที่แท็บ Formulas -> Insert Function -> Database หรือ Math & Trig ซึ่งมีให้เลือกอีกมากมาย

2.1.4 การนับจำนวน โดยเข้าไปที่แท็บ Formulas -> Insert Function > Database -> Dcount

2.1.5 การคำนวณทางสถิติ โดยเข้าไปที่แท็บ Formulas -> Insert Function -> Database -> statistical ฯลฯ

และยังจัดรูปแบบบรรณถึงพิมพ์รายงานได้ตามต้องการ สามารถดึงข้อมูลไปสร้างกราฟเพื่อทำรายงานได้โดยไม่ต้องสร้างข้อมูลใหม่(นางสาวรมณีย์ เจริญทรัพย์)

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับMicrosoft Power BI เป็นแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Microsoft เพื่อใช้ป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างและแบ่งปันข้อมูลเชิงลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ Microsoft Power BI มีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 Microsoft Power BI Desktop คือ แอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อข้อมูล แปลงข้อมูล และสร้างแผนภูมิ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1.1 การเชื่อมต่อข้อมูล สามารถเชื่อมต่อหรือนำเข้าข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ที่ได้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ทั้งที่อยู่ในรูปแบบของไฟล์ออฟไลน์ เช่น Excel CSV และ XML เป็นต้น และแหล่งข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ Facebook และ Azure เป็นต้น

2.2.1.2 การแปลงข้อมูล ข้อมูลที่เชื่อมต่อกัน Microsoft Power BI Desktop ผู้ใช้งานการเปลี่ยนชนิดข้อมูล เอาคอลัมน์ออก หรือรวมข้อมูลจากหลายแหล่ง เป็นต้น ดังนั้น หากประเภทของข้อมูลไม่ตรงกับความต้องการ ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลงประเภทของข้อมูลได้ (ชาญชัย คำภา, 2020)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

3.1 ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรในการวิจัยนี้ คือ พนักงานแผนกความปลอดภัย จำนวนทั้งหมด 9 คน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาข้อมูลของโปรแกรม Microsoft Excel ในการเก็บรวบรวมข้อมูลงาน และใช้โปรแกรม Power BI ในการนำเสนองานที่มีการแสดงผลแบบหน้าจอเดียว

2) สร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัย ได้แก่ ข้อมูลการอบรม Basic Fire และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI

3) ศึกษาประสิทธิภาพของใช้งานโปรแกรมระบบฐานข้อมูลการฝึกอบรมการใช้งานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI โดยศึกษาคุณภาพการใช้งานของโปรแกรม ประเมินผลความรู้ก่อนและหลังการใช้งานของโปรแกรม และศึกษาผลการประเมินความพึงพอใจของโปรแกรม

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

1) แบบประเมินคุณภาพการใช้งานโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ประกอบด้วย 1) ด้านความเหมาะสมของโปรแกรม และ 2) ด้านการใช้งานของโปรแกรม โดยมีคะแนนการประเมิน ดังนี้

5 คะแนน หมายถึง การใช้งานระดับมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง การใช้งานระดับมาก

3 คะแนน หมายถึง การใช้งานระดับปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง การใช้งานระดับน้อย

1 คะแนน หมายถึง การใช้งานระดับน้อยที่สุด

2) แบบประเมินความรู้ของพนักงานที่เข้าร่วมอบรมเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI โดยมีจำนวน 20 ข้อ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้โปรแกรมในการสร้างระบบฐานข้อมูล ด้านการนำโปรแกรมการสร้างระบบฐานข้อมูลไปใช้งาน ด้านความรู้โปรแกรม Power BI และด้านการนำโปรแกรม Power BI ไปใช้งาน

3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการอบรมเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI โดยมีคะแนนการประเมิน ดังนี้

5 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับมาก

3 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับน้อย

1 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับน้อยที่สุด

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ผลการประเมินระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI สถิติประเภทนี้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

วิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูป และแปลผลค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ โดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert-type Scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

- 4.21 – 5.00 คะแนน อยู่ในระดับ ดีมาก
- 3.41 – 4.20 คะแนน อยู่ในระดับ ดี
- 2.61 – 3.40 คะแนน อยู่ในระดับ ปานกลาง
- 1.81 – 2.60 คะแนน อยู่ในระดับ พอใช้
- 1.00 – 1.80 คะแนน อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

2) การวิเคราะห์ผลการประเมินระดับความรู้ของพนักงานที่เข้าร่วมอบรมเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI โดยใช้คะแนนรายบุคคล แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ มีความรู้ระดับดีมาก ดี ปานกลาง และพอใช้ และแปลผลค่าเฉลี่ยตามรายได้ แบ่งตามเกณฑ์ โดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert-type Scale) ซึ่งมี 4 ระดับ ดังนี้

- 6.01 – 9.00 คะแนน อยู่ในระดับความรู้มาก
- 3.01 – 6.00 คะแนน อยู่ในระดับความรู้ปานกลาง
- 0.00 – 3.00 คะแนน อยู่ในระดับรู้น้อย

และเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความรู้ก่อนและหลังการอบรมและการใช้งานโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI โดยใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่า Paired t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) การวิเคราะห์ผลการประเมินระดับความพึงพอใจต่อการอบรมเพื่อพัฒนาการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI โดยใช้ค่าเฉลี่ย และแปลผลค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ โดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert-type Scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

- 4.21 – 5.00 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับมากที่สุด
- 3.41 – 4.20 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับมาก
- 2.61 – 3.40 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับปานกลาง
- 1.81 – 2.60 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับน้อย
- 1.00 – 1.80 คะแนน หมายถึง พึงพอใจระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ของบริษัทให้บริการโซลูชันผลิตภัณฑ์ น้ำมันหล่อลื่นแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร มีรายละเอียดและขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม ดังนี้

4.1.1 สร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมาก และสามารถคำนวณได้แบบง่ายในข้อมูลการอบรม Basic Fire โดยมีการแบ่งหัวข้อในการจัดเรียงข้อมูล ได้แก่ รหัสพนักงาน ชื่อ-สกุล แผนก จำนวนคนในแผน สถานที่ปฏิบัติงาน จำนวนคนในพื้นที่ สถานการณ์อบรม จำนวนการอบรม วันที่รับการอบรม จำนวนร้อยละของแผนกที่เข้าอบรม จำนวนร้อยละของแผนกที่เข้าอบรมจำนวนคน ดังรูปที่ 1

รหัสน	ชื่อ	แผนก	จำนวนคนในแผนก	สถานที่ปฏิบัติงาน	จำนวนคนในพื้นที่	สถานะการอบรม	อบรมแล้ว	ไม่ได้อบรม	บริษัท
4305017	นายพงษ์เทพ เทพทวี	IAT	2	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4605011	นายประมวล เทศนา	PE	5	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4507034	นายสมชาย มณีโชคชัย	IC	12	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4405019	นายสุกิจ ไบสน	CB	8	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4504014	น.ส.วันวิสา ลีวงศ์พัก	CB	8	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4504018	น.ส.ธัญญา เกตุแก้ว	SOS	8	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4607015	นายปริษา ไบสน	FI	8	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4406027	นายสุรศักดิ์ ลมสูงเนิน	EN	16	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4507031	น.ส.ศศิธร อ้นสุกัน	IC		PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
3807210	นายปริษา รอมทอง	GP	27	PSP 1	105	อบรมแล้ว	1		505
4612025	นายประพัฒน์ เลิศมहाภทธี	SD	1	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4203009	นายศศิลา คำแห่งกุล	QC	29	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4211044	นายกิตติศักดิ์ สุทธิธนาคม	LBD	2	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4307025	นางมีพามา นวลจันทร์	JT	22	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4707013	น.ส.ปติลา หัมพันทอง	QC		PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4804009	นางรพีพร เลิศมहाภทธี	LBD		PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4704003	น.ส.มริดา ครอบรักษา	PK	4	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4805022	นายเกียรติพงษ์ สีนธวานา	LP	51	PSP 1	105	อบรมแล้ว	1		505
3807208	นายสุรศักดิ์ ภูแสง	TL	29	PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
3509121	นายวีระพงศ์ โกลกรัตย	JT		PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
3906253	นายประเสริฐ สุดสงวน	JT		PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505
4306021	นายศารายู ดันหลงขจร	QC		PSP 2	346	อบรมแล้ว	1		505

รูปที่ 1 ผลการสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัย

4.1.2 สร้างโปรแกรมการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ตามข้อมูลงานที่ต้องการแก้ไขปัญหา เป็นโปรแกรมที่ใช้แสดงผลในหน้าจอเดียว โดยมีหัวข้อที่สามารถเลือกแสดงใน Power BI ได้แก่ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลการสร้างโปรแกรมการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI

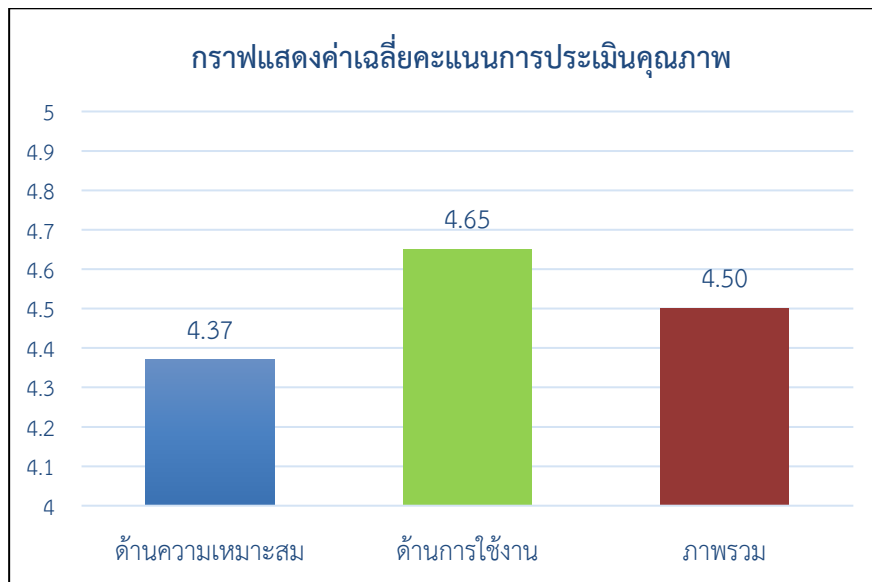
4.1.3 จัดทำคู่มือ โดยการใช้วิธีการบรรยายพร้อมภาพประกอบ จัดทำเป็นรูปเล่มคู่มือการสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI

4.1.4 สาธิตการสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลโดยใช้ Power BI และให้พนักงานแผนกความปลอดภัยฝึกปฏิบัติและทดลองใช้งานโปรแกรม

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิผลการฝึกอบรมพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ของบริษัทให้บริการโซลูชันผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร

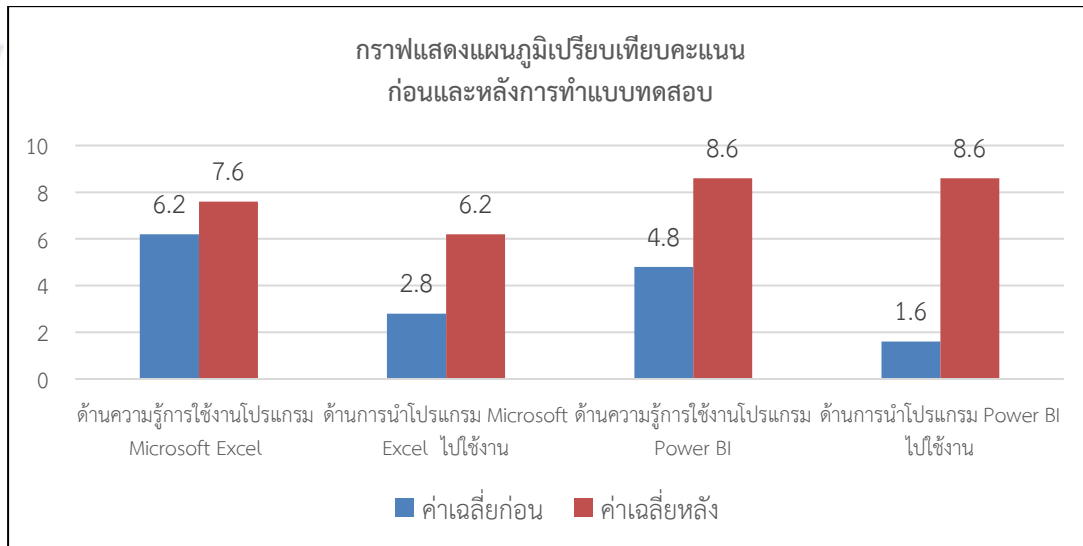
4.2.1 ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป พนักงานแผนกความปลอดภัยจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 100 เป็นเพศชายจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 เป็นเพศหญิงจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33

4.2.2 ผลการประเมินระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI สรุปได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า ระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก($\bar{x} = 4.50, S.D = 0.61$) แบ่งเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านความเหมาะสมมีระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมอยู่ในระดับดีมาก($\bar{x} = 4.37, S.D = 0.59$) ด้านการใช้งานมีระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมอยู่ในระดับดีมาก($\bar{x} = 4.65, S.D = 0.55$)



รูปที่ 3 ผลของระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI

4.2.3 ผลการประเมินระดับความรู้ของพนักงานที่เข้าร่วมอบรมเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI สรุปได้ดังรูปที่ 4 และตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า รายบุคคลมีระดับความรู้ก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับปานกลาง($\bar{x} = 8.56, S.D = 2.01$) ระดับความรู้หลังการฝึกอบรมอยู่ในระดับดีมาก($\bar{x} = 17.22, S.D = 1.86$) และเมื่อแบ่งตามรายด้านพบว่า ระดับความรู้ด้านการใช้งานของโปรแกรม Microsoft Excel ก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับมาก($\bar{x} = 6.20, S.D = 2.59$) หลังการฝึกอบรมอยู่ในระดับมาก($\bar{x} = 7.60, S.D = 1.14$) ด้านการนำโปรแกรม Microsoft Excel ไปใช้งาน ก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับน้อย($\bar{x} = 2.80, S.D = 1.92$) หลังการฝึกอบรมอยู่ในระดับมาก($\bar{x} = 6.20, S.D = 2.59$) ด้านความรู้การใช้งานโปรแกรม Power BI ก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับปานกลาง($\bar{x} = 4.80, S.D = 1.64$) หลังการฝึกอบรมอยู่ในระดับดีมาก($\bar{x} = 8.60, S.D = 0.89$) ด้านการนำโปรแกรม Power BI ไปใช้งานก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับปานกลาง($\bar{x} = 1.60, S.D = 1.34$) หลังการฝึกอบรมอยู่ในระดับดีมาก($\bar{x} = 8.60, S.D = 0.55$) และจากตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของก่อนและหลังระดับความรู้การฝึกอบรมพัฒนาการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI พบว่า ความรู้ในการใช้งานโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05



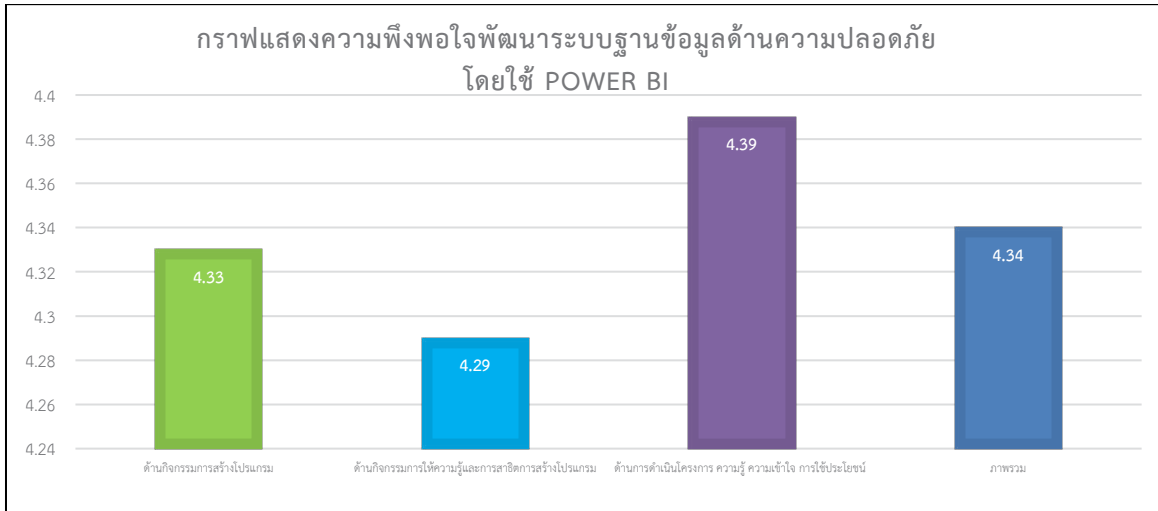
รูปที่ 4 ผลของระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระดับความรู้การฝึกอบรมพัฒนาการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI

การทดสอบ	μ	σ	t	P-Value
ระดับความรู้				
ก่อนการฝึกอบรม	8.56	2.01	-9.656*	0.000
หลังการฝึกอบรม	17.22	1.86		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2.4 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจต่อการอบรมเพื่อพัฒนาการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI สรุปได้ดังรูปที่ 5 ซึ่งพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.34, S.D = 0.53$) แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านกิจกรรมการสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลโดยใช้ Microsoft Excel และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.33, S.D = 0.51$) 2) ด้านกิจกรรมการให้ความรู้และการสาธิตการสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ($\bar{x} = 4.29, S.D = 0.50$) และ 3) ด้านการดำเนินกิจกรรม ความรู้ ความเข้าใจ การใช้ประโยชน์ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.39, S.D = 0.58$)



รูปที่ 5 ผลระดับความพึงพอใจพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า การสร้างและพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI มาเป็นตัวช่วยในการนำเสนอข้อมูลในงานด้านความปลอดภัย ไว้ใช้สำหรับเก็บข้อมูล การค้นหาเอกสารและนำเสนองานให้มีความสะดวกรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของญาณภัทร เรื่องสกุลและกฤต นาคศิลป์วิจิตร(2564) เรื่องระบบวิเคราะห์ข้อมูลนิติตด้วย Power BI โดยมีการนำโปรแกรม Microsoft Excel มาประยุกต์ใช้สำหรับการเตรียมข้อมูล และส่งข้อมูลเพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลนิติตด้วย Power BI แล้วนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับนิติตในด้านต่างๆ เช่นเดียวกันกับงานวิจัยนี้ และยังสามารตั้งค่าการแจ้งเตือนเมื่อครบกำหนดการอบรมและประมวลผลที่แม่นยำมากขึ้น และมีการจัดระบบฐานข้อมูลในรูปแบบใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานด้านการปฏิบัติงาน ด้านการวางแผนงาน ด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการจัดเก็บฐานข้อมูล และใช้ร่วมกับโปรแกรม Power BI สำหรับการนำเสนองานในที่ประชุมได้

จากการสร้างและพัฒนามีการศึกษาประสิทธิภาพของการสร้างและการฝึกอบรมการใช้งานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI มีการศึกษาประสิทธิภาพการฝึกอบรมการใช้งานข้อมูลด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI ซึ่งมีการประเมินระดับคุณภาพการใช้งานของโปรแกรมระบบฐานข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัย โดยใช้ Power BI ภาพรวมอยู่ในระดับดีมากสอดคล้องกับงานวิจัยของญาณภัทร เรื่องสกุลและกฤต นาคศิลป์วิจิตร (2564) เรื่องระบบวิเคราะห์ข้อมูลนิติตด้วย Power BI ซึ่งมีผลการประเมินความพึงพอใจด้านคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุดด้วยเช่นกัน โดยมีรูปแบบการแสดงผลที่แม่นยำ สามารถประมวลผลข้อมูลแสดงผลกราฟและนำเสนอผลของข้อมูลได้ละเอียดชัดเจน มีขั้นตอนการใช้งานที่ง่าย สะดวกและรวดเร็ว สอดคล้องกับหัวข้องาน ได้แก่ การเปรียบเทียบข้อมูลใช้ เป็นกราฟแผนภูมิในการแสดงผลหรือการเลือกรูปกราฟที่จะแสดงผลแบบวันที่ เป็นต้น และจากการศึกษาข้อมูลระดับความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรมและการใช้งานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีการประเมินระดับความพึงพอใจต่อการอบรมเพื่อพัฒนาการสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลงานด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI พบว่ามีระดับความพึงพอใจรวมทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก และในด้านการนำไปใช้งานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงใจ ใจกล้าและคณะ(2024) เรื่องการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม Power BI ในการวิเคราะห์ข้อมูลผลการดำเนินงาน โรงพยาบาลทันตกรรม มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งมีระดับความพึงพอใจรวมทุกด้านอยู่ในระดับดีและในด้านการนำไปใช้งาน มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งมีรูปแบบที่เข้าใจง่าย แสดงสารสนเทศการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลเป็นแผนภูมิ กราฟ ฮิสโตแกรม ในการนำเสนอข้อมูลและการแสดงผลของข้อมูลยังช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารได้ง่ายขึ้น

ข้อเสนอแนะในการนำผลการดำเนินงานไปใช้ ควรมีการสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI ในด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการจัดการข้อมูลและการนำเสนอที่เข้าใจง่าย สะดวกรวดเร็ว เพื่อนำไปสู่การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเมื่อมาปรับใช้กับการจัดการข้อมูลในหน่วยงานด้านความปลอดภัยในทุกๆ ด้านการเกิดวัฒนธรรมความปลอดภัยในองค์กรต่อไป

ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานครั้งต่อไป ควรศึกษาประสิทธิภาพของสร้างโปรแกรมระบบฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความปลอดภัยโดยใช้ Power BI และมีการเชื่อมโยงการนำเสนอผ่านระบบแอปพลิเคชัน (Application) ทางมือถือต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากการให้ความอนุเคราะห์จากบริษัทให้บริการโซลูชันผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร ผู้จัดการ หัวหน้า และพนักงานแผนกความปลอดภัย เป็นอย่างสูงที่ได้สละเวลาอันมีค่าที่ให้ความช่วยเหลือความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จนกระทั่งงานวิจัยนี้มีความถูกต้องและสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

ชาญชัย คำภา. (2020). *การใช้งาน Power BI เบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สืบค้นจาก

https://mis.sut.ac.th/MisPublic/Modules/Information/Honest/MIS_SERVICE_MAN/SERV_001.pdf

ญาณภัทร เรืองสกุลและกฤต นาคศิลป์วิจิตร. (2564). *ระบบวิเคราะห์ข้อมูลนิติตด้วย Power BI*(รายงานผลการวิจัย).

พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดวงใจ ใจกล้า และคณะ. (2024). การประยุกต์ใช้งานโปรแกรม Power BI ในการวิเคราะห์ข้อมูลผลการดำเนินงาน

โรงพยาบาลทันตกรรม มหาวิทยาลัยพะเยา. วารสารศิลปศาสตร์ราชชมงคลพระนคร, 4(1), 1 – 18.

นางสาวรมณีญ์ เจริญทรัพย์. *การจัดการฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel*. สืบค้น 12 พฤษภาคม 2567, จาก

<https://www3.rdi.ku.ac.th/wp->

[content/uploads/2013/05/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B9%82%E0%B8%94%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1-Microsoft-Excel.pdf](https://www3.rdi.ku.ac.th/wp-content/uploads/2013/05/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B9%82%E0%B8%94%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1-Microsoft-Excel.pdf)

งานวิจัยด้าน วิทยาศาสตร์ กายภาพ สุขภาพ และชีวภาพ

ผลของสารลดแรงตึงผิวต่อวัสดุปูนซีเมนต์ผสมยางพาราสำหรับงานประติมากรรมปูนปั้น

รัฐพล พรประสิทธิ์¹ อธิป อ่วยแม่² ปัทวี บุญเฟื่อง² จิตินันท์ รัตนพรหม² และพิไลวรรณ พรประสิทธิ์^{2*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

²สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*E-mail philaiwan@mju.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0819879843

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเติมสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงการกระจายตัวของน้ำยางพาราในมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ ได้แก่ poly(vinyl alcohol) (PVOH), poly(ethylene glycol) (PEG), nonylphenol ethoxylates (NPE), and sodium silicate (Na_2SiO_3) ในอัตราส่วนต่าง ๆ ผลการทดสอบพบว่า PVOH และ PEG ทำให้น้ำยางจับตัวกับปูนซีเมนต์เป็นก้อน ส่วนการเติม Nonylphenol Ethoxylates ช่วยเพิ่มระยะเวลาก่อตัว และเพิ่มการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ ในขณะที่ Sodium silicate กลับทำให้ระยะเวลาก่อตัวสั้นลง นอกจากนี้การเติมสารลดแรงตึงผิวทุกชนิดส่งผลให้กำลังอัดและกำลังคัตของมอร์ตาร์ลดลง โดยสูตรที่เติม NPE ชนิด NP-7 ปริมาณ 2% โดยน้ำหนัก ให้ค่ากำลังอัดและกำลังคัตได้ดีที่สุด การเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวมีผลให้ปริมาณฟองอากาศในมอร์ตาร์เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลง น้ำหนักลดลง

คำสำคัญ มอร์ตาร์ น้ำยางพารา สารลดแรงตึงผิว ประติมากรรมปูนปั้น

Effect of Surfactant on Concrete and natural rubber composite for sculpture

Rattapol Pornprasit¹, Athip Uaimae², Pattawee Bunfueang², Tithinun Rattanaplome² and Philaiwan Pornprasit^{2*}

¹Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 239, Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai 50200, Thailand

²Program in Rubber and Polymer Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, 63 Moo 4, Nongham, San Sai District, Chiang Mai 50290, Thailand

* E-mail Philaiwan@mju.ac.th, Tel 0819879843

Abstract

This research investigated the effects of adding various surfactants to improve the dispersion of rubber latex in cement mortar. The surfactants used were poly(vinyl alcohol) (PVOH), poly(ethylene glycol) (PEG), nonylphenol ethoxylates (NPE), and sodium silicate (Na_2SiO_3) at different dosages. The results showed that PVOH and PEG caused the latex to coagulate. The addition of NPE increased the setting time and improved the flow of the mortar, while Na_2SiO_3 shortened the setting time. Moreover, the incorporation of all surfactants reduced the compressive and flexural strengths of the mortar. The mix with 2%wt NPE exhibited the highest strength. Increasing the surfactant dosage resulted in higher air content in the mortar, lower density, and lighter weight.

Keywords: mortar, natural rubber (NR) latex, surfactant, sculpture

1. บทนำ

งานปูนป่นเป็นหนึ่งในอาชีพหัตถกรรมที่มีความสำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะการปั้นประติมากรรมสำหรับตกแต่งสถานที่ต่างๆ อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่พบคือน้ำหนักของผลงานปูนป่นที่มากเกินไป โดยเฉพาะน้ำหนักของช่างปูนป่นช่างมักจะมีค่าประมาณ 1,500 ถึง 1,800 กิโลกรัม ตามขนาดและมาตรฐานของช่างปูนป่นต่าง ๆ การขนส่งช่างปูนป่นทางบกจะมีอัตราประมาณ 5-12 บาทต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับระยะทาง ซึ่งเมื่อขนส่งทางน้ำ หรือทางอากาศ จะคิดค่าขนส่งจากค่าระวางตามลูกบาศก์เมตร หรือน้ำหนักปริมาตร ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง ด้วยเหตุนี้ จึงมีแนวคิดในการนำน้ำยาพารามาผสมกับปูนซีเมนต์ เพื่อลดน้ำหนักของผลงานปูนป่น แต่การผสมน้ำยาพาราลงในปูนซีเมนต์มีปัญหาในเรื่องของการกระจายตัว เนื่องจากน้ำยามักจับตัวกันเป็นก้อน ส่งผลให้คุณสมบัติของวัสดุผสมลดลง

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการเติมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ อาทิ poly(vinyl alcohol) (PVOH), poly(ethylene glycol) (PEG), nonylphenol ethoxylates (NPE), and sodium silicate (Na_2SiO_3) ลงในน้ำยาพาราก่อนผสมกับปูนซีเมนต์ โดยคาดว่าสารเหล่านี้จะช่วยปรับปรุงการกระจายตัวของน้ำยาในวัสดุผสม เนื่องจากสามารถลดแรงตึงผิวที่เป็นสาเหตุของการจับตัวกันของอนุภาคน้ำยา ผลจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลงานปูนป่นที่มีน้ำหนักเบาขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ลดต้นทุนในส่วนของการขนส่งได้

นอกจากนี้ ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีความต้องการใช้วัสดุเบาและประหยัดพลังงานมากขึ้นในปัจจุบัน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ประชุม (2551) ศึกษาการนำน้ำยาข้นแบบแอมโมเนียปานกลางมาใช้เป็นสารผสมเพิ่มในการปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของมอร์ตาร์มวลเบาแบบพองอากาศ-อบไอน้ำ มอร์ตาร์มวลเบาต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ใช้อัตราส่วนน้ำยาข้นต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ พบว่าเมื่อผสมน้ำยาข้นในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่กำลังอัดกำลังดัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีแนวโน้มลดลง อัตราการดูดซึมน้ำลดลงอย่างมากเมื่อใส่ปริมาณน้ำยาข้นเพียงเล็กน้อยแต่กลับมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใส่น้ำยาข้นในปริมาณที่สูงขึ้น โดยปริมาณน้ำยาข้นที่เหมาะสมมากที่สุดในการทดลองครั้งนี้ คือ P/C เท่ากับ 0.05

Jaitanong และ Chaipunti (2015) ได้ศึกษาผลของการใช้น้ำยาพาราเป็นสารเติมแต่งในวัสดุผสมซีเมนต์ร่วมกับซีเมนต์กลบ โดยมีการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยซีเมนต์กลบในสัดส่วนต่างๆ และใช้อัตราส่วนน้ำยาพาราต่อปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าการเติมน้ำยาพาราส่งผลให้โครงสร้างจุลภาคของวัสดุผสมมีความพรุนมากขึ้น และทำให้ความหนาแน่น กำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงอัดลดลง ในขณะที่การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

Wattanachai และคณะ (2015) ได้มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงสมบัติการต้านทานการซึมผ่านของน้ำของดิน โดยการผสมดินกับน้ำยาพริวัลคาโนซ์และโซเดียมซิลิเกต ผลการศึกษาพบว่าโซเดียมซิลิเกตสามารถช่วยรักษาสภาพความเป็นของเหลวของน้ำยาระหว่างการผสม และการผสมดินกับน้ำยาพริวัลคาโนซ์และโซเดียมซิลิเกตในสัดส่วนที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการเตรียมวัสดุผสมมวลเบาปูนซีเมนต์กับยางพารา โดยมีการแปรปริมาณและชนิดใช้สารลดแรงตึงผิว ได้แก่ Poly(vinyl alcohol) (PVOH)(Laboratory, Chem-Supply), Poly(ethylene glycol) (PEG)(BioUltra, Sigma Aldrich), Nonylphenol Ethoxylate (NPE) (TERGITOL™ NP-7, NP-9, Sigma Aldrich), Sodium Silicate (Na_2SiO_3) (Technical grade, PanReac™)

2. การกำหนดส่วนผสมปูนซีเมนต์

ชั่งน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ คือ ปูนซีเมนต์ (พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายสีซี ซีเมนต์), ทรายละเอียด (50 mesh), น้ำประปา, น้ำยาข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA-NR, บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเทกซ์) และสารลดแรงตึงผิว ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ในแต่ละสูตรดังตาราง 1

ตารางที่ 1 สูตรการผสมปูน น้ำยาง และสารลดแรงตึงผิว (สัดส่วนโดยน้ำหนัก)

สูตร	ปูนซีเมนต์/ทราย (C/S)	น้ำ/ปูนซีเมนต์ (W/C)	น้ำยางชั้น/ปูนซีเมนต์ (P/C)	สารลดแรงตึงผิว (ร้อยละโดยน้ำหนักของ ปูนซีเมนต์)
Control	1:1.37	0.39	-	-
NP-7 (2%wt)	1:1.37	0.38	0.05	2
NP-7 (4%wt)	1:1.37	0.36	0.05	4
NP-7 (6%wt)	1:1.37	0.34	0.05	6
NP-9 (2%wt)	1:1.37	0.38	0.05	2
NP-9 (4%wt)	1:1.37	0.36	0.05	4
NP-9 (6%wt)	1:1.37	0.34	0.05	6
Na ₂ SiO ₃ (2%wt)	1:1.37	0.49	0.05	2
Na ₂ SiO ₃ (4%wt)	1:1.37	0.49	0.05	4
Na ₂ SiO ₃ (6%wt)	1:1.37	0.49	0.05	6

3. วิธีการทดสอบ

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบด้วยกัน คือ การทดสอบคอนกรีตสด (Fresh Concrete) และการทดสอบคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว (Hardened Concrete)

3.1 การทดสอบคอนกรีตสด (Fresh Concrete)

1. การผสมส่วนผสมต่างๆเพื่อทำการทดสอบ

ผสมปูนซีเมนต์และทรายละเอียดให้เข้ากันในถังผสม (โดยยังไม่ผสมน้ำ) เป็นเวลา 3 นาที เทน้ำที่ชั่งตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ลงในปูนซีเมนต์กับทรายละเอียดที่ผสมเข้ากันดีแล้วในถังผสม แล้วใช้เกรียงเหล็กคนให้เข้ากัน เป็นเวลา 1.5 นาที หลังจากนั้นเทน้ำยางที่ผสมกับสารลดแรงตึงผิวตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ลงในปูนซีเมนต์ โดยค่อยๆเทลงไปจนหมด แล้วผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันโดยใช้หัวปั่นปูนที่ต่อเข้ากับสว่านมือ เป็นเวลา 4.5 นาที

2. วิธีการทดสอบเพื่อหาระยะเวลาการก่อตัวของปูนซีเมนต์ (Setting time)

ระยะเวลาการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C187

3. การทดสอบหาค่าการไหล (Flow time)

ค่าการไหลของปูนซีเมนต์ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C230

3.2 การทดสอบคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว (Hardened Concrete)

3.2.1 การขึ้นรูปขึ้นทดสอบ

ซึ่งส่วนผสมตามสัดส่วน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด น้ำ น้ำยางแอมโมเนียต่ำ และสารลดแรงตึงผิว ผสมปูนซีเมนต์-ทรายนาน 6 นาที เทน้ำผสมคนเป็นเวลา 3 นาที เทน้ำยางผสมสารลดแรงตึงผิว ผสมด้วยหัวปั่นนาน 9 นาที หล่อขึ้นรูปขึ้นทดสอบ โดยตักประมาณ 1/3 แบบแล้วตอกให้แน่น ทำซ้ำจนเต็มแบบ ทั้งให้แห้ง 24 ชม. แกะแบบและบ่มในน้ำ 28 วัน นำออกจากน้ำ ทั้งไว้ 24 ชม. ก่อนทดสอบ

3.2.2 การทดสอบกำลังอัด (Compressive Strength) เตรียมตัวอย่างขนาด 5x5x5 cm³ ทดสอบตาม ASTM C109

3.2.3 การทดสอบกำลังดัด (Bending Strength) เตรียมตัวอย่างขนาด 4x4x16 cm³ ทดสอบตาม ASTM C348-14

3.2.4 การศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) เตรียมตัวอย่างขนาด 4 mm จากการทดสอบ อบไล่ความชื้นที่ 70°C นาน 24 ชม. เคลือบทอง ติดบน Stub วิเคราะห์ที่กัลังขยาย 1,000 เท่า

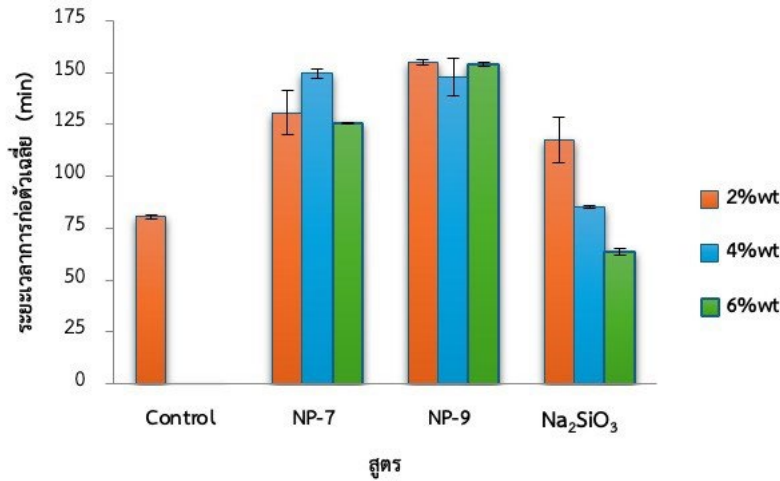
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบมอร์ตาร์สด (Fresh mortar)

มอร์ตาร์สด คือมอร์ตาร์ที่ได้หลังจากผสมวัสดุต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้วอยู่ในสภาพเหลว และยังสามารถเทเข้าแบบได้โดยยังไม่เกิดการเริ่มก่อตัว (Stiffening time) ในการศึกษาผลของการใช้สารลดแรงตึงผิว ได้แก่ PVOH, PEG, NP-7, NP-9, และ Na_2SiO_3 ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุเพื่อช่วยให้น้ำยาพารามีความเสถียร และช่วยให้น้ำยาพารากระจายตัวในมอร์ตาร์ได้ดีขึ้น

4.1.1 ระยะเวลาการก่อตัว (Setting time)

เมื่อปูนซีเมนต์ผสมรวมกับน้ำ และทรายละเอียด จะได้มอร์ตาร์ที่มีลักษณะนุ่มเหลวปั้นง่าย ถ้าปล่อยให้แห้งโดยไม่รบกวนจะทำให้มอร์ตาร์สูญเสียความไม่คืนตัวและสถานะที่ไม่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้โดยปราศจากการแตกหัก การเปลี่ยนภาวะนั้นเรียกว่าการก่อตัวและการแข็งตัวของมอร์ตาร์ แสดงระยะเวลาการก่อตัวดังรูปที่ 1

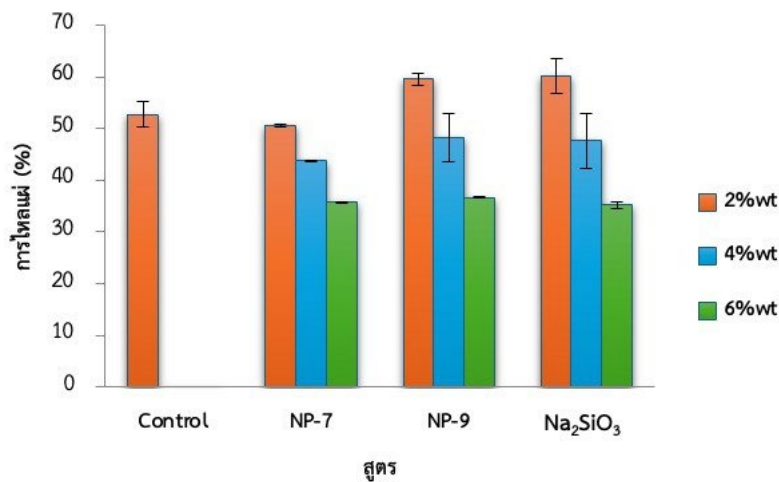


รูปที่ 1 ระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์ผสมน้ำยาพารา และสารลดแรงตึงผิว ที่ชนิดและปริมาณต่าง ๆ

4.1.2 การไหลแผ่ (Flow test)

เป็นการทดสอบที่แสดงถึงความข้นเหลวของมอร์ตาร์ โดยการวัดการกระจายของมอร์ตาร์ภายใต้การตกกระทบ ได้ผลดัง

รูปที่ 2



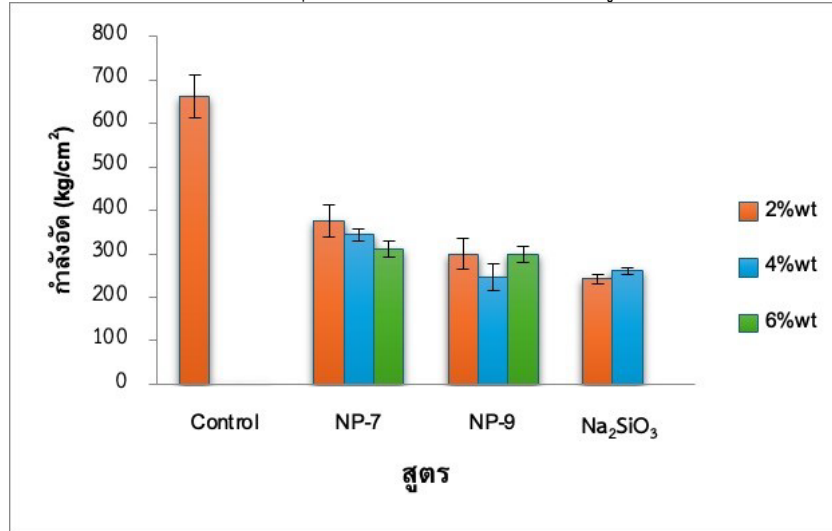
รูปที่ 2 การไหลแผ่ของมอร์ตาร์ผสมน้ำยาพารา และสารลดแรงตึงผิว ที่ชนิดและปริมาณต่าง ๆ

4.2 ผลการทดสอบมอร์ตาร์แข็งตัวแล้ว (Hardened mortar)

คุณสมบัติของมอร์ตาร์ที่แข็งตัวแล้วมีหลายประการ แต่ในการทดสอบนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติที่เป็นส่วนสำคัญที่สุดของมอร์ตาร์ที่แข็งตัวแล้ว คือ ความแข็งแรงของมอร์ตาร์ (Strength) โดยจะทำการทดสอบ 2 ส่วนคือ ค่ากำลังอัด และกำลังดัด

4.2.1 กำลังอัด (Compressive strength)

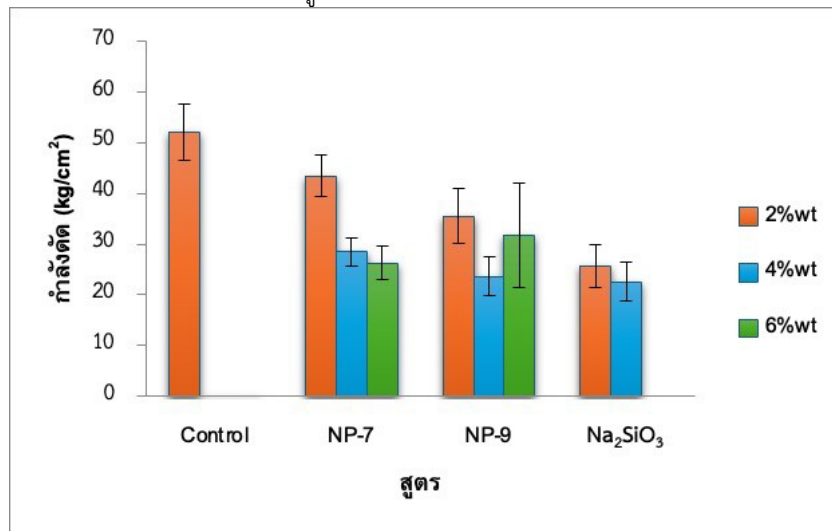
กำลังอัดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากที่สุดของมอร์ตาร์ กำลังอัดของมอร์ตาร์ขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสม (โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์) อายุ การบ่ม และอื่น ๆ แสดงผลดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพารา และสารลดแรงตึงผิว ที่ชนิดและปริมาณต่าง ๆ

4.2.2 กำลังดัด (Bending strength)

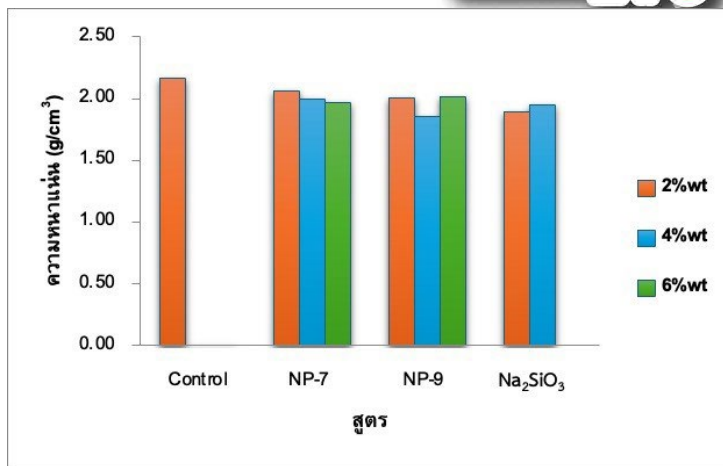
การทดสอบกำลังดัด ทดสอบเพื่อดูความสามารถในการรับแรงที่เกิดจากการโค้งหรือการดัดของมอร์ตาร์ที่ต้องมีการนำไปใช้งานในลักษณะนี้ แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กำลังดัดของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพารา และสารลดแรงตึงผิว ที่ชนิดและปริมาณต่าง ๆ

4.2.3 ความหนาแน่น (Density)

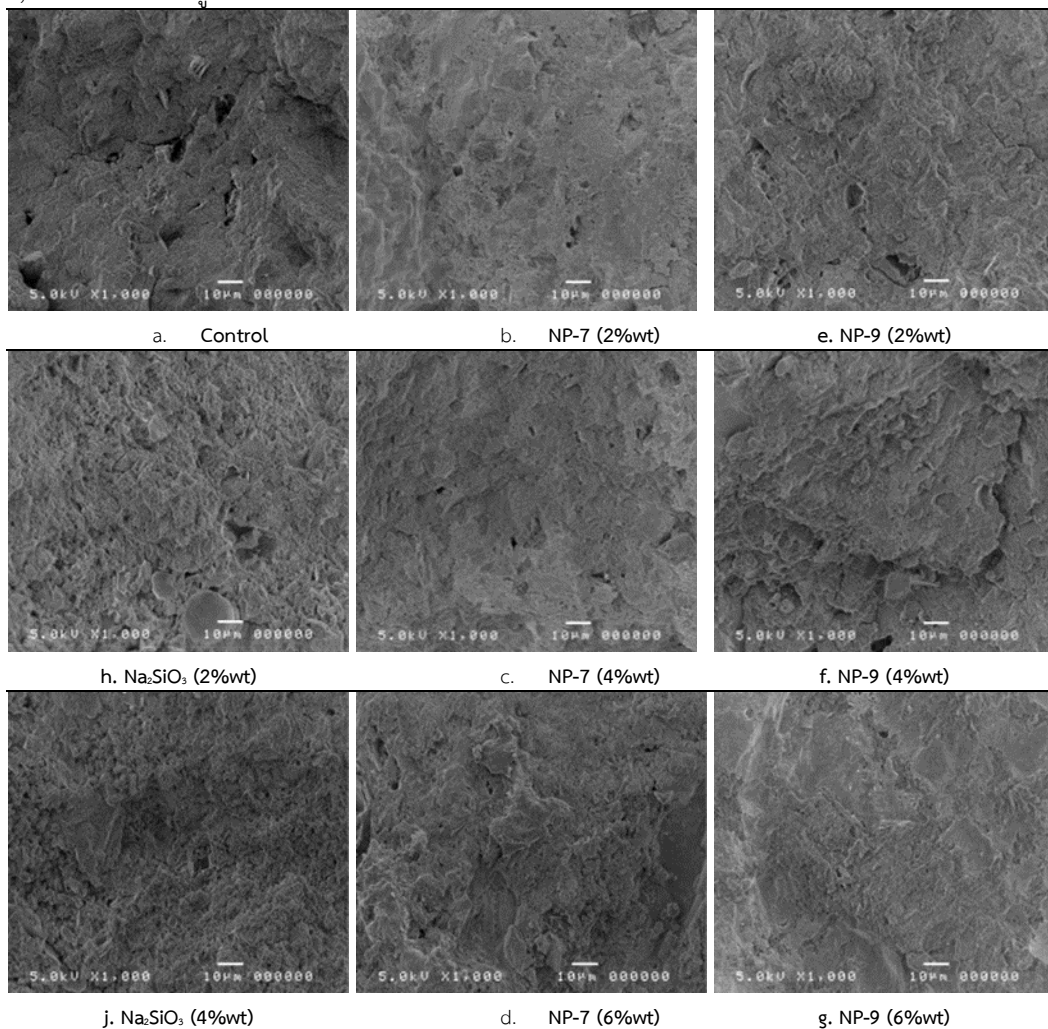
นำชิ้นทดสอบที่ใช้สำหรับทดสอบกำลังดัด ไปวัดขนาดเพื่อหาปริมาตร และชั่งน้ำหนัก นำมาคำนวณหาความหนาแน่น ของชิ้นทดสอบ ได้ผลดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความหนาแน่นของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพารา และสารลดแรงตึงผิว ที่ชนิดและปริมาณต่าง ๆ

4.2.4 สัณฐานวิทยา

ศึกษาโครงสร้างสัณฐานวิทยาของมอร์ตาร์ ใช้เทคนิค SEM ซึ่งจะศึกษาลักษณะพื้นผิว และรูพรุน โดยใช้กำลังที่ 1,000 เท่า ให้ผลดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 สัณฐานวิทยาของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพารา และสารลดแรงตึงผิว ที่ชนิดและปริมาณต่าง ๆ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่าสารลดแรงตึงผิว PVOH และ PEG ไม่สามารถกระจายตัวน้ำยางพาราในมอร์ตาร์ได้ เนื่องจากทำให้เกิดน้ำยางชนิดไวต่อความร้อน (Heat sensitive latex) ซึ่งส่งผลให้สูญเสียความเสถียรและจับตัวเมื่อได้รับความร้อน (สมคิด. 2557)

จากการพิจารณารูปที่ 1 แสดงระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์ผสมยางพารา พบว่า มอร์ตาร์ที่ผสมสารลดแรงตึงผิว NP-7 และ NP-9 ในทุกปริมาณการผสม รวมถึงมอร์ตาร์ที่ผสมโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ปริมาณ 2%wt และ 4%wt มีระยะเวลาการก่อตัวหรือการแข็งตัวช้ากว่ามอร์ตาร์ควบคุม (Control) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสิทธิชัย (2548) ที่พบว่าน้ำยางธรรมชาติที่ผสมในคอนกรีตจะเป็นตัวหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันให้เกิดช้า เมื่อปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดช้า จึงส่งผลให้คอนกรีตก่อตัวช้าลงด้วย

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างสาร NP-7 และ NP-9 พบว่า NP-9 ให้ระยะเวลาการก่อตัวที่ช้ากว่า NP-7 เล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณฟองอากาศที่มากกว่าที่เกิดจากการสลายตัวของหมู่เอทิลีนออกไซด์ในสาร NP-9 ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันถูกหน่วงลงมากกว่า จึงส่งผลให้มอร์ตาร์ผสม NP-9 ก่อตัวช้ากว่า NP-7 (ณัฐ และบุรฉัตร, 2556)

อย่างไรก็ตาม ในกรณีของมอร์ตาร์ผสม Na_2SiO_3 ปริมาณ 6%wt กลับพบว่ามอร์ตาร์ก่อตัวเร็วกว่ามอร์ตาร์ควบคุม แม้จะมีน้ำยางพาราเป็นตัวหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันก็ตาม ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ข้อสันนิษฐานว่าอาจเป็นผลมาจากการเกิดเป็นวัสดุจีโอพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแข็งแรงจากปฏิกิริยาระหว่างซิลิกอนและอะลูมิเนียมในสภาวะที่มีความเป็นด่างสูง นอกจากนี้ โซเดียมซิลิเกตยังสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำจนเกิด NaOH ทำให้ปริมาณน้ำที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมซิลิเกตในปูนซีเมนต์น้อยลง ส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของแคลเซียมซิลิเกตเกิดเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าการไหลแม่ในรูปที่ 2 ที่พบว่ามอร์ตาร์ผสม Na_2SiO_3 (6%wt) มีค่าการไหลแม่ที่น้อยที่สุด แสดงให้เห็นถึงความข้นเหลวที่น้อยเนื่องจากมีปริมาณน้ำน้อยกว่า เพราะน้ำถูกโซเดียมซิลิเกตแย่งไปทำปฏิกิริยา จากผลการศึกษาผู้วิจัยจึงได้ตัดสูตรการผสม Na_2SiO_3 (6%wt) สำหรับการทดสอบมอร์ตาร์แข็งตัวแล้วออก เนื่องจากมอร์ตาร์ในสูตรนี้มีระยะเวลาการก่อตัวสั้นกว่าสูตรควบคุม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการฉาบหรือการปั้นของช่างปูน

จากรูปที่ 3, 4 และ 6 พบว่า NP-7 มีความสามารถในการรับกำลังอัดสูงกว่า NP-9 โดย NP-7 (2%wt) มีค่ากำลังอัดสูงสุดและกำลังอัดลดลงเมื่อปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่ลดลง (รูปที่ 5) เนื่องจากปริมาณฟองอากาศที่เพิ่มขึ้นจากหมู่เอทิลีนออกไซด์ ในขณะที่ NP-9 (2%wt) มีค่ากำลังอัดสูงสุด และ NP-9 (6%wt) มีค่ากำลังอัดมากกว่า NP-9 (4%wt) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 5) และพื้นผิวที่เรียบเนียนกว่า (รูปที่ 6) เนื่องจากปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เพิ่มขึ้นช่วยให้น้ำยางพารากระจายตัวได้ดีขึ้น ทำให้เนื้อยางแทรกตัวในเนื้อมอร์ตาร์และลดปริมาณรูพรุน ส่งผลให้มอร์ตาร์มีความหนาแน่นมากขึ้นและสามารถรับแรงอัดได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม NP-9 (2%wt) ยังคงมีค่ากำลังอัดสูงสุดเนื่องจากมีปริมาณสารลดแรงตึงผิวน้อยที่สุด ทำให้เกิดฟองอากาศน้อยและส่งผลให้มอร์ตาร์มีความหนาแน่นสูง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพาราขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิว โดย NP-7 ที่มีปริมาณหมู่เอทิลีนออกไซด์น้อยกว่าส่งผลให้เกิดรูพรุนน้อยและมีความหนาแน่นมากกว่า NP-9 อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิว NP-9 ในระดับที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการรับกำลังอัดได้ เนื่องจากช่วยให้น้ำยางพารากระจายตัวได้ดีขึ้นและลดปริมาณรูพรุนในมอร์ตาร์

สำหรับสูตร Na_2SiO_3 มีเพียง Na_2SiO_3 (2%wt) และ Na_2SiO_3 (4%wt) ที่นำมาทดสอบความสามารถในการรับกำลังอัดเนื่องจาก Na_2SiO_3 (6%) มีระยะเวลาการก่อตัวที่สั้นเกินไป ซึ่งไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ต้องการให้มอร์ตาร์มีระยะเวลาการก่อตัวนานกว่าสูตรควบคุม ผลการทดสอบพบว่าความสามารถในการรับกำลังอัดของ Na_2SiO_3 น้อยกว่า NP-7 และ NP-9 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเกิดวัสดุจีโอพอลิเมอร์บางส่วนในมอร์ตาร์ (ณัฐ และบุรฉัตร, 2556) โดย Na_2SiO_3 (4%) มีความสามารถในการรับกำลังอัดมากกว่า Na_2SiO_3 (2%) เนื่องจาก Na_2SiO_3 ที่ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ช่วยให้น้ำยางพารากระจายตัวในเนื้อมอร์ตาร์ได้ดีกว่า ส่งผลให้มอร์ตาร์มีความหนาแน่นมากขึ้น (รูปที่ 5)

จากรูปที่ 4 พบว่าการใช้ NP-7, NP-9 และ Na_2SiO_3 ทำให้ค่ากำลังอัดลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม เช่นเดียวกับกำลังอัดซึ่งอาจเกิดจากน้ำยางพาราที่เคลือบผิวมวลรวมของมอร์ตาร์เมื่อเกิดการเสียดสี ส่งผลให้มอร์ตาร์รับกำลังได้น้อยลง แนวโน้มของกำลังอัดของ NP-7 และ NP-9 สอดคล้องกับกำลังอัด ในขณะที่ Na_2SiO_3 (2%wt) มีกำลังอัดน้อยกว่า Na_2SiO_3 (4%wt) ซึ่งตรงข้ามกับกำลังอัดที่ Na_2SiO_3 (2%wt) มีค่ามากกว่า Na_2SiO_3 (4%wt) ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะการรับกำลังที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5 พบว่าค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบกำลังดัดลดลงเมื่อใช้สารลดแรงตึงผิวทั้งสามชนิด เนื่องจากน้ำยางพารา และฟองอากาศที่เกิดจากสารลดแรงตึงผิวเข้าไปแทนที่เนื้อมอร์ตาร์ที่มีความหนาแน่นมากกว่า สำหรับ NP-7 ความหนาแน่นลดลงเมื่อปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ NP-9 (4%wt) มีความหนาแน่นน้อยกว่า NP-9 (2%wt) เนื่องจากมีฟองอากาศมากกว่า อย่างไรก็ตาม NP-9 (6%wt) มีความหนาแน่นมากกว่า NP-9 (4%wt) เนื่องจากน้ำยางพารากระจายตัวได้ดีขึ้นและเข้าไปอุดช่องว่างในมอร์ตาร์ สำหรับ Na_2SiO_3 (4%wt) มีความหนาแน่นมากกว่า Na_2SiO_3 (2%wt) เนื่องจากน้ำยางพารากระจายตัวได้ดีกว่าและลดช่องว่างในมอร์ตาร์ (รูปที่ 5)

จากสัณฐานวิทยาของมอร์ตาร์ในรูปที่ 6 พบว่าสูตรควบคุมที่ไม่ใส่น้ำยางและสารลดแรงตึงผิวมีปริมาณรูพรุนน้อยที่สุด การเพิ่มสารลดแรงตึงผิวทำให้ปริมาณและขนาดรูพรุนเพิ่มขึ้น ยกเว้นใน NP-9 (6%wt) ที่ปริมาณและขนาดรูพรุนลดลงเมื่อเทียบกับ NP-9 (4%wt) เนื่องจากน้ำยางพารากระจายตัวได้ดีขึ้นและเข้าไปอุดรูพรุน สำหรับ Na_2SiO_3 (4%wt) มีขนาดรูพรุนน้อยกว่า Na_2SiO_3 (2%wt) เนื่องจากน้ำยางพารากระจายตัวได้ดีขึ้นและลดขนาดรูพรุนของมอร์ตาร์

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนามอร์ตาร์ผสมน้ำยางพาราโดยใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ได้แก่ NP-7, NP-9 และ Na_2SiO_3 เพื่อแก้ปัญหาการกระจายตัวของน้ำยางในมอร์ตาร์ ผลการทดลองพบว่า สารลดแรงตึงผิวทั้งสามชนิดสามารถเพิ่มระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ยกเว้นสูตร Na_2SiO_3 (6%wt) ที่มีระยะเวลาการก่อตัวสั้นเกินไป

ในด้านกำลังรับแรงอัดและแรงดึง พบว่าสูตร NP-7 (2%wt) มีประสิทธิภาพดีที่สุด แม้ว่าทุกสูตรจะมีกำลังรับแรงลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มน้ำยางพาราที่เคลือบผิวมวลรวมของมอร์ตาร์ อย่างไรก็ตาม การลดลงของกำลังรับแรงนี้อาจชดเชยได้ด้วยข้อดีอื่น ๆ เช่น น้ำหนักที่ลดลง โดยพบว่าสูตร NP-9 (4%) มีน้ำหนักลดลงมากที่สุดถึง 15.40% เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของมอร์ตาร์เผยให้เห็นว่า ปริมาณและขนาดของรูพรุนมีผลต่อกำลังรับแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตร NP-9 (6%wt) ที่มีการกระจายตัวของน้ำยางพาราที่ดีที่สุด ส่งผลให้มีรูพรุนน้อยลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แม้ว่าจะมีปริมาณสารลดแรงตึงผิวสูงกว่าสูตร NP-9 (4%wt)

แม้งานวิจัยนี้จะประสบความสำเร็จในการใช้สารลดแรงตึงผิวไม่มีประจุเพื่อปรับปรุงการกระจายตัวของน้ำยางพารา อย่างไรก็ตามยังคงมีข้อจำกัดในด้านกำลังรับแรงของมอร์ตาร์ที่ลดลง ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตอาจศึกษาเพิ่มเติมถึงวิธีการเสริมกำลังของมอร์ตาร์ โดยการเติมวัสดุเสริมแรงชนิดอื่น เช่น เส้นใยพอลิเมอร์ หรือนาโนซิลิกา เป็นต้น นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาคูณสมบัติอื่นๆ เช่น ทนทานต่อสภาวะแวดล้อม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างจริง

ผู้วิจัยได้เลือกสูตร NP-7 (2%wt) มาทดลองทำช่างปูนปั้น พบว่าทำให้น้ำหนักลดลงได้ประมาณ 15% เมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่ใส่น้ำยาง



รูปที่ 7 กระบวนการการทำช่างปูนปั้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจาก สวทช. ภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

7. เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials, ASTM C 109/C 109M-99: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or [50 mm] Cube Specimens), Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.01, Philadelphia, 83-88.

American Society for Testing and Materials, ASTM C 187-98: Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.01, Philadelphia, 177-178.

American Society for Testing and Materials, ASTM C 230/C 230M-98: Standard Specification for Flow for Use in Tests of Hydraulic Cement, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.01, Philadelphia, 203-209.

American Society of Testing and Materials, ASTM C 239: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center-Point Loading).

American Society of Testing and Materials, ASTM D 1076 – 02: Standard Test Method for Rubber—Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed, and Centrifuged Natural Latex.

Jaitanong, N., & Chaipunti, T. (2015). Physical and mechanical properties of cement/natural rubber latex/rice husk ash composites. *Applied Mechanics and Materials*, 804, 124-128.

Wattanachai, P., Banjongkhang, E., & Parichatprecha, R. (2015). Development of an external rubber-clay plaster stabilized with alkaline sodium silicate to improve adobe wall rain resistance. *Agriculture and Natural Resources*, 49(5), 795-805.

ณัฐกร มากุล และบุรฉัตร ฉัตรวีระ. (2556). สมบัติของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์แก้าลอยภายใต้การบ่มด้วยพลังงานโครเวฟ: อิทธิพลของแหล่งแก้าลอยและอัตราส่วนสารละลายโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH). *วารสารวิจัยและพัฒนา*, 36(1), 99-125.

ประชุม คำ พุฒ. (2551). การใช้น้ำยางชั้นแบบแอมโมเนียปานกลางผสมในมอร์ตาร์มวลเบา. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 4(2), 49-56.

สมคิด ชุนารมณ. (2557). การเสียความเสถียรของน้ำยางทางเคมี. สืบค้น 14 พฤษภาคม 2567. จาก <http://www.rubberdigest.com/?p=172>

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และพิทักษ์ บุญนุ่น. (2548). การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

การดีวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติผสมเขม่าดำด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ดริญญา มุลชัย* วิภาวดี ปองดอง และกีรัติกานต์ ขัตติวงศ์

สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ถนนสันทราย-พร้าว ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*E-mail: darinyamoonchai@gmail.com, 0992944419

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้คลื่นไมโครเวฟสำหรับการดีวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติผสมเขม่าดำ เขม่าดำเป็นสารตัวเติมนำไฟฟ้าช่วยเหนี่ยวนำให้เกิดการดีวัลคาไนซ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยทดลองใช้กำลังไฟที่ 600, 700 และ 850 วัตต์ พบว่ากำลังไฟที่ 850 วัตต์เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดีวัลคาไนซ์ และศึกษาผลของปริมาณเขม่าดำต่อสมบัติของยางดีวัลคาไนซ์ โดยใช้เขม่าดำที่ปริมาณ 0-80 phr พบว่าที่เขม่าดำ 40 phr ให้สมบัติเชิงกลดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติการคงรูปของยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์กับสมบัติการคงรูปของยางที่ไม่ผ่านการดีวัลคาไนซ์ พบว่าค่าทอร์กต่ำสุด (ML) ค่าทอร์กสูงสุด (MH) ผลต่างค่าทอร์ก (MH-ML) ระยะปลอดภัยในการผลิต (t_{s2}) และเวลาในการคงรูป (t_{90}) ของยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์มีค่าลดลง และจากผลการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าการนำยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์แล้วมาขึ้นรูปและคงรูปใหม่จะมีสมบัติความต้านทานแรงดึง ระยะยืดเมื่อขาด ความแข็งแรง ความต้านทานการสึกหรอ และการกระเด็นกระดอนต่ำกว่ายางธรรมชาติที่ไม่ผ่านการดีวัลคาไนซ์

คำสำคัญ ยางธรรมชาติ, ดีวัลคาไนซ์, คลื่นไมโครเวฟ, เขม่าดำ

Devulcanization of Natural Rubber Filled with Carbon Black by Microwave irradiation

Darinya Moonchai* Wiphawadee Pongdong and Keeratikarn Kuttiwong

Rubber and Polymer Technology Programme, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University
63 Moo 4 Sansai-Phrao Road, Nongharn, Sansai District, Chiang Mai, Thailand, 50290

*E-mail: darinyamoonchai@gmail.com, 0992944419

Abstract

This work aimed to study the devulcanization of carbon black-filled natural rubber by the microwave irradiation method. Carbon black was used as a conductive filler to induce devulcanization by microwave irradiation. The devulcanization by microwave was performed at 600, 700, and 850 watts. At 850 watts was a suitable condition for devulcanization. The effects of carbon black contents on the properties of devulcanized rubber were investigated. The carbon black was varied at 0-80 phr. It was found that 40 phr of carbon black showed the best mechanical properties. Then, the properties of devulcanized natural rubber vulcanizate were compared to the properties of the non-devulcanized natural rubber vulcanizate. The devulcanized natural rubber had lower minimum torque (ML), maximum torque (MH), MH-ML, scorch time, and cure time than non-devulcanized natural rubber. The mechanical test results showed that the devulcanized natural rubber vulcanizate had lower tensile strength, elongation at break, hardness, abrasion resistance, and rebound resilience compared to the non-devulcanized natural rubber vulcanizate.

Keywords: Natural Rubber, Devulcanization, Microwave Irradiation, Carbon Black

1. บทนำ

ยางธรรมชาติ (Natural Rubber) คือพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์จำนวนมาก ปริมาณการใช้บางส่วนใหญ่มาจากอุตสาหกรรมยางล้อและชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวผลิตมาจากยางธรรมชาติโดยใช้เขม่าดำเป็นสารตัวเติม ด้วยสมบัติของผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมเซต (Thermoset) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากผ่านกระบวนการคงรูปร่าง เกิดการเชื่อมขวางเป็นโครงสร้างแบบร่างแหเรียกว่ากระบวนการวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) ยางจะเกิดการแข็งตัวเมื่อได้รับความร้อนแล้วจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือหลอมเหลว สามารถขึ้นรูปได้เพียงครั้งเดียว ผลิตภัณฑ์ยางที่ผ่านการใช้งานแล้วจะเกิดเป็นขยะที่กำจัดยากและเพิ่มปริมาณสูงขึ้นในทุก ๆ ปี และเกิดเป็นมลพิษหากทำลายโดยไม่ถูกวิธี ปัจจุบันมีวิธีการลดปริมาณขยะจากยางที่ผ่านการใช้งานแล้วโดยการนำยางกลับมาใช้ใหม่ ยางที่ผ่านการใช้งานแล้วจะถูกนำมาทำลายพันธะการเชื่อมขวางเพื่อให้ยางสามารถขึ้นรูปและคงรูปใหม่ได้อีกครั้ง เรียกว่ากระบวนการดังกล่าวว่ากระบวนการดีวัลคาไนเซชัน (Devulcanization) การใช้คลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นวิธีการที่ความร้อนเกิดขึ้นได้รวดเร็วในเนื้อวัสดุจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างของชิ้นวัสดุโดยตรง ใช้เวลาในการผลิตที่สั้น อีกทั้งยังเป็นพลังงานที่สะอาด ระบบทำงานเงียบและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การดีวัลคาไนเซชันจะใช้รังสีไมโครเวฟเข้าทำลายพันธะเชื่อมขวางของยางและกำมะถัน แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ยางที่สามารถทำปฏิกิริยากับรังสีไมโครเวฟได้จะต้องเป็นยางที่มีสมบัติการนำไฟฟ้า แต่เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นยางธรรมชาติจึงไม่ดูดคลื่นไมโครเวฟแต่ยอมให้คลื่นไมโครเวฟผ่านได้ เขม่าดำคือสารตัวเติมเสริมแรงอีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมสูงในอุตสาหกรรมยาง นิยมนำมาผสมกับยางธรรมชาติเพื่อเสริมแรงให้แก่ยางธรรมชาติ ปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของยางคงรูป เช่น ค่ามอดูลัส ความต้านทานแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาดและความต้านทานต่อการสึกหรอ เป็นต้น โดยส่วนมากนิยมนำมาเสริมแรงในผลิตภัณฑ์ยางล้อและชิ้นส่วนยานยนต์ต่าง ๆ และเขม่าดำมีสมบัติเป็นสารตัวเติมที่สามารถนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี โดยค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มสูงขึ้นตามโครงสร้าง พื้นที่ผิวของเขม่าดำและหมู่ฟังก์ชันเคมีที่มีอยู่บนพื้นผิวของเขม่าดำ (พงษ์ธร, 2550) จึงทำให้เขม่าดำสามารถเกิดปฏิกิริยากับรังสีไมโครเวฟได้ เนื่องจากเขม่าดำมีสมบัติในการนำความร้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำยางธรรมชาติที่ผสมเขม่าดำผ่านกระบวนการดีวัลคาไนเซชันโดยใช้รังสีไมโครเวฟ และนำกลับมาขึ้นรูปและคงรูปใหม่ จากนั้นศึกษาสมบัติการคงรูป สมบัติการบวมพอง และสมบัติเชิงกลเปรียบเทียบกับสมบัติของยางธรรมชาติที่ไม่ผ่านการดีวัลคาไนเซชัน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดีวัลคาไนเซชัน (Devulcanization) เป็นกระบวนการทำลายพันธะเชื่อมโยงในยางที่เกิดจากปฏิกิริยาการคงรูป ทำให้โมเลกุลของยางเกิดการเปลี่ยนจากสภาพจากยางคงรูป คืนกลับสู่ภาวะแรกเริ่มได้ คือ ไม่มีความคงรูป (Unvulcanized) และไม่มี ความยืดหยุ่น (Plasticity) ได้เป็นอย่างดีรีเคลม (Reclaimed rubber) ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง กระบวนการดีวัลคาไนเซชันสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1) กระบวนการเชิงความร้อน (Thermal process) เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนในการเข้าทำลายพันธะในยาง เช่น ในกรณีของยางไนไตรล์ (NBR) จะใช้ความร้อนเข้าทำลายพันธะของ Nitrobenzene, Diphenyl sulfide ซึ่งจะใช้อุณหภูมิที่สูงถึง 200–250 องศาเซลเซียส จึงจะสามารถทำลายพันธะดังกล่าวได้ (Masaki et al., 2004)

2) กระบวนการเชิงกล (Mechanical process) เป็นกระบวนการที่ใช้แรงเชิงกลในการบดย่อยให้มีขนาดที่เล็กลงจนสามารถนำยางมาผสมกับยางใหม่ได้

3) การใช้คลื่นอัลตราซาวด์ (Ultrasound process) เป็นวิธีการที่ใช้คลื่นอัลตราซาวด์ในการเชื่อมและทำลายพันธะการเชื่อมโยงของเทอร์โมพลาสติกและพอลิเมอร์ ซึ่งจะใช้ความถี่ประมาณ 20-100 กิโลเฮิรซ์ ในการเชื่อมและทำลายพันธะการเชื่อมโยงของยางและเทอร์โมพลาสติก

4) กระบวนการทางเคมี (Chemical process) เป็นกระบวนการที่ใช้สารเคมีในการทำลายพันธะเชื่อมขวางของกำมะถันในยาง โดยวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจคือเทคโนโลยีดีลิงค์ (De-link Technology) โดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่าดีลิงค์ เพื่อช่วยตัดสายโซ่โมเลกุลให้เล็กลงซึ่งสารดีลิงค์นี้จะมีส่วนผสมของเกลือโลหะสังกะสี คือ Zinc dimethyl dithiocarbamate (ZDMC) Mercaptobenzothiazole (MBT) และสารเคมีอื่น ๆ เช่น กรดสเตียริก ซิงก์ออกไซด์ กำมะถัน และไกลคอล (ดารณี, 2550) ผสม

กันในส่วนต่าง ๆ เทคนิคนี้สามารถใช้ในการตีวัลคาไนซ์เศษยางได้ทั้งเศษยางจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ เช่น ยางบิวทาไดอิน (BR) ยางเอสบีอาร์ (SBR) ยางอีพีดีเอ็ม (EPDM) ยางไนไตรล์ (NBR) และยางคลอโรพรีน (CR) เป็นต้น

5) กระบวนการใช้เชื้อจุลินทรีย์ (Biotechnological process) เป็นกระบวนการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการทำลายพันธะเชื่อมขวางของกำมะถัน เช่น การใช้เอนไซม์ (Enzymatic devulcanisation) ในการเตรียมขยะจากผลิตภัณฑ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เทคนิคนี้ใช้เอนไซม์จากแบคทีเรียเพื่อหยุดยั้งพันธะการเชื่อมโยงของกำมะถันในโครงสร้างของยางคงรูป

6) กระบวนการเชิงกลร่วมเคมี (Mechano-chemical process) ซึ่งเป็นวิธีผสมระหว่างการใช้แรงเชิงกลร่วมกับการใช้สารเคมี พิพพ์ฒน์และคณะ (2551) ศึกษากระบวนการตีวัลคาไนซ์ในยางธรรมชาติด้วยวิธีเชิงกลร่วมเคมี ยางวัลคาไนซ์ถูกนำมาบดและผสมกับกรดไทโอซาลิไซลิก หรือไดฟีนิลไดซัลไฟด์ซึ่งเป็นตัวตีวัลคาไนซ์เอเจนต์ จะได้อย่างรีเคลม จึงนำมาผสมกับยางธรรมชาติ (Virgin rubber) และสารคงรูปก่อนนำไปขึ้นรูปอีกครั้งจนได้อย่างรีวัลคาไนซ์ ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนในการผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางรีเคลม 80/20 ร่วมกับการเติมไดฟีนิลไดซัลไฟด์จะให้ค่าความต้านทานแรงดึง และร้อยละของระยะยืดเมื่อขาด คือ 17.23 MPa และ 541% ตามลำดับ

7) การใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave process) เป็นวิธีที่เกิดความร้อนได้อย่างรวดเร็วในเนื้อวัสดุจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างของวัสดุโดยตรง ใช้เวลาที่สั้น และเป็นพลังงานสะอาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การตีวัลคาไนซ์ด้วยวิธีนี้จะใช้รังสีไมโครเวฟเข้าทำลายพันธะเชื่อมขวางของยางและกำมะถัน แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่ยางที่สามารถทำปฏิกิริยากับรังสีไมโครเวฟได้จะต้องเป็นยางที่มีสภาพการนำไฟฟ้า Pistor et. al. (2011) พบว่าการเพิ่มเขม่าดำส่งผลให้ความสม่ำเสมอของการตีวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ทาสภาวะที่เหมาะสมในการตีวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติผสมเขม่าดำ

ในขั้นตอนนี้ใช้ยางสูตรที่ 2 ยางธรรมชาติผสมเขม่าดำเกรด N330 ที่ปริมาณ 40 ส่วนต่อยาง 100 ส่วน (Part per hundred of rubber, phr) (ตารางที่ 1) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการตีวัลคาไนซ์ โดยผสมยางกับสารเคมีด้วยเครื่องบดแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) จากนั้นนำไปขึ้นรูปและคงรูปด้วยเครื่องอัดเบ้า (Compression moulding machine) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส หาเวลาที่เหมาะสมในการคงรูป (t_{90}) ด้วยเครื่องทดสอบสมบัติการคงรูป (Moving die rheometer, MDR) ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการตีวัลคาไนซ์ด้วยเครื่องไมโครเวฟ ยี่ห้อ SAMSUNG รุ่น M181GN สภาวะที่ทดลองดังนี้

1) กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เวลา 60 วินาที 2) กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เวลา 45 วินาที 3) กำลังไฟฟ้า 850 วัตต์ เวลา 21 วินาที 4) กำลังไฟฟ้า 850 วัตต์ เวลา 45 วินาที 5) กำลังไฟฟ้า 850 วัตต์ เวลา 60 วินาที สังเกตลักษณะภายนอก การอ่อนตัว ความสามารถในการนำกลับไปขึ้นรูปใหม่ของยางตีวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการตีวัลคาไนซ์

ตารางที่ 1 สูตรยางผสมสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมยางธรรมชาติผสมเขม่าดำ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (phr)			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ยางธรรมชาติ (STR 5L)	100	100	100	100
Stearic acid	2	2	2	2
ZnO	5	5	5	5
CBS	1	1	1	1
Sulphur	3	3	3	3
Parafin wax	2	2	2	2
Carbon black (N330)	-	40	60	80

3.2. ศึกษาสมบัติของยางดีวัลคาไนซ์ที่นำกลับมาคงรูปใหม่

นำยางธรรมชาติที่มีการแปรปริมาณเขม่าดำทั้งหมด 4 สูตรคือ 0, 40, 60 และ 80 phr ตามสูตรในตารางที่ 1 มาผ่านการดีวัลคาไนซ์ด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 850 วัตต์ เป็นเวลา 21 วินาที (สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองข้อที่ 3.1) จากนั้นนำยางดีวัลคาไนซ์ไปใช้แทนยางธรรมชาติในการผสมยางกับสารเคมีตามสูตรตารางที่ 1 เพื่อนำไปใช้ขึ้นรูปและคงรูปใหม่ เปรียบเทียบสมบัติของยางคงรูประหว่างการใช้อย่างธรรมชาติตามปกติกับการใช้ยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์ จากนั้นทดสอบสมบัติการคงรูป ได้แก่ ค่าแรงบิดต่ำสุด (ML) ค่าแรงบิดสูงสุด (MH) ระยะปลดปล่อยในการคงรูป (t_{s2}) เวลาที่เหมาะสมในการคงรูป (t_{90}) ด้วยเครื่องทดสอบหาเวลาการคงรูป (Moving die rheometer, MDR) และศึกษาสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1) ทดสอบสมบัติการบวมพอง เพื่อศึกษาปริมาณการคงรูปของยาง นำขึ้นทดสอบที่แช่ในโหลอื่นที่เวลาต่าง ๆ จนกระทั่งน้ำหนักขึ้นทดสอบคงที่ คำนวณหาการบวมพอง (Q) จากสมการที่ 1

$$Q (\%) = 100 \times (W_s - W_u) / W_u \quad \dots(1)$$

เมื่อ W_s = น้ำหนักของตัวอย่างหลังแช่ในโหลอื่น (กรัม, g)

W_u = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนแช่ในโหลอื่น (กรัม, g)

2) ทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) โดยใช้เครื่องวัดแรงดึงเอนกประสงค์ (Universal testing machine) ตามมาตรฐาน ISO 37-1 โดยนำยางที่ขึ้นรูปหนา 2 มิลลิเมตร ตัดเป็นรูปดัมเบล แล้วนำไปทดสอบที่ความเร็ว 500 มิลลิเมตร/นาที ใช้โหลดเซลล์ขนาด 1 กิโลนิวตัน วัดค่าความต้านทานแรงดึง และระยะยืดเมื่อขาดทดสอบ

3) ทดสอบความแข็ง (Hardness) โดยใช้เครื่อง Durometer hardness (Shore A) ตามมาตรฐาน ASTM 2240-97 ใช้ขึ้นตัวอย่างหนา 6 มิลลิเมตร ทดสอบ 3 จุด โดยบริเวณ 3 จุดทดสอบต้องไม่อยู่บริเวณริมขึ้นงาน

4) ทดสอบความต้านทานต่อการสึกหรอ (Abrasion resistance) ตามมาตรฐาน DIN 53516 โดยมีน้ำหนักในการกดขึ้นทดสอบ 2.5 นิวตัน ระยะทางในการทดสอบ 40 เซนติเมตร ใช้ขึ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร และหนา 0.64 เซนติเมตร ให้สัมผัสกับพื้นผิวขัดที่พันอยู่รอบลูกกลิ้งซึ่งน้ำหนักก่อนและหลัง เพื่อคำนวณหาปริมาตรที่หายไป

5) ทดสอบการกระด้างกระดอน (Rebound resilience) ใช้เครื่องเพนดูลัม (Rebound pendulum test) ตามมาตรฐาน ASTM D1054

4. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการดีวัลคาไนซ์ด้วยไมโครเวฟ ผลการทดลองปรากฏว่าที่กำลังไฟฟ้า 850 วัตต์ และเวลาที่ใช้ในการดีวัลคาไนซ์เท่ากับ 21 วินาที ยางอ่อนตัวลง ยางคงรูปถูกรังสีไมโครเวฟทำลายพันธะเชื่อมขวางภายในโมเลกุลทำให้ยางเปลี่ยนจากลักษณะของยางคงรูปที่แข็งไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนเป็นอ่อนนิ่มสามารถไหลได้ง่ายขึ้นเมื่อได้รับความร้อน จึงสามารถนำยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์ที่สภาวะดังกล่าวนำมาขึ้นรูปและคงรูปใหม่ได้ นำยางธรรมชาติที่มีการแปรปริมาณเขม่าดำทั้งหมด 4 สูตรคือ 0, 40, 60 และ 80 phr ตามสูตรในตารางที่ 1 มาผ่านการดีวัลคาไนซ์ด้วยสภาวะดังกล่าว จากนั้นนำยางดีวัลคาไนซ์ไปใช้แทนยางธรรมชาติผสมกับสารเคมีตามสูตรตารางที่ 1 เพื่อนำไปใช้ขึ้นรูปและคงรูปใหม่ เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของยางคงรูประหว่างการใช้อย่างธรรมชาติตามปกติกับการใช้ยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์ ผลการทดสอบสมบัติการคงรูปแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าทอร์กต่ำสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เขม่าดำมากขึ้น เนื่องจากเขม่าดำเป็นสารตัวเติมที่มีผลทำให้ยางคอมพาวนด์มีความหนืดมากขึ้น (พงษ์ธร, 2550) และเมื่อศึกษาผลของปริมาณเขม่าดำต่อค่าผลต่างแรงบิด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเขม่าดำส่งผลให้ค่าผลต่างแรงบิดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าปริมาณการเชื่อมโยงสายโซ่ของยางเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณเขม่าดำ เนื่องจากเขม่าดำเป็นสารตัวเติมที่สามารถช่วยเพิ่มระดับการคงรูปให้แก่ยางได้ (Sombatsompop and Kumnuantip, 2006). ซึ่งผลดังกล่าวพบทั้งในยางก่อนและหลังดีวัลคาไนซ์ ยกเว้นกรณียางที่ไม่ได้ผสมเขม่าดำพบว่าการดีวัลคาไนซ์ที่สภาวะดังกล่าวยางไม่ได้เปลี่ยนสภาพไปจากยางคงรูป กล่าวคือยางยังมีสภาพเป็นเทอร์โมเซต ยางยังคงแข็ง ลักษณะภายนอกของยางไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อนำยางดังกล่าวไปผ่านความร้อนหรืออบผสมใหม่ในเครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง ยางจะไม่สามารถไหลหรือจับตัวกันเป็นแผ่นบนลูกกลิ้งได้ ซึ่งบ่งบอกว่ายางที่ไม่มีการผสมเขม่าดำไม่สามารถดีวัลคาไนซ์ที่สภาวะดังกล่าวได้ เนื่องจากไม่มีเขม่าดำเหนียวทำให้เกิดการดีวัลคาไนซ์ด้วยรังสีไมโครเวฟ จึงส่งผลให้ไม่สามารถทดสอบสมบัติการคงรูป และสมบัติเชิงกลของยางที่ไม่ใช้เขม่าดำเป็นสารตัวเติมได้ และเมื่อ

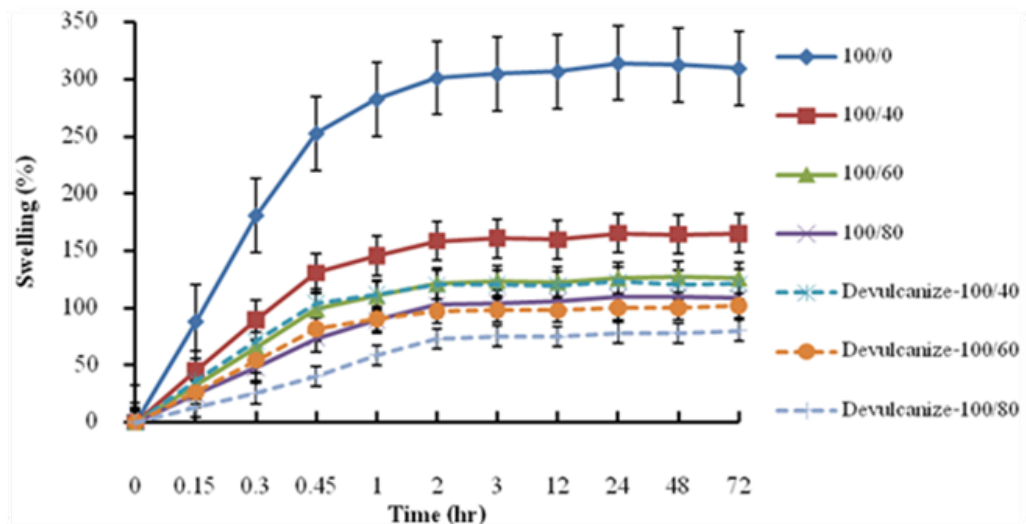
เปรียบเทียบค่าแรงบิดสูงสุดของยางก่อนและหลังดีวัลคาไนซ์พบว่าพบว่ามีค่าแรงบิดมีค่าลดลงหลังผ่านการดีวัลคาไนซ์ เนื่องมาจากในขณะดีวัลคาไนซ์เกิดการตัดขาดสายโซ่ภายในโมเลกุลของยางเองบางส่วน ทำให้ยางดีวัลคาไนซ์มีค่าแรงบิดต่ำกว่ายางก่อนการดีวัลคาไนซ์ เมื่อเพิ่มปริมาณเขม่าดำส่งผลให้ระยะเวลาปลอดภัยในการคงรูป และเวลาในการคงรูปลดลง เนื่องจากเขม่าดำมีสมบัติในการกระตุ้นปฏิกิริยาการคงรูป (Rattanasom and Prasertsri, 2009) และเปรียบเทียบในยางก่อนและหลังดีวัลคาไนซ์พบว่าระยะเวลาปลอดภัยในการคงรูป และเวลาในการคงรูปของยางหลังดีวัลคาไนซ์มีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากยางหลังดีวัลคาไนซ์มีส่วนที่ว่องไวต่อการเกิดโครงสร้างร่างแหสามมิติอยู่ภายในโครงสร้างของยาง

จากรูปที่ 1 แสดงปริมาณการบวมพองของยางคงรูป พบว่าปริมาณของเขม่าดำมีผลต่อปริมาณการบวมพองโดยยางที่มีปริมาณเขม่าดำสูงจะเกิดการบวมพองที่น้อยกว่ายางที่มีปริมาณเขม่าดำต่ำ เนื่องจากสารตัวเติมเขม่าดำจะเพิ่มปริมาณการเชื่อมโยงของยางให้สูงขึ้น การเชื่อมโยงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลยางซึ่งเป็นการป้องกันการซึมผ่านของโมเลกุลตัวทำละลายเข้าสู่ยาง จึงส่งผลให้ยางที่มีปริมาณเขม่าดำสูงจะเกิดการบวมพองที่น้อย และการใช้ยางดีวัลคาไนซ์พบว่ายางเกิดการบวมพองน้อยลง เนื่องจากได้มีการคงรูปซ้ำทำให้ความหนาแน่นของการเชื่อมโยงเพิ่มสูงขึ้นโมเลกุลของตัวทำละลายจึงเข้าสู่ยางได้น้อย ส่งผลให้ปริมาณการบวมพองลดลง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสมบัติการคงรูปของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติดีวัลคาไนซ์

ปริมาณ เขม่าดำ (phr)	สมบัติการคงรูป									
	ML (dN.m)		MH (dN.m)		MH-ML (dN.m)		t _{s2} (min)		t ₉₀ (min)	
	NR	De-NR	NR	De-NR	NR	De-NR	NR	De-NR	NR	De-NR
0	0.67	-	19.83	-	19.26	-	2.30	-	5.44	-
40	1.98	3.20	28.97	24.01	26.99	20.81	2.46	0.51	9.11	5.59
60	4.39	4.24	41.18	33.74	36.79	29.50	2.23	0.37	9.43	6.13
80	7.21	6.84	48.68	38.30	41.47	31.46	2.00	0.28	9.32	6.18

รูปที่ 1 เปรียบเทียบสมบัติการบวมพองของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติดีวัลคาไนซ์



ตารางที่ 3 แสดงความต้านทานแรงดึง ระยะยืดเมื่อขาด ความแข็ง ปริมาตรการสึกหรอ และการกระด้างกระดอน ของยางคงรูปที่ใช้ยางธรรมชาติที่ยังไม่ผ่านการดีวัลคาไนซ์กับการใช้ยางดีวัลคาไนซ์ที่มีปริมาณเขม่าดำต่าง ๆ พบว่าในยางคงรูปปกติการผสมเขม่าดำในปริมาณ 40 phr จะทำให้ยางมีความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเขม่าดำขึ้นยางจะมีความต้านทานแรงดึงลดลง จากกฎของการผสมเมื่อปริมาณสารตัวเติมเพิ่มขึ้นความต้านทานแรงดึงจะลดลงโดยเฉพาะเมื่อมีสารตัวเติมเกิน 35 phr (พรพวรรณ, 2540) ดังนั้นเมื่อมีเขม่าดำในปริมาณที่มากกว่า 40 phr ความต้านทานแรงดึงจึงลดลง ในส่วนของยางดีวัลคาไนซ์

พบว่าความต้านทานแรงดึงจะลดลง สำหรับระยะยืดเมื่อขาดของยางคงรูปปกติและยางดีวัลคาไนซ์ที่ปริมาณเขม่าดำต่าง ๆ พบว่าปริมาณเขม่าดำที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าระยะยืดเมื่อขาดลดลง เนื่องจากเขม่าดำจะทำให้ความแข็งของยางสูงขึ้น ความสามารถในการดึงยืดของยางจึงลดลง ในส่วนของยางดีวัลคาไนซ์พบว่าค่าระยะยืดเมื่อขาดจะลดลงเช่นเดียวกับค่าความต้านทานแรงดึง เป็นผลมาจากยางเกิดกระบวนการเสื่อมสภาพ จึงทำให้ผลของระยะยืดเมื่อขาดลดลงด้วย

จากผลทดสอบความแข็งของยาง พบว่าปริมาณเขม่าดำที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความแข็งของยางเพิ่มขึ้น ส่วนยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์แล้วมีค่าความแข็งลดลง เนื่องมาจากการดีวัลคาไนซ์จะทำให้ยางพันธะเชื่อมโยงของยาง ทำให้โมเลกุลของยางบางส่วนถูกตัดขาดออกจากกัน หรือที่เรียกว่ากระบวนการเสื่อมสภาพ เกิดขึ้นด้วยจึงทำให้ยางมีค่าความแข็งลดลง และพบว่ายางดีวัลคาไนซ์มีปริมาตรการสึกหรอเพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นตามปริมาณเขม่าดำ เป็นผลมาจากการดีวัลคาไนซ์ทำให้ยางเสื่อมคุณภาพลงปริมาตรการสึกหรอจึงเพิ่มขึ้น และจากค่าการกระด้างกระดอน พบว่าการกระด้างกระดอนลดลงตามปริมาณเขม่าดำที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการใส่เขม่าดำจะเพิ่มความแข็งและปริมาณการคงรูป เมื่อยางแข็งขึ้นส่งผลให้สมบัติการกระด้างกระดอนของยางลดลง โดยเฉพาะเขม่าดำเกรดที่ใช้ (N330) เป็นเขม่าดำเกรดที่มีขนาดอนุภาคเล็ก (320 A°) จึงส่งผลให้ความกระด้างกระดอนลดลงมากยิ่งขึ้น (พรพรรณ, 2528) และภายหลังการทำดีวัลคาไนซ์พบว่าการกระด้างกระดอนมีค่าลดลง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติดีวัลคาไนซ์

Carbon black (phr)	Tensile Strength (MPa)		Elongation at Break (%)		Hardness (Shore A)		Rebound Resilience (%)		Volume Loss (cm ³)	
	NR	De-NR	NR	De-NR	NR	De-NR	NR	De-NR	NR	De-NR
40	24.5	4.11	410	65	57	52	60	49	153	274
60	19.8	3.87	237	30	67	55	45	40	157	269
80	10.1	3.33	91	18	76	62	37	35	182	315

5. สรุป

ยางคงรูปที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ ยางจะเปลี่ยนจากลักษณะของยางคงรูปที่แข็ง ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนเป็นอ่อนนิ่มสามารถไหลได้ง่ายขึ้นเมื่อได้รับความร้อน จึงสามารถนำยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์นำมาขึ้นรูปและคงรูปใหม่ได้ โดยใช้เขม่าดำเป็นสารตัวเติมช่วยเหนียวทำให้เกิดการดีวัลคาไนซ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ เพื่อเป็นการลดขยะจากยางที่ผ่านการใช้งานแล้ว เมื่อเปรียบเทียบสมบัติการคงรูปของยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์กับสมบัติการคงรูปของยางที่ไม่ผ่านการดีวัลคาไนซ์ พบว่าค่าทอร์กต่ำสุด ค่าทอร์กสูงสุด ค่าผลต่างค่าทอร์ก ระยะปลอดภัยในการผลิต และเวลาในการคงรูปของยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์มีค่าลดลง และพบว่ายางคงรูปที่ใช้ยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์มีสมบัติความต้านทานแรงดึง ระยะยืดเมื่อขาด ความแข็ง ความต้านทานการสึกหรอ และการกระด้างกระดอนต่ำกว่ายางคงรูปที่ใช้ยางธรรมชาติที่ไม่ผ่านการดีวัลคาไนซ์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

- ดารณี เจริญสุข. (2550). การนำยางกลับมาใช้ใหม่โดยเทคโนโลยีดีลิงค์ (De-Link Technology). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง*. 1(2): 25 – 29.
- พงษ์ธร แซ่ฮุย. (2550). สารเคมียาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- พิพัฒน์ ไทยเจริญ, พัทธินดา วาทะกุล, และศิริลักษณ์ พุ่มประดับ. (2551). กระบวนการเชิงกลร่วมเคมี สำหรับยางรีเคลม. *คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.
- พรพรรณ นิธิอุทัย. (2540). ยางเทคนิคการออกสูตร. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรพรรณ นิธิอุทัย. (2528). สารเคมีสำหรับยาง. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Masaki, K., Ohkawara, S.C., Hirono, T. & Seno, M. (2004). Devulcanization of Nitrile Butadiene Rubber in Nitrobenzene. *Journal of Applied Polymer Science*. 91(5): 3342-3353.

Pistor, V., Scuracchio, C., Oliveira, P.J., Fiorio, R. & Zattera, A.J. (2011). Devulcanization of Ethylene-Propylene-Diene Polymer Residues by Microwave: Influence of the Presence of Paraffinic Oil. *Polymer Engineering and Science*, 51, 697-703.

Rattanasom, N. & Prasertsri, S. (2009). Relationship Among Mechanical Properties, Heat Aging Resistance, Cut Growth Behaviour and Morphology in Natural Rubber: Partial Replacement of Clay with Various Types of Carbon Black at Similar Hardness Level. *Polymer Testing*, 28, 270-276.

Sombatsompop, N. & Kumnuantip, C. (2006). Comparison of Physical and Mechanical Properties of NR/Carbon Black/Reclaimed Rubber Blends Vulcanized by Conventional Thermal and Microwave Irradiation Methods. *Journal of Applied Polymer Science*. 100(6), 5039-5048.

อุปกรณ์เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็ก

ธเนศ คณະดี^{1*} และ ภาคภูมิ จารุภูมิ^{1,2*}

¹ หน่วยวิจัยวัสดุและนวัตกรรมทางการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านวิชาชีพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

² สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

* noteparkpoom@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็กเป็นอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันการเกิดสภาวะอุณหภูมิของร่างกายที่ต่ำกว่าปกติ (Hypothermia) งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ คัดเลือกวัสดุ และสร้างต้นแบบอุปกรณ์เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็กเปรียบเทียบกับ Bair Hugger (3M™ Bair Hugger™ Veterinary Blankets) รุ่น 53777 โดยศึกษาการเลือกวัสดุกลุ่มกระดาษ และผ้า ควบคู่กับการออกแบบเบาะลมร้อนที่มีรูปแบบการไหลของอากาศที่แตกต่างกันเพื่อกำหนดให้มีอุณหภูมิของความต่างของอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดเพื่อประสิทธิภาพในการรักษาอุณหภูมิของสัตว์เล็ก

คำสำคัญ เบาะลมร้อน, การผ่าตัด, สัตว์เล็ก

Hot air cushion equipment for surgery in small animal

Thanat Kanadee^{1*} and Parkpoom Jarupoom^{1,2*}

¹ Materials and Medical Innovation Research Unit, Center of Excellent, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Rd., Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Rd., Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* noteparkpoom@rmutl.ac.th

Abstract

An air cushion for small animal surgery is a device that can prevent hypothermia. (Hypothermia) This research aims to design, select materials, and create a hot air cushion device prototype for smooth small animal surgery compared to the Bair Hugger (3M™ Bair Hugger™ Veterinary Blankets) model 53777. Study the selection of paper and cloth materials and the design of hot air cushions with different airflow patterns to achieve the lowest temperature difference and maintain the temperature of small animals efficiently.

Keywords: Hot air cushion, surgery, small animal

1. บทนำ

ปัจจุบันการรักษาสัตว์โดยการผ่าตัดเป็นส่วนหนึ่งในขั้นตอนการดูแลรักษาสัตว์ป่วยทางสัตวแพทย์ เมื่อสัตว์ต้องได้รับการผ่าตัดจะเกิดภาวะอุณหภูมิของร่างกายที่ต่ำกว่าปกติ (Hypothermia) ซึ่งเป็นสภาวะที่อาจเกิดขึ้นได้จากการวางยาสลบ สัตวแพทย์จึงมีความจำเป็นในการนำอุปกรณ์ที่ช่วยลดการสูญเสียอุณหภูมิร่างกายของสัตว์มาใช้ในการผ่าตัดร่วมด้วย ซึ่งพบว่าการนำเข้าอุปกรณ์ที่ช่วยลดการสูญเสียร่างกายของสัตว์ที่ผลิตจากต่างประเทศมีราคาที่สูงทำให้ค่ารักษาในการผ่าตัดสัตว์ส่วนใหญ่สูงตามไปด้วย โดยอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันการเกิดจากภาวะอุณหภูมิของร่างกายที่ต่ำกว่าปกติ หรือช่วยควบคุมอุณหภูมิร่างกายสัตว์เล็กไม่ให้อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียสระหว่างการผ่าตัดนั้นเป็นอุปกรณ์ที่ต้องสามารถใช้งานได้ภายในห้องผ่าตัดที่มีอุณหภูมิห้องระหว่าง 22-25 องศาเซลเซียส เบาะลมร้อน (Animal Health Blanket) คือหนึ่งในอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในการใช้งานสำหรับช่วยควบคุมอุณหภูมิของสัตว์เล็ก อุปกรณ์เบาะลมร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานได้เพียงครั้งเดียวไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ อีกทั้งอุปกรณ์เบาะลมร้อนยังมีราคาต่อชิ้นที่สูง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่งผลกระทบต่ออัตราค่าบริการรักษา สัตว์เล็กหากจำเป็นต้องเข้ารับการผ่าตัด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการออกแบบ ทดสอบอุปกรณ์เบาะลมร้อน การทดสอบการใช้งาน รวมถึงการเลือกวัสดุในการสร้างอุปกรณ์เบาะลมร้อนโดยอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการส่งผ่านอุณหภูมิไปยังสัตว์ ซึ่งเบาะลมร้อนได้มีการศึกษาและออกแบบให้มีความเหมาะสมกับขนาดของสัตว์โดยใช้น้ำหนักของสัตว์เป็นเกณฑ์ในการแบ่งขนาดของเบาะ เพื่อศึกษาแนวทางการนำอุปกรณ์เบาะลมร้อนไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำผิดปกติ (Hypothermia) เป็นความผิดปกติที่ร่างกายของสัตว์ไม่สามารถรักษาสมดุลของอุณหภูมิร่างกายให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ ซึ่งโดยทั่วไปในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ร่างกายจะมีกลไกต่าง ๆ เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป เช่นเมื่อสัมผัสกับอากาศเย็น สัตว์จะตอบสนองโดย แสดงอาการตัวสั่นเพื่อสร้างความร้อนในร่างกาย และขนลุกเพื่อเก็บความร้อนไม่ให้สูญเสียออกไป เป็นต้นแต่ในภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำผิดปกตินี้ ร่างกายสัตว์ได้พยายามปรับเพื่อตอบสนองต่ออากาศหนาวจนกระทั่งเกินขีดจำกัด ทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายล้มเหลว ซึ่งมักเกิดจากการปล่อยให้สัตว์ออกไปสัมผัสอากาศหนาวเย็นที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ เป็นเวลานาน ในประเทศมักพบภาวะนี้เกิดขึ้นบ่อยกับลูกสัตว์ โดยเฉพาะลูกสัตว์ที่เกิดใหม่ มักทนต่ออากาศหนาวเย็นไม่ได้ ต้องอาศัยการนอนกกจากตัวแม่สัตว์ หากโชคร้ายแม่สัตว์เองก็ทนไม่ไหว หรือแม่สัตว์ที่มีสัญญาณการเลี้ยงลูกดูท่า มักทำให้ลูกสัตว์เหล่านี้ตายจากการสัมผัสอากาศที่หนาวเย็น ดังนั้นเพื่อป้องกันภาวะดังกล่าวนี้ เจ้าของสัตว์ควรจัดที่นอนที่อบอุ่นไว้ให้สัตว์ รวมถึงอาจต้องใส่เสื้อผ้าให้หากจำเป็นต้องออกไปนอกบ้านสัมผัสกับอากาศที่หนาวเย็น

ภาวะที่ร่างกายสูญเสียความร้อน จากการแผ่รังสี (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการระเหย (Evaporation) จนส่งผลต่อระบบการทำงานต่าง ๆ ของร่างกาย และอาจทำให้ระบบหัวใจล้มเหลว จนเป็นเหตุให้เสียชีวิตได้โดยปกติอุณหภูมิร่างกายของมนุษย์จะอยู่ที่ 36.5-37.5 องศาเซลเซียส เมื่อใดก็ตามที่ร่างกายสูญเสียความร้อน (Body Heat Loss) อย่างต่อเนื่อง จากอุณหภูมิภายนอกที่เย็นกว่าร่างกายจนอุณหภูมิภายในของร่างกาย (Body or Temperature) ลดลงจนต่ำกว่า 36 องศาเซลเซียส แล้วจะเกิดอาการภาวะตัวเย็นเกิน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็กได้มีการกำหนดให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 35 ± 1.5 องศาเซลเซียส ควบคุมปริมาตรอากาศที่ 5 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดสอบวัสดุสำหรับนำมาทำเบาะและทดสอบรูปทรงเบาะรวมถึงการทดสอบจำนวนทางเข้าลมสู่กลางเบาะ

3.1 การเลือกใช้วัสดุเบาะลมร้อน

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลในขั้นตอนการคัดเลือกคุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้ในการสร้างเบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็ก โดยทำการทดสอบโดยการอัดลมเข้าไปในเบาะ ซึ่งมีวัสดุที่นำมาทดสอบเพื่อสร้างเบาะ 2 ประเภท 1. กระดาษ 2. ผ้า โดยในส่วนของกระดาษที่ใช้ในการคัดเลือกมี 3 ชนิดได้แก่ กระดาษบรูฟ กระดาษสาญี่ปุ่น และกระดาษแก้ว ส่วนในกลุ่มของผ้าที่ใช้ในการคัดเลือกมี 3 ชนิด ผ้าสแปนบอนด์ ผ้ากาวยูรีเทน ผ้าโพลีเอสเตอร์ และผ้าโพลีเอไมด์ ขั้นตอนการคัดเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำเบาะ

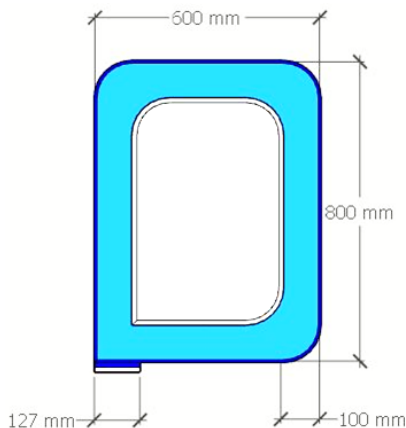
3.2 การทดสอบเบาะลมร้อน

งานวิจัยนี้ได้อ้างอิงรูปแบบของการออกแบบเบาะลมร้อนของ Bair Hugger (3M™ Bair Hugger™ Veterinary Blankets) รุ่น 53777 มีขนาดความกว้าง 915 มิลลิเมตร ความยาว 1525 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดความกว้าง 600 มิลลิเมตร ความยาว 800 มิลลิเมตรและความสูง 100 มิลลิเมตร ขอบเบาะมีรัศมีมุมโค้ง (Radius) 3 มุม ดังนี้ มุมซ้ายบนขนาด 50 มิลลิเมตร มุมขวาบนขนาด 50 มิลลิเมตรและมุมขวาล่างขนาด 50 มิลลิเมตร ขนาดลอนรอบข้างเบาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ช่องเปิดเข้าของลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตรและช่องเปิดลมร้อนเข้าสู่กลางเบาะขนาด 50 มิลลิเมตร และช่องเปิดเข้าของลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร ในการออกแบบให้เบาะสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำเบาะจึงต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งานและราคาที่เหมาะสมหาได้ง่ายในท้องตลาด สามารถซักล้างทำความสะอาดได้รวมถึงกระบวนการอบฆ่าเชื้อโรคจนสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ผ้าใยสังเคราะห์ (Polyester) เป็นส่วนด้านหลังเบาะในการกักเก็บลมร้อนเพราะมีคุณสมบัติทนความร้อนและแสงแดด ทนสารเคมี มีความทนทานสูง น้ำหนักเบา และใช้ผ้าใยสังเคราะห์ (Polyamide) เป็นส่วนด้านหน้าเบาะเนื่องจากมีเนื้อผ้าโปร่งทำให้อากาศผ่านออกไปได้ดี ดังนั้นจึงเหมาะแก่การป้อนลมร้อนออกจากเบาะนอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้ดีมีความเหนียวทนทานและสามารถใช้กับขั้วซ็อกฟอก สปู สารฟอกขาวทุกชนิด จากนั้นนำผ้าทั้ง 2 ชนิดมาตัดให้ได้ตามขนาดและเย็บติดกันเป็นเบาะขึ้นมา และออกแบบรูสำหรับการไหลเข้าของลมร้อนเข้าสู่เบาะและการไหลวนของลมร้อนภายในลอน



Model 53777
35" x 24"

(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) เบาะลมร้อนของ Bair Hugger (3M™ Bair Hugger™ Veterinary Blankets)

(ข) เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็ก

4. ผลการวิจัย

ในการดำเนินการการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็ก เพื่อใช้ในทางสัตวแพทย์ โดยควบคุมอุณหภูมิโดยมีอากาศเป็นตัวกลางในการนำพาความร้อนและใช้แรงดันลมร่วมด้วย เพื่อที่จะทำการออกแบบ ควบคุมอุณหภูมิและระดับแรงลม และสร้างเบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็ก เช่น สุนัข แมว จะต้องใช้หลักการของเบาะลมให้ความอบอุ่นสำหรับสัตว์ ที่ไปตามท้องตลาด

4.1 การเลือกใช้วัสดุเบาะลมร้อน

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบต้นแบบเบาะลมร้อนสำหรับผ้าตัดในสัตรีเล็กโดยการวิเคราะห์คุณสมบัติภายนอก และทางกายภาพเบื้องต้นของวัสดุที่นำมาทำต้นแบบเบาะลมร้อนสำหรับผ้าตัดในสัตรีเล็ก โดยทำการทดสอบโดยการอัดลมเข้าไปในเบาะ ซึ่งมีวัสดุที่นำมาทดสอบเพื่อสร้างเบาะ 2 ประเภท 1.กระดาดข 2.ผ้า กระดาดที่ใช้ในการคัดเลือกมี 3 ชนิด 1.กระดาดขรูปฟ 2.กระดาดขสาฎีปูน 3.กระดาดขแก้ว และผ้าที่ใช้ในการคัดเลือกมี 3 ชนิด 1.ผ้าสปันบอนด์ 2.ผ้ากาวยซีฟอง 3.ผ้าโพลีเอสเตอร์และผ้าโพลีเอไมด์ ขั้นตอนการคัดเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำเบาะลมร้อน

จากผลการทดสอบต้นแบบเบาะลมร้อนสำหรับผ้าตัดในสัตรีเล็กโดยการวิเคราะห์คุณสมบัติภายนอก และทางกายภาพเบื้องต้นพบว่า การทดสอบเบาะจากกระดาดขรูปฟ พบว่าเบาะมีการพองตัว แต่เบาะไม่สามารถกั้นน้ำและฉีกขาดได้ง่าย เพราะกระดาดขรูปฟเป็นกระดาดขที่บางเบา คุณภาพต่ำ เหมาะกับงานพิมพ์แบบใช้แล้วทิ้ง การทดสอบเบาะจากกระดาดขสาฎีปูน พบว่าเบาะไม่สามารถพองตัว มีน้ำหนักเบาและฉีกขาดได้ง่าย เพราะกระดาดขสาฎีปูนมีช่องว่างที่ใหญ่ ทำให้ไม่สามารถกักเก็บลมไว้ได้ การทดสอบเบาะจากกระดาดขแก้ว พบว่าเบาะมีการพองตัว แต่ฉีกขาดได้ง่าย ไม่ทนต่อความร้อน ไม่สามารถโดนน้ำหรือความชื้นได้ เพราะกระดาดขแก้วผลิตจากเยื่อไม้ เหมาะกับใช้ห่อของต่างๆ ทำโคม และงานประดิษฐ์ต่างๆ ดังนั้นวัสดุกลุ่มกระดาดขถึงจะราคาต้นทุนในการทำเบาะที่ถูกเมื่อเทียบผ้า แต่ไม่สามารถนำมาใช้ทำเบาะได้ เพราะกระดาดขบางชนิดไม่สามารถพองตัวได้และกระดาดขบางชนิดไม่สามารถกั้นน้ำและฉีกขาดได้ง่าย

ตารางที่ 1 วิเคราะห์และคัดเลือกของวัสดุเพื่อนำมาสร้างเบาะ

หัวข้อประเมิน	ข้อดี	ข้อเสีย
1. กระดาดขรูปฟ	พองตัวได้ดี ราคาถูก	ไม่กั้นน้ำ ฉีกขาดง่าย
2. กระดาดขสาฎีปูน	ราคาถูก	ไม่พองตัว
3. กระดาดขแก้ว	กั้นน้ำได้ดี ราคาถูก	เปราะ ฉีกขาดง่าย
4. ผ้าสปันบอนด์	กั้นน้ำได้ ทนทานต่อการฉีกขาด	ไม่พองตัว
5. ผ้ากาวยซีฟอง	กั้นน้ำได้	ไม่พองตัว
6. ผ้าร่มโพลีเอสเตอร์และผ้าร่มโพลีเอไมด์	พองตัวได้ดี ชักทำความสะอาดได้	ราคาแพง

ส่วนในกลุ่มของวัสดุผ้าการทดสอบเบาะลมร้อนจากผ้าสปันบอนด์ พบว่าเบาะลมร้อนไม่สามารถพองตัวได้ เพราะเบาะลมร้อนไม่สามารถกักเก็บลมได้ แต่ผ้าสปันบอนด์ขึ้นรูปได้ดี ทนต่อความชื้น ไม่ดูดซับน้ำ มีน้ำหนักเบา และทนทานต่อการฉีกขาด การทดสอบเบาะลมร้อนจากผ้าซีฟอง พบว่าเบาะลมร้อนไม่สามารถพองตัวได้ ไม่มีสามารถกักเก็บลมได้เพราะมีการซึมผ่านของอากาศที่มากเกินไป แต่ผ้าซีฟองมีเนื้อสัมผัสเบา บาง นุ่มและยืดหยุ่น ทนต่อการขีดข่วน ไม่ลอกง่าย ไม่ยับง่าย เหมาะกับการใช้ทำพวกผ้าปูที่นอน ชุดเครื่องแต่งกาย อีกทั้งในงานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบพบว่าวัสดุในกลุ่มผ้ามีความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นต้นแบบเบาะลมร้อนสำหรับผ้าตัดในสัตรีเล็ก พบว่าการทดสอบเบาะลมร้อนจากผ้าร่มโพลีเอสเตอร์และผ้าร่มโพลีเอไมด์ พบว่าเบาะลมร้อนมีการพองตัว ทนทานต่อการฉีกขาด มีเนื้อสัมผัสเบา เบาและยืดหยุ่น ผ้าร่มโพลีเอไมด์มีการซึมผ่านของอากาศได้ดีและผ้าร่มโพลีเอสเตอร์อากาศไม่สามารถซึมผ่านได้ จากแผนผังกระบวนการคัดเลือกคุณสมบัติของวัสดุเพื่อนำมาสร้างเบาะ ดังตารางที่ 1

จากแผนผังการคัดเลือกของวัสดุเพื่อนำมาสร้างเบาะลมร้อน ดังตารางที่ 1 วัสดุที่จะนำมาใช้คัดเลือกทำเบาะลมร้อนมี 2 ประเภท 1.กระดาดข 2.ผ้า ซึ่งจากการทดสอบ พบว่า กระดาดขถึงจะราคาต้นทุนในการทำเบาะที่ถูกเมื่อเทียบผ้า แต่ไม่สามารถนำมาใช้ทำเบาะได้ เพราะกระดาดขบางชนิดไม่สามารถพองตัวได้และกระดาดขบางชนิดไม่สามารถกั้นน้ำและฉีกขาดได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้พบว่าวัสดุที่จะนำมาใช้สร้างเบาะลมร้อนคือผ้าร่มโพลีเอสเตอร์และผ้าร่มโพลีเอไมด์ ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นคือผ้าร่มโพลีเอไมด์ มีคุณสมบัติที่ยอมให้อากาศไหลผ่านช่องว่างระหว่างเส้นด้ายไปได้แต่ผ้าร่มโพลีเอสเตอร์อากาศไม่สามารถไหลผ่านไปได้เพราะมีการฉาบเคลือบที่พื้นผิวผ้าไว้เบาะมีการพองตัวดังแสดงในรูปที่ 1



1.กระดาษบรีฟ



2.กระดาษสาญี่ปุ่น



3.กระดาษแก้ว



4.ผ้าสปันบอนด์



5.ผ้ากาวยีฟอง



6.ผ้าร่มผ้าร่มโพลีเอสเตอร์
และผ้าร่มโพลีเอไมด์

รูปที่ 2 การทดสอบการพองตัวของเบาะลมร้อนด้วยวัสดุกลุ่มกระดาษและผ้า

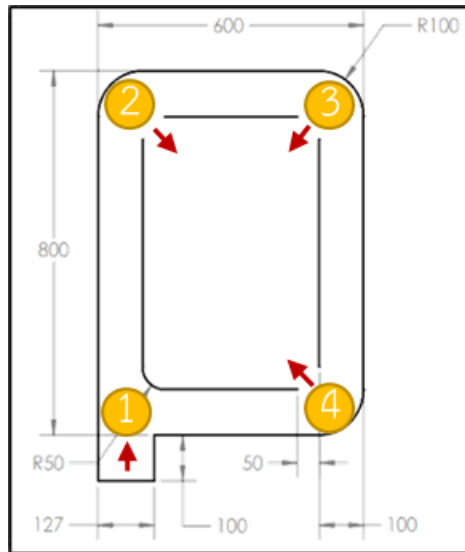
4.2 การทดสอบเบาะลมร้อน

เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็กมีขนาดความกว้าง 600 มิลลิเมตร ความยาว 800 มิลลิเมตรและความสูง 100 มิลลิเมตร ขอบเบาะมีรัศมีมุมโค้ง (Radius) 3มม ดังนี้ มุมซ้ายบนขนาด 50 มิลลิเมตร มุมขวาบนขนาด 50 มิลลิเมตรและมุมขาล่างขนาด 50 มิลลิเมตร ขนาดลอนรอบข้างเบาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ช่องเปิดเข้าของลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตรและช่องเปิดลมร้อนเข้าสู่กลางเบาะขนาด 50 มิลลิเมตร และช่องเปิดเข้าของลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร

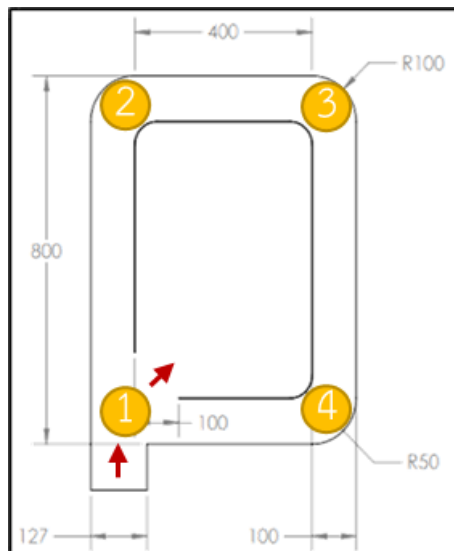
เป็นขั้นตอนการจัดหาวัสดุสำหรับทำเบาะโดยมีคุณสมบัติหลักคือสามารถกักเก็บลมได้และลมร้อนสามารถซึมผ่านเบาะได้ รวมถึงการนำกลับมาใช้ใหม่ได้และเป็นวัสดุที่จัดหาได้ง่ายในท้องตลาดแล้วนำมาขึ้นรูปเป็นเบาะให้มีลักษณะรูปทรงและขนาดที่ใกล้เคียงกับเบาะลมร้อนของ Bear Hugger รุ่น 53777 ดังตัวอย่างรูปที่ 3.61 ได้มาทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ กระดาษบรีฟ กระดาษสาญี่ปุ่น กระดาษแก้ว ผ้าสปันบอนด์ ผ้ายีฟอง และผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester)และผ้าไยพอลิเอไมด์ (Polyamide or Nylon)



รูปที่ 3 รูปทรงเบาะแบบ Bair Hugger รุ่น 53777



รูปที่ 3.64 รูปทรงเบาะลมร้อนแบบแบบทางเข้าลม 3 ทาง



รูปที่ 4 รูปทรงเบาะลมร้อนแบบแบบทางเข้าลม 1 ทาง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบอนุภูมิภาคบริเวณต่างๆ

รูปแบบ	อนุภูมิภาค				
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	ผลต่าง
Bair Hugger รุ่น 55077	34.0	31.1	28.7	30.5	5.3
รูเบาะลมร้อนแบบแบบทางเข้าลม 3 ทาง	35.3	32.0	31.0	29.7	5.6
เบาะลมร้อนแบบแบบทางเข้าลม 1 ทาง	34.4	33.2	32.0	32.3	2.1

จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวโดยใช้กำลังไฟฟ้าของฮีตเตอร์เซรามิกที่ 100 เอร์เซ็นต์และกำลังไฟฟ้าพัดลมโบลเวอร์ที่ 100 เอร์เซ็นต์แล้วทำการวัดทดสอบอนุภูมิภาคพื้นผิวเบาะและสังเกตการพองตัวของเบาะด้วยสายตา จากนั้นบันทึกผลการทดลองซึ่งพบว่าวัสดุที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการคือผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ความหนา 0.12 มิลลิเมตร น้ำหนัก 120 (กรัม/ตารางเมตร) และผ้าไยพอลิเอไมด์ (Polyamide or Nylon) ความหนา 0.12 มิลลิเมตร น้ำหนัก 38 (กรัม/ตารางเมตร)

กระบวนการทดสอบอนุภูมิภาคพื้นผิวเบาะ Bair Hugger รุ่น 53777 แบบทางลมเข้าสู่กลางเบาะ 3 ทาง และแบบทางลมเข้าสู่กลางเบาะ 1 ทาง เพื่อหาความต่างของอนุภูมิภาคบริเวณพื้นผิวเบาะเฉลี่ย 4 จุดของทั้ง 3 แบบให้มีผลต่างของอนุภูมิภาคที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด จากการทดสอบพบว่าอนุภูมิภาคที่ต่างกันประมาณ 6 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3 จากนั้นเมื่อทำการทดสอบต้นแบบเบาะลมร้อนที่ผลิตจากผ้าไยพอลิเอไมด์ ร่วมกับผ้าโพลีเอสเตอร์ โดยบังคับทิศทางลมที่ไหลเวียนของลมที่อยู่ภายในเบาะเพื่อให้อนุภูมิภาคเฉลี่ยบนพื้นผิวเบาะ (บนพื้นผิวผ้าไยพอลิเอไมด์ Polyamide or Nylon) มีอนุภูมิภาคที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด มีขนาดของลมและทางลมเข้าสู่กลางเบาะเท่ากับขนาดของท่อส่งอนุภูมิภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 72 มิลลิเมตร ทำการทดสอบโดยใช้กำลังไฟฟ้าของฮีตเตอร์เซรามิกที่ 100 เอร์เซ็นต์และกำลังไฟฟ้าพัดลมโบลเวอร์ที่ 100 เอร์เซ็นต์ การทดสอบออกแบบรูปทรงเบาะแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยกำหนดให้เป็นแบบทางลมเข้าสู่กลางเบาะ 1 ทาง จากการทดสอบเบาะทั้งสองแบบก่อนหน้ารูปทรงเบาะแบบ Bair Hugger รุ่น 53777 มีอนุภูมิภาคที่ต่างกันมากถึง 5.3 องศาเซลเซียส แบบทางลมเข้าสู่กลางเบาะ 3 ทางมีอนุภูมิภาคที่ต่างกันมากถึง 5.6 องศาเซลเซียส จึงได้ทำการทดสอบแบบทางลมร้อนเข้าสู่กลางเบาะให้เหลือเพียงแค่ 1 ทาง ดังตัวอย่างรูปที่ 3 พบว่าอนุภูมิภาคบริเวณพื้นผิวเบาะ 4 จุด มีอนุภูมิภาคที่ต่างกันประมาณ 2.1 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็กเพื่อทดแทนการนำเข้าเบาะลมร้อนจากต่างประเทศ สามารถเลือกใช้กลุ่มผ้าไยพอลิเอไมด์ ร่วมกับผ้าโพลีเอสเตอร์เพื่อใช้เป็นเบาะลมร้อนสำหรับผ่าตัดในสัตว์เล็กในรูปแบบทางลมร้อนเข้าสู่กลางเบาะ 1 ทาง โดยมีอนุภูมิภาคบริเวณพื้นผิวเบาะ 4 ตำแหน่งมีอนุภูมิภาคที่ต่างกันประมาณ 2.1 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ความต่างของอนุภูมิภาคที่ต่ำกว่าเบาะ Bair Hugger รุ่น 53777 ที่จำหน่ายในท้องตลาด

6. เอกสารอ้างอิง

1. วิสูตร อาสนวิจิตร 2561. การสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงแบบพัลส์ สำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต. วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ชญาศักดิ์ รัตน์โชติ, พีระพงศ์ ทีฆสกุล และยุทธนา ภูริระวณิชย์กุล. 2561. เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตสำหรับการดักจับเขม่าจากการเผาไหม้ไม้พิน. การประชุมวิชาการเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 22. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
3. Podlinski, J., Niewulis, A., and Mizeraczyk, J. 2019. Electro hydrodynamic flow and particle collection efficiency of a spike-plate type electrostatic precipitator. Journal of Electrostatics. 67: 99 - 104

การเปรียบเทียบการเตรียมผงแก่นฝางที่สกัดโดยวิธีความร้อนและสนามไฟฟ้าพัลส์และการประยุกต์ใช้ในการย้อมเส้นด้ายฝ้าย

ชินานาฏ วิทยาประภากร^{1*} และครรชิต เงินคำคง²

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*Chinanat@rmutl.ac.th, 0983690990

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการเตรียมผงสีจากแก่นฝางโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เปรียบเทียบการสกัดด้วยความร้อนและสนามไฟฟ้าพัลส์ จากนั้นนำผงสีที่ได้เตรียมเป็นน้ำย้อมเพื่อทดสอบการย้อมเส้นด้ายฝ้าย ตัวแปรควบคุม คือ อัตราส่วนแก่นฝางต่อน้ำ 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แช่ 1 ชั่วโมงก่อนสกัด ตัวแปรต้นคือ: 1) การสกัดด้วยความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และ 2) การสกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ที่ความถี่ 1 Hz ความเข้มสนามไฟฟ้า 5 kV/cm ระยะเวลา 15 นาที ผลการสกัดพบว่าการสกัดด้วยความร้อนให้ร้อยละผลผลิต 45.51±1.08 ส่วนสนามไฟฟ้าพัลส์ให้ร้อยละผลผลิต 48.14±1.10 ข้อมูลค่าสี L* a* และ b* ของน้ำย้อมแก่นฝางที่สกัดได้จากเทคนิคต้มให้ความร้อน มีค่าดังนี้ 23.59±0.11, 6.67±0.05 และ 9.54±0.07 ตามลำดับ ส่วนค่าสี L* a* และ b* ของน้ำย้อมแก่นฝางที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ มีค่าดังนี้ 28.61±0.14, 5.54±0.14 และ 9.25±0.07 พบว่าน้ำย้อมที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ให้ค่าความสว่างของ L* มากกว่าน้ำย้อมที่สกัดด้วยความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำมาเตรียมน้ำย้อมแก่นฝางความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำเส้นด้ายฝ้ายลงย้อมและต้มให้ความร้อน พบว่า เส้นด้ายในน้ำย้อมจากผงแก่นฝางที่สกัดด้วยความร้อนมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมจากผงแก่นฝางที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์เล็กน้อยสรุปได้ว่า การเตรียมผงแก่นฝางโดยการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ให้ร้อยละผลผลิตมากกว่าและใช้เวลาน้อยกว่า เมื่อนำมาย้อมเส้นด้ายฝ้ายให้สีที่ใกล้เคียงกัน การสกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์เป็นวิธีการที่ประหยัดเวลา และไม่ก่อมลพิษ เหมาะต่อการส่งเสริมให้เป็นเทคโนโลยีสะอาดสนับสนุนการย้อมสีธรรมชาติในอนาคต

คำสำคัญ: ผงสีธรรมชาติ แก่นฝาง สนามไฟฟ้าพัลส์

Comparison of the preparation of Sappan wood powder extracted by Heat and Pulsed Electric Field methods and its application in dyeing cotton yarn

Chinanat Witthayaparakorn^{1*} and Khanchit Ngoenkhamkhong²

¹ Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Chang Phueak Subdistrict, Mueang District, Chiang Mai Province 50300

² Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna 128 Chang Phueak Subdistrict,
Mueang District, Chiang Mai Province 50300

*Chinanat@rmutl.ac.th, 0983690990

Abstract

This research investigates the preparation of dye powder from sappanwood using water as a solvent, comparing extraction by heat and pulsed electric field (PEF). The dye powder was then prepared into dye solutions to test on cotton yarns. The controlled variable was the ratio of heartwood to water at 1:5 w/v, soaked for 1 hour before extraction. The independent variables were: extraction by heat at 80°C for 1 hour, and extraction by PEF at a frequency of 1 Hz, electric field strength of 5 kV/cm for 15 minutes. The extraction results showed that the heat extraction yielded 45.51±1.08%, while the PEF extraction yielded 48.14±1.10%. The L*, a*, and b* color values of Sappan wood dye extracted from the boiling technique were as follows: 23.59±0.11, 6.67±0.05, and 9.54±0.07, respectively. The L*, a*, and b* color values of Sappan wood dye water extracted with a PEF had the following values: 28.61±0.14, 5.54±0.14 and 9.25±0.07. It was found that the Sappan wood dyed extracted by a PEF technique gave a higher L* brightness value than the boiling method as significantly. When preparing the dye solutions with a concentration of 1% by weight-to-volume and dyeing cotton yarns with heat, it was found that the cotton yarn dyed in the solution from the heat-extracted dye powder exhibited a slightly darker reddish-brown color compared to the yarn dyed in the solution from the PEF-extracted dye powder. In conclusion, preparing sappan wood dye powder through PEF extraction yields a higher percentage and takes less time. When used for dyeing cotton yarn, the color of produced is similar. Therefore, PEF extraction is a time-efficient and non-polluting method, suitable for promoting as a clean technology to support natural dyeing in the future.

Keywords: natural dye powder, sappan wood, pulse electric field

1. บทนำ

พืชธรรมชาติสามารถนำมาสกัดทำสีย้อมได้หลายเฉดหลายโทนสี ทั้งนี้สามารถจัดกลุ่มของสีธรรมชาติได้หลายโทน หากต้องการโทนสีแดง นิยมใช้ครั้ง รากยอป่า มะไฟ แก่นเมล็ดค้ำแสด แก่นฝาง เปลือกสมอ ไม้เหมือด เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการย้อมสีเส้นผ้ามีดังนี้ 1) สีย้อมซึ่งมีทั้งแบบน้ำและแบบผง สีย้อมแบบน้ำเตรียมง่าย แต่ต้องใช้พื้นที่ เก็บยาก ส่วนแบบผง ขึ้นตอนยุ่งยาก แต่เก็บได้นานและใช้งานง่าย 2) สารปนเปื้อน เช่น ลิกนินทำให้ความสดของสีย้อมลดลง 3) เส้นใยผ้าฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสต้องล้างกำจัดไขมันและสารอื่น ๆ ก่อนนำมาย้อมสี เพื่อให้การติดสีดีขึ้น 4) สภาพการย้อม มี 2 แบบ ได้แก่ การย้อมร้อนและย้อมเย็นขึ้นกับพืชที่ใช้ และ 5) เทคนิคในการย้อมขึ้นกับภูมิปัญญาและองค์ความรู้ของแต่ละท้องถิ่นที่แตกต่างกันไป

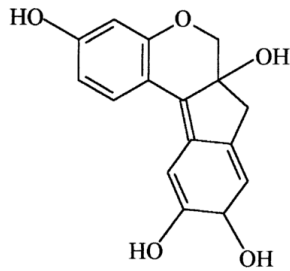


รูปที่ 1 ลักษณะของแก่นฝางที่สำคัญสำหรับสกัดสีย้อมธรรมชาติ

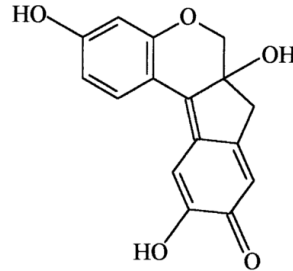
ในกระบวนการผลิตน้ำสีย้อมโดยทั่วไป มักใช้วิธีการต้มให้ความร้อน เพื่อสกัดสีจากวัสดุหรือพืชธรรมชาติ จากนั้นทำการแยกกากออก จะได้ส่วนของเหลวสำหรับนำไปย้อมผ้า แต่มีข้อจำกัดที่บางชนิดมีเพียงบางฤดูกาล ไม่สามารถเก็บพืชสดไว้ได้ หรือเก็บน้ำสีไว้ได้ หากสามารถเตรียมเป็นผงสี โดยนำน้ำสีมาผ่านกระบวนการระเหยน้ำออกบางส่วนแล้วอบแห้ง จากนั้นนำไปบดทำเป็นผง จะได้ผงสีที่สามารถเก็บง่าย เก็บได้นาน และสะดวกในการนำมาละลายใช้งาน และสามารถเพิ่มมูลค่าด้วยการประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่น ๆ ทั้งในการพิมพ์งาน งานแพ้นท์ สีสผสมอาหารหรืองานด้านเครื่องสำอางได้ ในปัจจุบันการสกัดด้วยไฟฟ้าในรูปของสนามไฟฟ้าแบบพัลส์ (pulsed electric field, PEF) เป็นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการนิยมนิยม มีหลักการทำงาน คือ ใช้กระแสไฟฟ้าที่มีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงเป็นจังหวะ (pulse) ผ่านขั้วอิเล็กโทรดในช่วงเวลาสั้นๆ เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์เมื่อมีการสะสมประจุไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์จนทำให้มีค่าความเข้มสนามไฟฟ้ามากกว่าค่าความเข้มสนามไฟฟ้าวิกฤต จึงส่งผลให้เกิดการแตกของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สามารถสกัดสารต่าง ๆ ที่ยึดติดกับโครงสร้างของเซลล์ได้ดี ข้อดีของวิธีนี้คือเป็นการสกัดเย็นไม่ใช้ความร้อน จึงมีทำให้น้ำสีที่ได้มีเฉดสีออกโทนสว่าง ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเตรียมผงสีจากแก่นฝางโดยเปรียบเทียบการสกัด 2 วิธี ได้แก่ การสกัดสีด้วยความร้อน และการสกัดสีด้วยเทคโนโลยีสนามไฟฟ้าพัลส์จากนั้นนำน้ำสีที่สกัดได้มาเตรียมเป็นผงสี แล้วทดสอบการใช้งานด้วยการย้อมเส้นด้ายฝ้าย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฝาง (Sappan wood, *Caesalpinia sappan*) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Caesalpinia sappan* Linn. ชื่อวงศ์: LEGUMINOSAE-CAESALPINOIDEAE ชื่อสามัญ: Sappan tree ชื่อท้องถิ่น ได้แก่ ฝางเสน ฝางส้ม ง่าย หนามโค้ง โขป๊ก เนื้อไม้ของฝางมีสีเหลืองส้ม แก่นมีสีแดง ถูกอากาศนานจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ฝางเป็นไม้ให้สี นิยมนำมาเป็นสีย้อมธรรมชาติโทนสีแดง สารที่ให้สีชมพูบานเย็นสดของฝาง ชื่อว่า “brazilin” ดังในรูปที่ 2 (ก) ในสภาวะเบส pH 6-9 ถ้าในสภาวะ pH 4-5 จะอยู่ในรูป “Brazilein” (ข) ให้สีแดงอมส้ม เนื่องจาก brazilin ในฝางเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ในกลุ่มของ neoflavonoid หาก brazilin ถูกออกซิไดซ์ในสภาวะที่มีแสง จะเปลี่ยนไปเป็น brazilein ให้สีส้ม



(ก) Brazilin



(ข) Brazilein

รูปที่ 2 สารสำคัญหลัก 2 ชนิดในสารสกัดจากแก่นฝาง (Oliveira et al., 2002)

รัสดีและคณะ (Rusdi, S. et al., 2020) รายงานผลการสกัดสีธรรมชาติจากเมล็ด Kesumba Keling และแก่นฝาง สำหรับย้อมผ้าฝ้าย พบว่าการใช้สารช่วยติดสีมีผลต่อความเข้มและทิศทางของสีที่ได้ โดยปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ให้สีแดงถึงส้ม ส่วนเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) ให้สีแดงถึงน้ำตาล มัลยันโตและคณะ (Mulyanto, S. et al., 2016) รายงานการสังเคราะห์และหา ลักษณะเฉพาะของสีแดงธรรมชาติจากการสกัดแก่นฝาง 70, 80, 90 และ 100°C นาน 3 ชั่วโมง วัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสีแดงธรรมชาติโดย UV-Visible Spectroscopy และตรวจสอบกลุ่มฟังก์ชันโดย Fourier Transform Infrared Spectroscopy ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลุ่มฟังก์ชันในสีแดงสกัดบ่งชี้ถึงพันธะซัลฟอนของ brazilein ที่ดูดกลืนสูงสุดที่ความยาวคลื่น 538-540 นาโนเมตร อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนกลุ่มฟังก์ชันของ brazilein อุณหภูมิที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์สีแดงธรรมชาติจากแก่นฝาง คือ 80°C และมีความคงทนต่อการซัก 4-5 แสง 4 และการขัดถู 3-4 วงศ์แก้วและคณะ (Wongkaew, P. et al., 2013) เตรียมผงสีจากครั้ง แก่นไม้มะเกลือ แก่นฝางและขมิ้นชัน โดยการอบแห้ง, ดูดซับด้วยเกลือ และตกตะกอนด้วยเกลือ ได้ทำการศึกษาค่า K/S ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดในอุตสาหกรรมการย้อมสีและการพิมพ์ผ้าเพื่อประเมินการดูดซับสีของวัสดุ ค่านี้ได้จากสมการคูเบลกา-มุนค์ (Kubelka-Munk) ซึ่งเป็นสมการที่อธิบายการดูดซับและการกระเจิงของแสงในวัสดุทึบแสง โดยค่าที่สูงขึ้นแสดงถึงการดูดซับสีที่มากขึ้นจากรายงานพบว่าผงสีจากการอบแห้งและการตกตะกอนด้วยเกลือมีค่า K/S สูงกว่าการดูดซับด้วยเกลือ ผงสีจากขมิ้นชันอบแห้งมีค่า K/S สูงสุด ผงสีจากครั้ง, แก่นไม้มะเกลือ, แก่นฝางที่ตกตะกอนด้วยเกลือมีค่า K/S สูงที่สุด ความคงทนต่อการซักไม่แตกต่างกัน ผงสีจากครั้ง, แก่นไม้มะเกลือ, แก่นฝางมีความคงทนต่อแสงดีกว่าผงสีจากขมิ้นชัน พรพิมล (2561) เตรียมผงสีจากพืชโดยใช้ใบสด โขลก ปั่นผสมน้ำ 10-20 เท่าโดยน้ำหนัก คั้นแล้วกรองเอาเฉพาะน้ำสี ส่วนเปลือกไม้ แก่นหรือเนื้อไม้ควรสกัดด้วยการต้ม โดยใช้ น้ำ 10-20 เท่าโดยน้ำหนัก นาน 1 ชั่วโมง กรองเอาส่วนน้ำสี การเตรียมผงสีมีหลายวิธี โดยบางงานใช้ดินสอพอง ซิลิกาและดินเบนโทไนต์เป็นส่วนผสม เพื่อช่วยเพิ่มเนื้อสีและช่วยเพิ่มการดูดซับโมเลกุลสีไว้ในตัวดูดซับมากขึ้น แต่มีผลทำให้เฉดสีเปลี่ยนไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

1. แก่นฝางที่ใช้ในงานวิจัยเป็นแก่นฝางที่ได้จากป่าชุมชน อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่
2. ชุดเทคโนโลยีสนามไฟฟ้าพัลส์ จากงานวิจัยชินานาฏและคณะ (2562)

3.2 ตัวแปร

ตัวแปรควบคุม

1. ตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ
2. สัดส่วนแก่นฝาง:น้ำที่ใช้สกัด ได้แก่ 1:5 โดยมวลต่อปริมาตร
3. แช่แก่นฝางในน้ำ นาน 1 ชั่วโมงก่อนสกัด

ตัวแปรต้น

1. สภาวะการทดลองที่ 1 สกัดด้วยความร้อน ด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ดัดแปลงจากงานวิจัยชินานาฏ และคณะ (2563)
2. สภาวะการทดลองที่ 2 สกัดด้วยเทคโนโลยี PEF ความถี่ 1 Hz กระแสไฟฟ้า 5 kV/cm ปริมาณแรงดันไฟฟ้า 500 โวลต์ ปล่อยสนามไฟฟ้าเป็นเวลา 10 นาที ดัดแปลงจากงานวิจัยชินานาฏและคณะ (2562)

ตัวแปรตาม

1. ร้อยละผลผลิตของผงสี
2. เฉดสีของน้ำสี $L^* a^* b^*$

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1) การเตรียมวัตถุดิบ นำแก่นฝางมาทำให้ละเอียด อบไล่ความชื้น เพื่อหาความชื้นเริ่มต้นของแก่นฝาง โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน AOAC หลังจากอบแล้ว เก็บไว้ในถุงพอลอยด์แบบซิปล็อคเพื่อเตรียมสกัดในขั้นตอนต่อไป

2) การสกัดและเตรียมผงสี

1. ชั่งแก่นฝางปริมาณ 40 กรัม แช่น้ำ 200 มิลลิลิตรทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (อัตราส่วนแก่นฝาง:น้ำ 1:5 โดยมวลต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิห้อง
2. เปรียบเทียบการสกัดด้วย 2 เทคนิค
 - 2.1 สภาวะการทดลองที่ 1 สกัดด้วยความร้อน ด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
 - 2.2 สภาวะการทดลองที่ 2 สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ ความถี่ 1 Hz กระแสไฟฟ้า 5 KV/CM ปริมาณแรงดันไฟฟ้า 500 โวลต์ ปล่อยสนามไฟฟ้าเป็นเวลานาน 15 นาที
3. หลังจากสกัดเรียบร้อยแล้ว กรองเอาเศษแก่นฝางออกด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำสีจากแก่นฝาง
4. นำไปต้มระเหยน้ำออกด้วยไฟอ่อน จากนั้นเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 6-8 ชั่วโมง
5. ทิ้งไว้ให้เย็น บดเป็นผงละเอียด นำไปชั่งน้ำหนัก หาร้อยละผลผลิต

3) การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1. เตรียมน้ำย้อมจากผงสีแก่นฝางที่สกัดได้ทั้ง 2 สภาวะ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร
2. ทดสอบเฉดสีของน้ำย้อมจากแก่นฝางที่ได้จากทั้ง 2 สภาวะ ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ColorFlex วัดค่าความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*)

4) การทดสอบย้อมด้วยเส้นด้ายฝ้าย

นำเส้นด้ายฝ้ายทดสอบการย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมจากขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบเฉดสีของเส้นด้ายฝ้าย

4. ผลการวิจัย

1) ผลการสกัดและเตรียมผงสีจากแก่นฝาง

จากการเตรียมผงสีแก่นฝางที่สกัดด้วย 2 วิธี โดยใช้อัตราส่วนแก่นฝางต่อตัวทำละลาย (น้ำ) เริ่มต้นเท่ากัน คือ 1:5 แช่ 1 ชั่วโมงก่อนทำการสกัด พบว่าผงสีที่ได้จากการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ มีร้อยละผลผลิต 48.18 ± 1.10 มากกว่าผงสีที่เตรียมได้จากการสกัดด้วยความร้อน มีร้อยละผลผลิต 45.51 ± 1.08 เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ และผงสีที่เตรียมได้จากการสกัดด้วยความ

ร้อนจะมีสีเข้มกว่าผงสีที่เตรียมได้จากการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ อาจเนื่องจากความร้อนมีผลต่อความเข้มและเฉดสี ดังแสดงในตารางที่ 1

2) ผลการสกัดและเตรียมผงสีจากแก่นฝาง

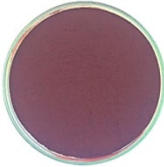

เมื่อนำผงสีที่ได้ทั้ง 2 สภาวะ มาละลายน้ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร จะได้น้ำย้อมที่มีสีออกน้ำตาลแดง พบว่าค่าความเป็นกรดต่าง pH ประมาณ 5 ทำการทดสอบเฉดสีของน้ำย้อมจากแก่นฝางที่ได้จากทั้ง 2 สภาวะ ด้วยเครื่องวัดสี (spectrophotometer) Hunter Lab ColorFlex วัดค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง-เขียว (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)

จากการทดสอบด้วยเครื่องวัดสี (spectrophotometer) Hunter Lab ColorFlex พบว่า น้ำย้อมที่เตรียมจากผงสีแก่นฝางที่สกัดด้วยความร้อนจากการต้ม 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง มีค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) เท่ากับ 6.67 ± 0.05 ส่วนน้ำย้อมที่เตรียมจากผงสีที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ใช้กระแสไฟฟ้า 5 kV/cm : 1Hz ที่ 500 มีค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) เท่ากับ 5.54 ± 0.14 ดังแสดงผลในตารางที่ 2

3) ผลการทดลองย้อมเส้นด้ายฝ้าย

โดยการนำผงสีแก่นฝางที่สกัดด้วยความร้อนและสนามไฟฟ้าพัลส์ ทั้ง 2 สภาวะ มาละลายในน้ำ 200 มิลลิลิตร โดยใช้สัดส่วนของน้ำย้อมที่เตรียมจากผงแก่นฝางร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร เพื่อเตรียมน้ำย้อม นำเส้นด้ายฝ้ายลงไปแช่และต้มให้ความร้อน 30 นาที เนื่องจากการย้อมด้วยแก่นฝางเป็นการย้อมร้อน จึงต้องต้มให้ความร้อนขณะย้อม เพื่อให้สีติดเส้นด้ายฝ้ายได้ดีขึ้น ผลการทดลองย้อมเส้นด้ายฝ้ายในน้ำย้อมที่เตรียมจากผงสีแก่นฝางที่สกัดด้วยความร้อนและผงสีแก่นฝางที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ แสดงในรูปที่ 3

ตารางที่ 1 แสดงผลเปรียบเทียบผงสีจากแก่นฝางที่สกัดได้จาก 2 สภาวะ ที่อัตราส่วนแก่นฝาง:น้ำ 1:5 โดยมวลต่อปริมาตร

การทดลอง	เทคนิคการสกัด	ร้อยละผลผลิต* (%)	สีของผงแก่นฝางที่เตรียมได้
1	ต้มให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง	45.51 ± 1.08	
2	สนามไฟฟ้าพัลส์ ที่ความถี่ 1 Hz กระแสไฟฟ้า 5 kV/cm ปริมาณแรงดันไฟฟ้า 500 โวลต์ เป็นเวลา 15 นาที	48.18 ± 1.10	

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 2 แสดงผลการเตรียมน้ำย้อมจากผงสีแก่นฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร

การทดลอง	เทคนิคการสกัด	สีของน้ำย้อมที่เตรียมได้จากผงสีที่ได้จากการสกัดความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร	เฉดสีของน้ำย้อมที่เตรียมจากผงสีความเข้มข้นร้อยละ 1		
			L*	a*	b*
1	ต้มให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง		23.59±0.11	6.67±0.05	9.54±0.07
2	สนามไฟฟ้าพัลส์ ที่ความถี่ 1 Hz กระแสไฟฟ้า 5 kV/cm ปริมาณแรงดันไฟฟ้า 500 โวลต์ เป็นเวลา 15 นาที		28.61±0.14	5.54±0.14	9.25±0.07

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 แสดงผลการย้อมเส้นด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมที่เตรียมจากผงสีแก่นฝางที่สกัดจาก 2 สภาวะ

(ก) เส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมจากผงสีแก่นฝางสกัดด้วยความร้อน

(ข) เส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมจากผงสีแก่นฝางที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการเตรียมผงสีแก่นฝางที่สกัดด้วย 2 วิธี โดยใช้อัตราส่วนแก่นฝางต่อตัวทำละลาย (น้ำ) เริ่มต้นเท่ากัน คือ 1:5 โดยมวลต่อปริมาตร แช่ 1 ชั่วโมงก่อนทำการสกัด พบว่าผงสีที่ได้จากการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ มีร้อยละผลผลิต มากกว่าผงสีที่เตรียมได้จากการสกัดด้วยความร้อนและผงสีที่เตรียมได้จากการสกัดด้วยความร้อนจะมีสีเข้มกว่าผงสีที่เตรียมได้จากการสกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์ อาจเนื่องจากความร้อนมีผลต่อความเข้มและเฉดสี จากนั้นนำผงสีแก่นฝางที่เตรียมได้จากทั้ง 2 วิธี มาละลายน้ำที่

ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตรจะได้น้ำย้อมที่มีค่าความเป็นกรดต่างในช่วง pH 4-5 เฉดสีเป็นน้ำตาลแดง (ค่า a^* และ b^* เป็นบวก) สอดคล้องกับงานวิจัยของกาญจนา นาคประสมและคณะ (2560) ที่รายงานการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มสกัดสารสีจากแก่นฝาง โดยการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ คือ ค่า pH เวลาในการสกัด และอัตราส่วนของฝางต่อตัวทำละลาย เมื่อนำสารสกัดที่ได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์ พบว่าที่สภาวะต่าง (ค่า pH สูง) ปริมาณสารสีแดงที่สกัดได้สูง แต่เมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือต่างแก่ ปริมาณสารสีแดงที่สกัดได้ลดลง และยังพบว่าอัตราส่วนของฝางและตัวทำละลายมีผลต่อการสกัดสารสีแดงจากฝางด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิแทน (2556) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาสมบัติความเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติของแก่นฝางสำหรับการไทเทรตกรด-ด่าง พบว่าความคงตัวของสารสกัดจากฝางในสภาวะความเป็นกรด-ด่างมีไม่เท่ากัน โดยในสภาวะกรดสารสกัดจากฝางมีสีเหลืองและในสภาวะด่างมีสีแดง และอัตราส่วนของฝางต่อตัวทำละลายก็มีผลต่อสารสกัดที่ได้ด้วย อย่างไรก็ตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อสารสกัดสารสีแดงที่ได้จากฝาง เนื่องจากเวลาในการสกัดที่นานขึ้นมีโอกาสจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสีแดง (Brazilin) ส่งผลให้คุณภาพและปริมาณสารลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับผลของรัตนา และคณะ (2557) หลังจากย้อมเส้นด้ายฝ้ายในน้ำย้อมทั้ง 2 แบบพบว่าเส้นด้ายฝ้ายให้เฉดสีที่ใกล้เคียงกัน โดยเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยผงสีที่สกัดด้วยสนามไฟฟ้าพัลส์จะมีสีเข้มกว่าเล็กน้อย จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การเตรียมผงสีจากแก่นฝางสามารถใช้วิธีการสกัดด้วยความร้อนและสนามไฟฟ้าพัลส์ได้ทั้ง 2 วิธี ซึ่งไม่ยุ่งยาก ถ้านำมาทำให้แห้ง บดเป็นผง จะได้ผงสีแก่นฝางที่สะดวกต่อการใช้งาน เก็บรักษาได้ง่าย หากต้องการเฉดสีที่แตกต่างออกไป สามารถเติมมอร์แดนท์ เช่น สารส้ม น้ำปูนใส หรือสีย้อมในขั้นตอนการเตรียมน้ำย้อมได้ จากผลการทำงานครั้งนี้สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ชุมชนเพื่อประยุกต์ใช้ในการเตรียมผงสีจากวัสดุหรือพืชธรรมชาติอื่นๆ ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์พื้นฐานในการทำวิจัย ขอขอบคุณหน่วยวิจัย Green and Smart Technology มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบคุณงบประมาณการทำวิจัยจากทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund: FF) ประจำปีงบประมาณ 2567 รหัสโครงการ 200912

7. เอกสารอ้างอิง

1. Oliveira, L. F. C. de, Edwards, H. G. M., Velozo, E. S., & Nesbitt, M. (2002). Vibrational spectroscopic study of brazilin and brazilein, the main constituents of brazilwood from Brazil. *Vibrational Spectroscopy*, 28(2), 243-249. [https://doi.org/10.1016/S0924-2031\(01\)00138-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2031(01)00138-2)
2. Rusdi, S., Yogaswara, H., Prabowo, W. T., & Chafidz, A. (2020). Extraction and application of natural dye from *Caesalpinia sappan* on cotton fabric. *Materials Science Forum*, 981, 179-184. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.981.179>
3. Mulyanto, S., Suyitno, Rachmanto, R. A., Hidayat, L. L. G., Wibowo, A. H., & Hadi, S. (2016). Synthesis and characterization of natural red dye from *Caesalpinia sappan* Linn. *AIP Conference Proceedings*, 1717(1), 040032. <https://doi.org/10.1063/1.4943475>
4. Wongkaew, P., Boonyahan, A., Wannachan, P., & Hirunpinyopard, A. (2013). Preparation of dye powder from natural dyes. Student Project, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.

5. พรพิมล ม่วงไทย. การเตรียมผงสีจากพืช (Preparation of Dye Powder from Plant). ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้นจาก http://www.ms2.swu.ac.th/Portals/155/ภาควิชาเคมี/เอกสารอ้างอิง/CHEM_55_สกอ.5.2_5_2.pdf วันที่ 1 พ.ย. 2561
6. กาญจนา นาคประสม และคณะ. (2560). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสีแดงจากฝางและความคงตัวของผงสีที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย. รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี 2560, 7-8 ธันวาคม 2560, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 322-331.
7. มาลี ตั้งสถิตกุลชัย. (2550). การสกัดและการเกิดสารเชิงซ้อนของสีย้อมจากแก่นฝาง. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยสุรนารี.
8. วิภาดา สอนงราษฎร์ และคณะ. (2552). การสกัดสารสีจากเปลือกผลแก้วมังกร. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., 2(1), มกราคม - มิถุนายน.
9. วิแทน ปวกพรพมา. (2556). การศึกษาสมบัติความเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติของแก่นฝางและดอกหามามูสำหรับการไทเทรตกรด-เบส. วิทยาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษา, มหาวิทยาลัยบูรพา.
10. รัตนา ม่วงรัตน์, กรวิกา สกุลไกรพิระ, ธัญญารัตน์ บุระคำ, & ลีลาวดี ชมนาน. (2557). ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารแอนโทไซยานินจากข้าวโพดสีม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(3), 367-380.
11. ลัดดาวัลย์ กงพลี. (2565). การประยุกต์ใช้สีย้อมธรรมชาติจากสารสกัดแก่นฝาง (*Biancaea sappan* L.) Tod.) สำหรับย้อมสีโครโมโซม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มจร., 7(3), 37-45.
12. ชินานาฏ วิทยาประภากร และคณะ. (2562). การยกระดับคุณภาพผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ต่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่า. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
13. ชินานาฏ วิทยาประภากร และคณะ. (2563). การพัฒนาสีย้อมจากวัสดุธรรมชาติเพื่อยกระดับการผลิตผ้าฝ้ายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

การเลี้ยงกึ่งก้ามกรามอินทรีในระบบไบโอฟลอคเพื่อพัฒนาเป็นพ่อแม่พันธุ์ ประชากรเริ่มต้น

นิสรา กิจเจริญ^{1*} และบุญชูศรี มีแก้ว

¹ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย
จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² บริษัทไนน์ไบโอ กรุป จำกัด 4 หมู่ 7 ตำบลริมใต้ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

*E-mail : nissara@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างประชากรพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกรามอินทรีภายใต้ระบบไบโอฟลอค โดยเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกึ่งก้ามกราม 3 แหล่งได้แก่ ลูกพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทรา (CH) และ จังหวัดนครปฐม (NK) และลูกพันธุ์มาโคร 1 ที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (MC-1) จากการนำลูกพันธุ์กึ่งก้ามกรามระยะคว่ำและอนุบาลในระบบไบโอฟลอค น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 5.41- 7.96 กรัม/ตัว ทำการฉีดสีเพื่อแยกแหล่งที่มาต่าง ๆ และนำมาเลี้ยงรวมในบ่อดินที่ปู PE ภายใต้ระบบไบโอฟลอคเป็นระยะเวลา 6 เดือน ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 38 % วันละ 2 ครั้ง พบว่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวตัวเฉลี่ยของกึ่งก้ามกรามจากแหล่งต่าง ๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยจะเห็นได้ว่ากึ่งก้ามกรามสาย มาโคร-1 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 50.74 ± 2.00 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กึ่งก้ามกรามจากจังหวัดนครปฐมซึ่งมีค่าเท่ากับ 44.50 ± 2.01 กรัม/ตัว และ กึ่งก้ามกรามจากจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าเท่ากับ 42.78 ± 2.03 กรัม/ตัว เมื่อพิจารณาลักษณะความยาวลำตัวพบว่า กึ่งก้ามกราม มาโคร-1 มีค่าเฉลี่ยของความยาวลำตัวเท่ากับ 73.28 ± 0.91 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกึ่งก้ามกรามจากจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.85 ± 0.92 มิลลิเมตร/ตัว และ กึ่งก้ามกรามจากจังหวัดนครปฐมมีค่าต่ำสุดโดยมีค่าเท่ากับ 70.67 ± 0.91 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งให้เห็นว่า กึ่งก้ามกรามมาโคร 1 มีศักยภาพในการใช้เป็นประชากรเริ่มต้นผสมข้ามกับกึ่งก้ามกรามเพศเมียจากฉะเชิงเทรา และเพศผู้จากนครปฐมเพื่อป้องกันการผสมเลือดชิด

คำสำคัญ กึ่งก้ามกราม อินทรี ไบโอฟลอค ประชากรเริ่มต้น พ่อแม่พันธุ์

Organic giant freshwater prawn under biofloc system for broodstock populations

Nissara Kitcharoen^{1*} and Pucharat Meekaew²

¹ Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University 63 Moo 4 Nongharn Sansai
Chiangmai 50290

² NINEBIO GROUP, Ltd. 4 Moo7 Rintai Maerim Chiangmai 50180

*E-mail : nissara@mju.ac.th

Abstract

The study aimed to create an organic broodstock population of giant freshwater prawns from different sources were comprised by commercial farming from Chachoengsao Province (CH), Nakhon Pathom Province (NK) and the Macro-1 developed by the Fisheries Department (MC-1) which were comparative farming under the biofloc system for six months. The results showed a significant statistical difference in both body weight and body length among the different sources of giant freshwater prawns ($P < 0.01$). The Macro-1 had the highest mean body weight, followed by prawns from Nakhon Pathom and Chachoengsao. The Macro-1 strain had an average body weight of 50.74 ± 2.00 g, while prawns from Nakhon Pathom Province had an average body weight of 44.50 ± 2.01 g, and those from Chachoengsao Province had an average body weight of 42.78 ± 2.03 g. When considering body length, the Macro-1 had an average body length of 73.28 ± 0.91 mm, which was not statistically different from Chachoengsao Province, which had an average body length of 73.85 ± 0.92 mm. On the other hand, prawns from Nakhon Pathom Province had the lowest average body length of 70.67 ± 0.91 millimeters. This study indicates that the Macro-1 has the potential to be used as a base population while it is necessary to select female brooders from commercial culture from Chachoengsao Province and male brooders from commercial culture from Nakhon Pathom Province for cross-breeding to prevent inbreeding effect.

Key words: giant freshwater prawn, organic, biofloc, broodstock, base population

1. บทนำ

กุ้งก้ามกราม (giant freshwater prawn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Macrobrachium rosenbergii* เป็นกุ้งน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ รสดี ราคาแพงจัดเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน ได้มีการขยายพื้นที่การเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้นและรูปแบบการเพาะเลี้ยงได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนกลายเป็นระบบการเลี้ยงแบบพัฒนาซึ่งมีส่วนทำให้ผลผลิตรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 0.6 ตันในปี พ.ศ. 2518 มาเป็น 40.7 ตัน ในปี พ.ศ. 2563 และผลผลิตดังกล่าวจัดอยู่ในอันดับที่ 5 ของผลผลิตรวมที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าถึง 7,482.5 ล้านบาท (กรมประมง, 2565) ลักษณะการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีหลายรูปแบบ แต่พบว่านิยมเลี้ยงในบ่อดินมากกว่ารูปแบบอื่น (เวียง, 2543) และการเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงเพื่อบริโภคภายในประเทศประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ (ชโลและพรเลิศ, 2547)

ความต้องการกุ้งก้ามกรามเพื่อการบริโภคในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณมากกว่าผลผลิตที่ผลิตได้ในภาคเหนือ เนื่องจากภาคเหนือเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย พื้นที่เลี้ยงเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ 100 ไร่ จังหวัดเชียงราย เขตอำเภอเทิงประมาณ 2,000 ไร่ ราคาขายเฉลี่ย 350 บาทต่อกิโลกรัม และจังหวัดกำแพงเพชร อำเภอพรานกระต่ายมีพื้นที่ 200 ไร่ มีผลผลิตกุ้งก้ามกรามรวมวันละ 6,000 กิโลกรัม การผลิตกุ้งก้ามกรามในเขตภาคเหนือมีผลผลิตมากที่สุดที่อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตกุ้งก้ามกรามในจังหวัดเชียงรายยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในจังหวัดเชียงราย ส่วนจังหวัดเชียงใหม่ต้องสั่งซื้อมาจากภาคกลางเพื่อมาจำหน่ายให้กับผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งเป็นเมืองท่องเที่ยวในภาคเหนือที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2559 มีนักท่องเที่ยวมาเยือนเชียงใหม่ประมาณ 9.6 ล้านคน สร้างมูลค่าให้กับจังหวัดคิดเป็นเงินประมาณ 184,132 ล้านบาท ซึ่งส่งผลให้ความต้องการอาหารเพื่อรองรับการบริโภคก็มากขึ้นตามไปด้วย จากสถิติการบริโภคสัตว์น้ำในจังหวัดเชียงใหม่ 40 ตัน/วัน ศักยภาพการผลิตของจังหวัดเชียงใหม่ 18 ตัน/วัน ส่วนที่ยังขาดต้องนำมาจากจังหวัดใกล้เคียงและภาคกลาง

ขณะเดียวกันแนวโน้มในปัจจุบันพบกลุ่มผู้บริโภคที่มีความต้องการและให้ความสำคัญกับการบริโภคผลผลิตทางการเกษตรที่มีความปลอดภัยมีมากขึ้น ดังนั้นความต้องการสัตว์น้ำที่มีคุณภาพและปลอดภัยในการบริโภคก็มีสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอาหารสุขภาพมีความต้องการมากขึ้นตามลำดับ จึงมีแนวคิดที่จะนำระบบไบโอฟลอคมาประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงและพัฒนาสายพันธุ์กุ้งก้ามกรามอินทรีย์ในระบบไบโอฟลอค ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง ไม่จำเป็นต้องใช้ยาและสารเคมี อีกทั้งยังเป็นระบบการเลี้ยงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ทำให้ได้ผลผลิตกุ้งก้ามกรามที่ปลอดภัยได้

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามแหล่งพันธุ์ต่าง ๆ จากแหล่งที่มา 3 แหล่งได้แก่ จากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ และสายพันธุ์ที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร 1)

เพื่อสร้างประชากรพื้นฐานกึ่งก้ามกรามอินทรีย์ในระบบไบโอฟลอคเพื่อการผลิตลูกพันธุ์กึ่งก้ามกรามอินทรีย์ภายในระบบไบโอฟลอคได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบไบโอฟลอคมีแนวคิดที่จัดการให้ของเสียที่เกิดจากสัตว์น้ำ โดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์หรือฟลอคมาช่วยในการย่อยสลายซากของเสียที่เกิดจากสัตว์น้ำ สามารถกลับไปเป็นอาหารของสัตว์น้ำเหล่านั้นอีก ของเสียจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ รวมทั้งของเสียอื่น ๆ จะถูกเปลี่ยนไปเป็นฟลอค ซึ่งฟลอคเหล่านี้ก็คือสารประกอบโปรตีน เมื่อสัตว์น้ำกินฟลอคเข้าไปก็เท่ากับว่าสัตว์น้ำได้กินอาหารที่มีโปรตีนนั่นเอง และจุลินทรีย์ในไบโอฟลอคก็จะเป็นตัวที่คอยควบคุมคุณภาพน้ำภายในบ่อโดยอัตโนมัติ ซึ่งเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในสถานะที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อย ส่งผลให้สัตว์มีสุขภาพดีตามไปด้วย (Azim and Little, 2008 ; Avnimelech, 2015)

ตะกอนจุลินทรีย์ (Biofloc) คือ ตะกอนอินทรีย์แขวนลอยในมวลน้ำ ซึ่งเป็นกลุ่ม สิ่งมีชีวิตพวกสาหร่าย และแพลงก์ตอนพืช โปรโตซัว และแบคทีเรีย โดยกลุ่มแบคทีเรียจะเป็นพวก เฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (Heterotrophic Bacteria) ขนาดของกลุ่มฟลอคอยู่ที่ 0.2-2.0 มิลลิเมตร (Avnimelech, 2015) ถ้ามีการเติมสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตลงไปอีกมันจะไปกระตุ้นให้ไบโอฟลอคตั้งของเสียในรูปของไนโตรเจน (แอมโมเนีย) มาใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่มากขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มมากขึ้น ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก็จะลดลง เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษ ก็คือ สารพวกโปรตีน เมื่อสัตว์น้ำกินจุลินทรีย์ที่รวมตัวเป็นฟลอคเข้าไปก็เท่ากับว่าสัตว์น้ำได้กินอาหารที่มีโปรตีนนั่นเอง การใช้กลุ่มฟลอคในการกำจัดแอมโมเนียนี้ จะเร็วกว่าการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) เนื่องจาก heterotrophic bacteria จะเจริญเติบโตเร็วกว่า nitrifying bacteria ประมาณ 10 เท่า ทำให้น้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำมีคุณภาพดี และสัตว์น้ำจะสามารถกินตะกอนจุลินทรีย์ทำให้ประหยัดต้นทุนด้านอาหาร มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยลง (อนุสรฯ, 2556) เหมาะสมกับสถานการณ์การขาดแคลนน้ำหรือสถานะแห้งแล้งในปัจจุบัน และส่งผลให้สัตว์น้ำมีสุขภาพดี คุณภาพเนื้อดี ไม่มีกลิ่นโคลนตามไปด้วยซึ่งการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบตะกอนจุลินทรีย์ (biofloc) ถือเป็น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ เพราะหลักการใช้วัตถุดิบสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ คือ ต้องมีองค์ประกอบที่เป็นวัตถุดิบธรรมชาติหรือเกษตรอินทรีย์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 รวมทั้งต้องเป็นวัตถุดิบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์เป็นกระบวนการผลิตสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์ ตามหลักการ และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

ดังนั้นในระบบการเพาะเลี้ยงกึ่งก้ามกรามอินทรีย์นั้น มีความต้องการลูกพันธุ์ที่โตดีโดยไม่มีการตัดแปลงทางพันธุกรรม ไม่มีการใช้ฮอร์โมนแปลงเพศ ตลอดจนไม่ใช้ยาและสารเคมีในระบบการผลิตนั้น ต้องมีการสร้างประชากรเริ่มต้นภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เพื่อผลิตลูกพันธุ์อินทรีย์ ซึ่งกึ่งก้ามกรามที่จะใช้เป็นประชากรเริ่มต้นในการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอฟลอคอินทรีย์จำเป็นต้องมีการนำกึ่งจากแหล่งต่าง ๆ มาทดสอบเลี้ยง เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกึ่งก้ามกรามแหล่งพันธุ์ต่าง ๆ ก่อนจึงจะสามารถสร้างประชากรพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ามกรามอินทรีย์ภายใต้ระบบไบโอฟลอคได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. เตรียมระบบไบโอฟลอคสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยใช้ถังพลาสติกขนาด 3 ตัน จำนวน 6 บ่อ

2. นำลูกกุ้งก้ามกรามสายมาจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ลูกพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดนครปฐม และแหล่งพันธุ์ที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร 1) จำนวนกึ่งแหล่งพันธุ์ละ 10,000 ตัว/ประชากร เพื่อให้จำนวนประชากรเริ่มต้น (Ne, Effective population size) เหมาะสมกับการสร้างประชากรเริ่มต้นสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ โดยกึ่งเหล่านี้ผ่านการตรวจโรคแล้วไม่พบว่ามีไวรัส (Extra small virus และ Noda Virus) ปนเปื้อน

3. อนุบาลลูกกุ้งแต่ละแหล่งแยกกัน แหล่งละ 2 ถัง (2 ซ้ำต่อแหล่งพันธุ์) จนมีอายุ 2 เดือน จึงทำการฉีดสี elastomer tag เพื่อระบุแหล่งพันธุ์ ภายใต้ระบบไบโอฟลอคอินทรีย์ จากนั้นนำเลี้ยงแยกในถังเดิม (ขนาด 3 ตัน) อีก 1 เดือน จากนั้นตรวจเช็คสีที่ฉีดเพื่อแยก/ระบุแหล่งที่มาของลูกพันธุ์กุ้ง

4. นำกุ้งก้ามกรามที่ฉีดสีและตรวจสอบแล้วมาเลี้ยงรวมในบ่อดินที่ปู PE โดยเลี้ยงกุ้งแต่ละแหล่งพันธุ์ ๆ ละ 500 ตัว ในบ่อเดียวกัน รวม 1,500 ตัว/บ่อ จำนวน 3 บ่อ (ซ้ำ) ต่ออีก 4-6 เดือน อัตราการให้อาหาร 3-5 % ของน้ำหนักตัว จำนวน 2 มื้อ/วัน โดยจะมีการตรวจสอบอาหารเหลือจากอาหารที่สุมใส่ในยอของแต่ละบ่อเพื่อปรับอาหารให้เหมาะสม โดยจะมีการสุมกุ้งมาชั่งน้ำหนักเพื่อประเมินอัตราการให้อาหารทุก ๆ 1-2 เดือน ตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงจะมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) แอมโมเนีย ไนไตรท์ และ อัลคาไลน์ ทุก ๆ 7 วัน โดยจะมีการควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสม และ เติมกากน้ำตาลเพื่อจัดการสัดส่วน C:N ให้เหมาะสมกับระบบไบโอฟลอค และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตเมื่อกุ้งมีอายุ 6-7 เดือน โดยเก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain)
2. น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth)
3. อัตรารอด (Survival rate)
4. อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของกุ้งแต่ละแหล่งมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแหล่ง จากนั้นจึงเลี้ยงกุ้งก้ามกรามดังกล่าวไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ (PO) เพื่อทำการจับคู่ผสมพันธุ์ในรุ่นถัดไป โดยจะทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS statistical computer package) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งมีโมเดล ในแต่ละช่วงการเลี้ยงดังนี้

$$\text{ณ ช่วงการเลี้ยง 2 เดือนในแต่ละถัง} : Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

โดย Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนัก / ความยาวหัว ของลูกกุ้งก้ามกรามตัวที่ k ที่เกิดจากกึ่งแหล่งพันธุ์ที่ i ที่เลี้ยงในบ่อที่ j ที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 2 เดือน

$$\mu = \text{น้ำหนักเฉลี่ยทั้งหมด}$$

$$\alpha_i = \text{อิทธิพลของแหล่งพันธุ์ที่ i}$$

$$\beta_{ij} = \text{อิทธิพลของบ่อ/ถังที่ } j$$

$$\epsilon_{ijk} = \text{ค่าความคลาดเคลื่อน (error term)}$$

$$\text{ณ ช่วงการเลี้ยง 6 เดือน ในบ่อปู PE: } Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

โดย Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนัก / ความยาวหัว และ ความยาวลำตัวของกุ้งก้ามกรามตัวที่ k ที่เกิดจากกุ้งแหล่งพันธุ์ที่ i เพศที่ j ที่เลี้ยงในบ่อปู PE ภายใต้ระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 6 เดือน

$$\mu = \text{น้ำหนักเฉลี่ยทั้งหมด}$$

$$\alpha_i = \text{อิทธิพลของแหล่งพันธุ์ที่ } i$$

$$\beta_{ij} = \text{อิทธิพลของเพศที่ } j$$

$$\epsilon_{ijk} = \text{ค่าความคลาดเคลื่อน (error term)}$$

ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain) น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth) อัตรารอด (Survival rate) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) จะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละแหล่งพันธุ์ที่เลี้ยงในแต่ละบ่อปู PE ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS statistical computer package) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งมีโมเดลดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_k + \beta_i + \epsilon_{jk}$$

โดย Y_{ijk} = ค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain) น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth) อัตรารอด (Survival rate) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของกุ้งก้ามกรามแหล่งพันธุ์ที่ k ที่เลี้ยงในบ่อปู PE ที่ i ภายใต้ระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 6 เดือน

$$\mu = \text{น้ำหนักเฉลี่ยทั้งหมด}$$

$$\alpha_k = \text{อิทธิพลของแหล่งพันธุ์ที่ } k$$

$$\epsilon_{jk} = \text{ค่าความคลาดเคลื่อน (error term)}$$

4. ผลการวิจัย

กุ้งก้ามกรามแต่ละแหล่งพันธุ์ที่นำมาอนุบาลในระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 3 เดือนมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวหัวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 1) โดยจะเห็นได้ว่ากุ้งก้ามกรามที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร 1) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.96 ± 4.64 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กุ้งก้ามกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐมซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.86 ± 3.98 กรัม/ตัว และ กุ้งก้ามกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.41 ± 1.51 กรัม/ตัว ในขณะที่ลักษณะความยาวหัวพบว่ากุ้งก้ามกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐมมีค่าเฉลี่ยของความยาวหัวสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.40 ± 4.80 มิลลิเมตร/ตัว รองลงมาคือกุ้งก้ามกรามที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร 1) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.73 ± 5.87 มิลลิเมตร/ตัว และ กุ้งก้ามกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.05 ± 2.11 มิลลิเมตร/ตัว

ตารางที่ 1 ตารางแสดงน้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวหัวเฉลี่ยของกึ่งกำมกรามแต่ละแหล่งพันธุ์ ๆ นำมาอนุบาลในระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ลักษณะ	นครปฐม	มาโคร 1	ฉะเชิงเทรา
น้ำหนักตัว (กรัม/ตัว)	6.86±3.98 ^b	7.96±4.64 ^a	5.41±1.51 ^c
ความยาวหัว (มม./ตัว)	21.40±4.80 ^a	20.73±5.87 ^b	20.05±2.11 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

หลังจากนำกึ่งกำมกรามที่คัดเลือกเพื่อแยกแหล่งที่มา มาเลี้ยงรวมในบ่อดินที่ปู PE ภายใต้ระบบไบโอฟลอคอินทรีย์เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวหัวเฉลี่ยของกึ่งกำมกรามจากแหล่งต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยยิ่ง (P<0.01) (ตารางที่ 2) โดยจะเห็นได้ว่ากึ่งกำมกรามที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร-1) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 50.74±2.00 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กึ่งกำมกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐมซึ่งมีค่าเท่ากับ 44.50±2.01 กรัม/ตัว และ กึ่งกำมกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าเท่ากับ 42.78±2.03 กรัม/ตัว เมื่อพิจารณาลักษณะความยาวลำตัวพบว่า กึ่งกำมกรามที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร-1) มีค่าเฉลี่ยของความยาวลำตัวเท่ากับ 73.28±0.91 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ กึ่งกำมกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.85±0.92 มิลลิเมตร/ตัว และ กึ่งกำมกรามจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐมมีค่าต่ำสุดโดยมีค่าเท่ากับ 70.67±0.91 มิลลิเมตร/ตัว ในขณะที่ความยาวหัวเฉลี่ยของกึ่งกำมกรามจากแหล่งต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาปัจจัยของเพศของกึ่งกำมกรามจากแหล่งต่าง ๆ 3 แหล่ง พบว่า กึ่งกำมกรามเพศผู้มี น้ำหนักตัว ความยาวตัวและความยาวหัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยพบว่า กึ่งกำมกรามเพศผู้มี น้ำหนักตัว ความยาวตัวและความยาวหัว สูงกว่าเพศเมียจากทุก ๆ แหล่ง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ตารางแสดงน้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม± S.D) ความยาวลำตัวเฉลี่ย (มิลลิเมตร±S.D) และความยาวหัวเฉลี่ย (มิลลิเมตร±S.D) ของกึ่งกำมกรามแต่ละแหล่ง ที่นำมาเลี้ยงในระบบไบโอฟลอคนาน 6 เดือน

ลักษณะ	นครปฐม		มาโคร 1		ฉะเชิงเทรา	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
น้ำหนักตัว (กรัม/ตัว)	44.50±2.01 ^b		50.74±2.00 ^a		42.78±2.03 ^b	
	57.40±3.06 ^b	31.35±2.50 ^c	66.41±2.48 ^a	35.07±2.48 ^c	54.88±3.39 ^b	30.59±3.50 ^c
ความยาวลำตัว (มม./ตัว)	70.67±0.91 ^b		73.28±0.91 ^a		73.85±0.92 ^a	
	72.54±1.04 ^a	68.91±0.85 ^b	75.23±1.67 ^a	71.34±1.67 ^b	74.82±1.16 ^a	72.98±1.19 ^b
ความยาวหัว (มม./ตัว)	40.71±0.72 ^a		41.68±0.71 ^a		40.95±0.71 ^a	
	43.96±1.13 ^{ab}	37.77±0.92 ^b	45.41±1.28 ^a	37.95±1.28 ^{ab}	44.47±0.68 ^a	36.98±0.70 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างเพศและแหล่งพันธุ์ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กรัม) ความยาวหัว (มิลลิเมตร/ตัว) และ ความยาวตัวเฉลี่ย (มิลลิเมตร/ตัว) ของกึ่งก้ามกรามแยกอิทธิพลร่วมระหว่างเพศและแหล่งพันธุ์ ต่างๆ ที่นำมาเลี้ยงในระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 6 เดือน (ตารางที่ 3) พบว่า น้ำหนักตัว ความยาวหัว และ ความยาวตัวของกึ่งก้ามกรามในแต่ละเพศและแต่ละ แหล่งพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.001$) โดย กึ่งเพศผู้มาโคร 1 มีน้ำหนักตัวสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 66.41 ± 2.87 กรัม/ตัว รองลงมาคือ กึ่งเพศผู้จากนครปฐม และ กึ่งเพศผู้จากฉะเชิงเทรา โดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 57.40 ± 3.21 และ 55.97 ± 2.79 กรัม/ตัว ตามลำดับ รองลงมาเป็น กึ่งเพศเมียมาโคร 1 กึ่งเพศเมียจากนครปฐม และ กึ่งเพศเมียจากฉะเชิงเทรา โดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 35.07 ± 2.87 , 31.35 ± 2.62 และ 30.58 ± 2.97 กรัม/ตัว ตามลำดับ กึ่งเพศผู้มาโคร 1 มีความยาวหัวสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 45.41 ± 1.01 มิลลิเมตร รองลงมาคือ กึ่งเพศผู้จากฉะเชิงเทรา และ กึ่งเพศผู้จากนครปฐมโดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 44.48 ± 0.98 และ 43.96 ± 1.13 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ รองลงมาเป็นกึ่งเพศเมียมาโคร 1 กึ่งเพศเมียจากนครปฐม และ กึ่งเพศเมียจากฉะเชิงเทรา โดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 37.95 ± 1.01 , 37.77 ± 0.92 และ 37.01 ± 1.05 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ ในขณะที่กึ่งก้ามกรามมาโคร 1 เพศผู้มีความยาวตัวสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 75.23 ± 1.30 มิลลิเมตร/ตัว รองลงมาคือ กึ่งเพศผู้จากฉะเชิงเทรา และ กึ่งเพศเมียจากฉะเชิงเทรา โดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 74.89 ± 1.26 และ 73.09 ± 1.34 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ รองลงมาเป็นกึ่งเพศผู้จากนครปฐม กึ่งเพศเมียมาโคร 1 และกึ่งเพศเมียจากนครปฐม โดยมีค่าเฉลี่ย Least square mean เท่ากับ 72.54 ± 1.45 , 71.34 ± 1.30 และ 68.91 ± 1.18 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักตัว (กรัม) ความยาวหัว (มิลลิเมตร) และ ความยาวตัวเฉลี่ย (มิลลิเมตร) ของกึ่งก้ามกราม แยกอิทธิพลร่วมระหว่างเพศและแหล่งพันธุ์ ต่างๆ ที่นำมาเลี้ยงในระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 6 เดือน

อิทธิพลร่วมระหว่างเพศและแหล่งพันธุ์	Female CH	Female MC1	Female NP	Male CH	Male MC1	Male NP
น้ำหนักตัว (กรัม/ตัว)	30.58 ± 2.97^f	35.07 ± 2.87^d	31.35 ± 2.62^e	55.97 ± 2.79^c	66.41 ± 2.87^a	57.40 ± 3.21^b
ความยาวหัวเฉลี่ย (มม./ตัว)	37.01 ± 1.05^f	37.95 ± 1.01^d	37.77 ± 0.92^e	44.48 ± 0.98^b	45.41 ± 1.01^a	43.96 ± 1.13^c
ความยาวตัวเฉลี่ย (มม./ตัว)	73.09 ± 1.34^c	71.34 ± 1.30^e	68.91 ± 1.18^f	74.89 ± 1.26^b	75.23 ± 1.30^a	72.54 ± 1.45^d

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย Least square mean \pm SE ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของของกึ่งก้ามกรามแต่ละแหล่งพันธุ์ ที่เลี้ยงรวมกันในระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain) น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน

(Average diary growth) และ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ของกึ่งในแต่ละแหล่งพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ในขณะที่อัตราการรอด (Survival rate) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยกึ่งก้ามกรามาโคร 1 มี น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน สูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 13.57 ± 0.90 และ 0.08 ± 0.0050 กิโลกรัมตามลำดับ รองลงมาคือ กึ่งก้ามกรามาโครจากจังหวัดฉะเชิงเทราโดยมีค่าเท่ากับ 11.71 ± 0.41 และ 0.07 ± 0.0145 กิโลกรัมตามลำดับ ในขณะที่ กึ่งก้ามกรามาโครจากจังหวัดนครปฐมมีค่าต่ำสุดโดยมีค่าเท่ากับ 8.54 ± 1.06 และ 0.05 ± 0.0048 กิโลกรัมตามลำดับ อัตราการรอด เฉลี่ยของแต่ละแหล่งพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดย กึ่งก้ามกรามาโคร 1 มีค่าเท่ากับ 73.20 ± 3.56 % กึ่งก้ามกรามาโครจากฉะเชิงเทรา มีค่าเท่ากับ 78.13 ± 1.93 % และ กึ่งก้ามกรามาโครจากนครปฐมมีค่าเท่ากับ 60.87 ± 3.90 % ค่าอัตราแลกเนื้อของกึ่งแต่ละแหล่งพันธุ์ในแต่ละบ่อ พบว่ากึ่งก้ามกรามาโคร 1 มีค่าอัตราแลกเนื้อต่ำสุดโดยมีค่าเท่ากับ 1.35 ± 0.04 รองลงมาคือ กึ่งก้ามกรามาโครจากจังหวัดฉะเชิงเทรา 1.56 ± 0.07 และ กึ่งก้ามกรามาโครจากนครปฐมมีค่าอัตราแลกเนื้อสูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 2.15 ± 0.07 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของกึ่งก้ามกรามาโครแต่ละแหล่งพันธุ์ ที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ค่าพารามิเตอร์ในแต่ละแหล่งพันธุ์	NP	MC1	CH
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	8.54 ± 1.06^c	13.57 ± 0.90^a	11.71 ± 0.41^b
น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	0.05 ± 0.0048^c	0.08 ± 0.0050^a	0.07 ± 0.0145^b
อัตราการรอด (%)	60.87 ± 3.90^a	73.20 ± 3.56^a	78.13 ± 1.93^a
อัตราการแลกเนื้อ	2.15 ± 0.07^a	1.35 ± 0.04^b	1.56 ± 0.07^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่ากึ่งก้ามกรามาโครจากแหล่งพันธุ์ต่างๆ ที่นำมาทดสอบเลี้ยงในระบบไบโอฟลอคอินทรีย์ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยกึ่งก้ามกรามาโครที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร 1) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.96 ± 4.64 กรัม รองลงมาคือ กึ่งก้ามกรามาโครการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐมซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.86 ± 3.98 กรัม และ กึ่งก้ามกรามาโครการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.41 ± 1.51 กรัม ในขณะที่ลักษณะความยาวหัวพบว่ากึ่งก้ามกรามาโครการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐมมีค่าเฉลี่ยของความยาวหัวสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.40 ± 4.80 มิลลิเมตร รองลงมาคือกึ่งก้ามกรามาโครที่กรมประมงพัฒนาขึ้น (มาโคร 1) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.73 ± 5.87 มิลลิเมตร และ กึ่งก้ามกรามาโครการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.05 ± 2.11 มิลลิเมตร

จากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวของกึ่งกำมกรามที่อนุบาลในระบบไบโอฟลอค เป็นระยะเวลา 3 เดือน จะเห็นได้ว่า กึ่งกำมกรามมาโคร 1 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวสูงที่สุด ในขณะที่ความยาวหัวไม่สูงมาก เนื่องจาก ได้มีการปรับปรุงพันธุ์โดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กองวิจัยและพัฒนา พันธุกรรมสัตว์น้ำได้ดำเนินการผลิตกึ่งกำมกราม “มาโคร 1” โดยวิธีการคัดเลือกแบบภายในครอบครัว (within family selection) จากการสร้างประชากรกึ่งกำมกราม จำนวน 14 ครอบครัว (สุภัทรา และ คณะ, 2546) อย่างไรก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่านอกจากอิทธิพลของแหล่งพันธุ์ที่แตกต่างกันแล้วจะเห็นได้ว่า จากการอนุบาลลูกกึ่งแต่ละแหล่งแยกกันแหล่งพันธุ์ละ 2 บ่อ ภายใต้ระบบไบโอฟลอคจนมีอายุ 3 เดือน ยังพบความแตกต่างอันเนื่องมาจากอิทธิพลของบ่อที่ใช้ในการอนุบาลอีกด้วย ($P < 0.001$) ดังนั้นจึงได้ทำการติดเครื่องหมายชนิดสี elastomer tag เพื่อระบุแหล่งพันธุ์จากนั้นนำเลี้ยงรวมในบ่อดินที่ปู PE โดยทำการปล่อยกึ่งกำมกรามจากแต่ละแหล่งพันธุ์ที่ทำการติดสี elastomer tag แล้ว แหล่งพันธุ์ละ 500 ตัว ลงเลี้ยงรวมในบ่อเดียวกัน จำนวน 3 บ่อ (3 ซ้ำ) จำนวนรวม 1,500 ตัว/บ่อ เพื่อให้กึ่งแต่ละแหล่งพันธุ์ได้รับอิทธิพลจากบ่อเช่นเดียวกัน

หลังจากเลี้ยงกึ่งแต่ละแหล่งพันธุ์ในบ่อเดียวกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน เพื่อพิจารณาอิทธิพลของ แหล่งพันธุ์ต่าง ๆ ในระบบไบโอฟลอคอินทรีย์ พบว่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยและความยาวตัวเฉลี่ยของกึ่งกำมกรามจากแหล่งต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยยิ่ง ($P < 0.01$) โดยจะเห็นได้ว่ากึ่งกำมกราม มาโคร-1 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวสูงที่สุด รองลงมาคือ กึ่งกำมกรามจากจากจังหวัดนครปฐม และ กึ่งกำมกรามจากจังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อพิจารณาลักษณะความยาวลำตัวพบว่า กึ่งกำมกรามมาโคร-1 มีค่าเฉลี่ยของความยาวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกึ่งกำมกรามจากจังหวัดฉะเชิงเทรา และกึ่งกำมกราม จากจังหวัดนครปฐมมีค่าต่ำสุด ในขณะที่ความยาวหัวเฉลี่ยของกึ่งกำมกรามจากแหล่งต่างๆ ไม่มีความ แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งเมื่อพิจารณาปัจจัยของเพศของกึ่งกำมกรามจากแหล่งต่างๆ 3 แหล่ง พบว่า กึ่งกำมกรามเพศผู้มี น้ำหนักตัว ความยาวตัวและความยาวหัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง สถิติ โดยพบว่า กึ่งกำมกรามเพศผู้มี น้ำหนักตัว ความยาวตัวและความยาวหัว สูงกว่าเพศเมียในทุกๆ แหล่ง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างเพศและแหล่งพันธุ์ในกึ่งกำมกราม พบว่า กึ่งกำมกรามเพศผู้ มาโคร 1 มีน้ำหนักตัว และความยาวตัวสูงสุด จึงเหมาะกับการนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ แต่เมื่อพิจารณา ลักษณะความยาวตัว กึ่งกำมกรามมาโคร 1 เพศผู้มีความยาวตัวสูงสุด รองลงมาคือ กึ่งเพศผู้จาก ฉะเชิงเทรา และ กึ่งเพศเมียฉะเชิงเทรา ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า หากต้องการคัดเลือกพ่อพันธุ์กึ่งควรคัดเลือก กึ่งเพศผู้ มาโคร 1 เนื่องจาก มีน้ำหนักตัวและความยาวตัวสูงสุด ในขณะที่ กึ่งเพศเมีย ควรคัดเลือก กึ่งเพศ เมีย มาโคร 1 และกึ่งจากฉะเชิงเทรา เนื่องจากมี น้ำหนักตัว และ ความยาวตัวสูงสุด โดย สามารถใช้ พ่อ พันธุ์กึ่ง มาโคร 1 ผสมข้ามกับแม่พันธุ์กึ่งจากฉะเชิงเทรา ในขณะที่ผสมกึ่งเพศผู้จากนครปฐม กับ กึ่งเพศ เมียมมาโคร 1 เพื่อป้องกันการผสมเลือดชิดได้เช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของของกึ่งกำมกรามแต่ละแหล่งพันธุ์ ที่เลี้ยงในระบบไบโอ ฟลอค เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain) น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth) อัตรารอด (Survival rate) และ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) น้ำหนักเฉลี่ยที่

เพิ่มขึ้น และ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ของกึ่งกำกรมมาโคร 1 มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ กึ่งจากจังหวัดฉะเชิงเทรา ในขณะที่ กึ่งจากจังหวัดนครปฐมมีค่าต่ำสุด ในขณะที่อัตรารอด เฉลี่ยของแต่ละ แหล่งพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าอัตราแลกเปลี่ยนของกึ่งแต่ละแหล่งพันธุ์ในแต่ละบ่อ พบว่ากึ่งกำกรมมาโคร 1 มีค่าอัตราแลกเปลี่ยนต่ำสุด รองลงมาคือกึ่งจากจังหวัดฉะเชิงเทรา และ กึ่งจากนครปฐมมีค่าอัตราแลกเปลี่ยนสูงสุด

ในการคัดพันธุ์ในเพศเมียควรคัดเลือกโดยพิจารณาจาก ลักษณะ น้ำหนักและความยาวลำตัว และ คัดเลือกแม่พันธุ์ที่เจริญพันธุ์ชุดแรกที่มีการเจริญเติบโตเร็วที่สุด เนื่องจากมีงานวิจัยพบว่า วิธีวิธีการคัดเลือก แบบภายในครอบครัวในเพศเมียที่เจริญพันธุ์ชุดแรกจากการการคัดพันธุ์กึ่งกำกรมเพศเมียโดยที่อายุ 7 เดือน (ช่วงที่แม่พันธุ์เจริญพันธุ์ชุดแรก) มีค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ (Mean breeding value) ของ ความยาวลำตัวเพิ่มขึ้น 0.37 มิลลิเมตรต่อรุ่นในกึ่งกำกรมเพศเมีย ในขณะที่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในกึ่ง กำกรมเพศผู้ (Kitcharoen, 2010; Kitcharoen et al., 2011) ดังนั้น หากต้องการคัดเลือกแม่พันธุ์ ควรคัดเลือก แม่พันธุ์จากกึ่งมาโคร 1 และ แม่พันธุ์กึ่งกำกรมจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัด ฉะเชิงเทรา เนื่องจากกึ่งกำกรมมาโคร 1 เพศผู้มีน้ำหนักตัว และความยาวตัว ในขณะที่กำกรมเพศ เมียมาโคร 1 มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาเป็นกึ่งเพศเมียจากนครปฐม และ กึ่งเพศเมียจาก ฉะเชิงเทรา แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะความยาวหัวและความยาวลำตัว พบว่า ความยาวหัวของกึ่ง มาโคร 1 และ กึ่งจากจังหวัดนครปฐม มีค่าสูงสุด แสดงให้เห็นว่า กึ่งกำกรมเพศผู้ มาโคร 1 มีน้ำหนักตัว และ ความยาวหัวสูงสุด นั่นคือมีหัวขนาดใหญ่จึงทำให้ น้ำหนักตัวสูงสุดด้วย เมื่อพิจารณาลักษณะความยาว ตัว กึ่งกำกรมสายมาโคร 1 เพศผู้มีความยาวลำตัวสูงสุด รองลงมาคือ กึ่งเพศผู้จากฉะเชิงเทรา และ กึ่ง เพศเมียจากนครปฐม รองลงมาเป็น กึ่งเพศผู้จากนครปฐม กึ่งเพศเมียมาโคร 1 และกึ่งเพศเมียจาก นครปฐม

ส่วนการคัดเลือกกึ่งกำกรมเพศผู้ สามารถใช้พ่อพันธุ์กึ่ง มาโคร 1 และ กึ่งพ่อพันธุ์จากการ เพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐมได้ โดยในรุ่นต่อไป ควรใช้พ่อพันธุ์มาโคร 1 ผสมข้ามกับแม่พันธุ์ กึ่งกำกรมจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดฉะเชิงเทรา หรือ ใช้ พ่อพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเชิง พณิชย์จากจังหวัดนครปฐม ผสมข้ามแม่พันธุ์มาโคร 1 จะทำให้ป้องกันการผสมเลือดชิดได้ อีกทั้งยังเป็นการ เพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างแหล่งพันธุ์อีกด้วย

จากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า กึ่งกำกรมมาโคร 1 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย มีศักยภาพในการใช้ เป็นประชากรเริ่มต้นในขณะที่จำเป็นต้องคัดเลือกแม่พันธุ์กึ่งกำกรมจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จาก จังหวัดฉะเชิงเทราและพ่อพันธุ์กึ่งกำกรมจากการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์จากจังหวัดนครปฐม ไว้ผสมข้าม เพื่อป้องกันการผสมเลือดชิด ซึ่งจะสามารถใช้ผลิตลูกพันธุ์กึ่งกำกรมอินทรีย์เพื่อทำให้ได้ผลผลิตกึ่ง กำกรมที่ปลอดภัยได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ช่วยในงานวิจัย และเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานโครงการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. (2565). **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย**. เอกสารฉบับที่ 4/2565 ศูนย์สารสนเทศกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ ฯ.
- ชลอ ลีมสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชกุล. (2547). **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. สนับสนุนการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 197 หน้า
- สุภัทรา อุไรวรรณ สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์ คงภพ อำพลศักดิ์ และ ศิริพร จินหมัก. (2546). การตอบสนองในด้านการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามจากการคัดเลือกแบบภายในครอบครัว 1 รุ่น. **เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 3/2546 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ**, กรมประมง. 22 หน้า.
- สุภัทรา อุไรวรรณ. (2548). การทดสอบลักษณะทางเศรษฐกิจของกุ้งก้ามกรามที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ในฟาร์มเกษตรกรและศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำ. **รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 19 หน้า.
- อนุสรณ์ แก่นทอง. (2556). **ไบโอฟลอคกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. ตอนกระบวนการบำบัดไนโตรเจน. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง.
- Avnimelech, Y. (2015). **Biofloc technology - a practical guidebook, 3rd edition**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- Azim M.E. and Little, D.C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**. 283: 29–35.
- Kitcharoen, N., Koonawootrittriron, S., Basstiaansen, J. and Na-Nakorn, U. 2010. Selection of Brooders from Early Maturing Freshwater Prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) Results in Faster Growth Rates of offspring than in Those Selected from Late Maturing Freshwater Prawns. **Aquaculture**. 306: 362-364.
- Kitcharoen, N., Koonawootrittriron, S, Rungsin, W. and Na-Nakorn, U. (2011). Heritability for Growth Traits in Giant Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Mann 1879) base on BLUP methodology. **Aquaculture Research**. 4: 19-25.

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย ด้วยเทคนิคดิสก์ดิฟฟิวชัน

สาวตรี กาทองทุ่ง^{1*}, สมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ¹, วัชรีย์ ฝันเพื่อนหา¹

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

untra.sk@gmail.com, 0964979745

บทคัดย่อ

น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยได้แก่ ตะไคร้ ใบมะกรูด กะเพรา โหระพา และขมิ้นจากการสกัดด้วยน้ำและศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยเทคนิคดิสก์ดิฟฟิวชัน (disc diffusion technique) โดยทดสอบกับเชื้อ *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus* และ *B. subtilis* พบว่าน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้และโหระพาสามารถยับยั้งเชื้อ *B. subtilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ได้ดี และน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ได้ดีเมื่อเทียบกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น การทดสอบการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรแต่ละชนิดเจือจาง 32 เท่าสามารถยับยั้งเชื้อในระยะเวลาบ่ม 12 ชั่วโมง แต่พบว่าในระยะเวลาบ่ม 24 ชั่วโมงน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรสามารถยับยั้งเชื้อได้ลดลง การศึกษาครั้งนี้ทำให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย โดยเฉพาะตะไคร้ ใบโหระพา และขมิ้น ซึ่งเป็นสารต้านจุลชีพที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านแบคทีเรียที่สำคัญทางการแพทย์แต่น้ำมันเหล่านี้ยังคงมีประสิทธิภาพจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย, สมุนไพรไทย, ฤทธิ์ทางชีวภาพ, เทคนิคดิสก์ดิฟฟิวชัน, อีโคไล

Biological Activity Study of Essential oil from Thai Medicinal Herbs Using Disc Diffusion Technique

Sawitree Kathongthung^{1*}, Samuch Taweekasemsobut¹, Watcharee Funfuenha¹

¹Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

untra.sk@gmail.com, 0964979745

Abstract

Using the disc diffusion technique, the biological properties of essential oils extracted from Thai medicinal herbs, including lemongrass, kaffir lime leaves, holy basil, sweet basil, and turmeric, were investigated. Four medicinally relevant bacterial strains were used to investigate the antimicrobial activity of the medication: *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus*, and *B. subtilis*. The results demonstrated that four different types of bacterial strains were effectively inhibited by the essential oils extracted from lemongrass and sweet basil. In comparison to the other essential oils studied, turmeric essential oil demonstrated greater inhibition of *P. aeruginosa* and *S. aureus*. The inhibition of *P. aeruginosa* and *S. aureus* was investigated by 32-fold dilution of each essential oils. The results found that all of essential oils effectively inhibited both bacterial strains during a 12 hours incubation period. A significant reduction in inhibitory efficacy was noticed, nevertheless, when the incubation period was increased to 24 hours. The essential oils extracted from Thai medicinal herbs are exhibited antimicrobial activity, especially lemongrass, basil and turmeric are efficient antimicrobial agents suffering from antibacterial activity that are useful in medicine. However, the therapeutic value of these essential oils in various applications is still restricted.

Keywords: Essential oils, Thai medicinal herbs, bioactivity, disc diffusion technique, *E. coli*

1. บทนำ

น้ำมันหอมระเหย (essential oils) เป็นสารสกัดที่ได้มาจากพืชต่าง ๆ ที่มีกลิ่นหอมและระเหยง่ายสามารถพบได้ในพืชหอมทุกชนิดและสามารถพบในหลายส่วนของพืชเช่น ราก ใบ ดอก และเมล็ด ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยในพืชแต่ละชนิดพบได้ในปริมาณที่แตกต่างกันบางชนิดมีมากถึง 10% น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 100 ชนิดจึงมักมีการนำไปใช้ประโยชน์หลายด้านเช่น การแพทย์และสุขภาพ การดูแลผิวพรรณ การปรุงอาหาร การผลิตเครื่องสำอาง และการสร้างกลิ่น ความสำคัญของน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการต่อต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial agents) เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดเช่น เทอพิน (terpenes) และ เทอพินอยด์ (terpenoids) ฟีนอล (phenol) และอะลิฟาติก (aliphatic) ซึ่งการออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการต่อต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเสียที่สกัดได้จากวัตถุดิบตามธรรมชาติ (natural preservative) ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีรายงานงานวิจัยมากมายที่เสนอผลการศึกษาค้นคว้าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการออกฤทธิ์ในการต่อต้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในอาหารและราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและความสูญเสียทางเศรษฐกิจให้กับผลิตผลทางการเกษตร

นักวิจัยนี้จึงได้เห็นถึงความสำคัญของการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยเทคนิคสัคดีฟิวชันของสมุนไพรไทย (ตะไคร้ ตะไคร้หอม กระเพรา มะกรูด และโหระพา) โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์แกรมบวก (*Bacillus subtilis* (*B. subtilis*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)) และแกรมลบ (*Escherichia coli* (*E. coli*), *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*)) เนื่องด้วยสมุนไพรไทยดังกล่าวเป็นสมุนไพรที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงและยังเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรและประสิทธิภาพในการนำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยไปประยุกต์ใช้ให้ประโยชน์ได้มากขึ้น

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำมันหอมระเหย (essential oils) ที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรและเครื่องเทศหลายชนิดมีสมบัติและส่วนประกอบทางเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการต่อต้านจุลินทรีย์และได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเสียที่สกัดได้จากวัตถุดิบตามธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหาร มีรายงานงานวิจัยมากมายที่เสนอผลการศึกษาค้นคว้าประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการออกฤทธิ์ในการต่อต้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในอาหารและราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและความสูญเสียทางเศรษฐกิจให้กับผลิตผลทางการเกษตร และจากขีดจำกัดในการใช้งานของน้ำมันหอมระเหยที่มีออกฤทธิ์ได้ไม่นานเนื่องจากเกิดการสูญเสียความเข้มข้นของสารออกไปจากการระเหยกลายเป็นไอและขีดจำกัดด้านการมีกลิ่นรสเฉพาะที่แรงของน้ำมันหอมระเหย ทำให้มีการพัฒนาวิธีการและเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานทำให้น้ำมันหอมระเหยมีศักยภาพเพิ่มมากขึ้นที่จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์ได้ในระดับอุตสาหกรรมกับผลิตภัณฑ์อาหารที่เน้นความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ (พินดา รัตนปิติภรณ์, 2561 และปทุม อรุณวัชรินทร์ และคณะ, 2550) ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรที่นิยมใช้ในครัวเรือนไทย (กระเพรา ตะไคร้ ตะไคร้หอม ผลมะกรูด ใบมะกรูด พริกไทยดำ และโหระพา) และพฤษเคมีบางชนิดที่เป็นองค์ประกอบของสมุนไพรเหล่านั้น ได้แก่ Borneol และ Geraniol โดยการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่ยับยั้งจุลินทรีย์ (Minimal inhibitory concentration: MIC) ด้วยวิธี Agar dilution จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารที่ใช้ทดสอบได้แก่ *S. Typhimurium*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *B. cereus* และ *S. aureus* ส่วนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้แก่ *L. plantarum*, *L. cellobiosus* และรา ได้แก่ *A. flavus*, *A. niger*, *A. parasiticus* และ *F. oxysporum* พบว่า Geraniol และน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้มีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ใช้ศึกษาได้ดีที่สุดโดยมีค่า MICs อยู่ในช่วง 0.04-0.08 เปอร์เซ็นต์ และ 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องจากความที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) ของส่วนประกอบในน้ำมันหอมระเหย ทำให้น้ำมันหอมระเหยสามารถแทรกตัวผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ของแบคทีเรียซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีนและไขมัน เข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียได้ และออกฤทธิ์ในการ ยับยั้งการทำงานของกลไกต่าง ๆ ภายในเซลล์ และทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ตายในที่สุด (Goni et al., 2009)

เทคนิคสัคดีฟิวชัน (disc diffusion technique) เป็นวิธีการทดสอบความไวของเชื้อแบคทีเรียต่อยาปฏิชีวนะที่ได้รับคามนิยมอย่างแพร่หลาย โดยใช้จานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Mueller-Hinton agar เพาะเชื้อแบคทีเรียให้ทั่วจาน จากนั้นวางแผ่นดิสก์ที่มียาปฏิชีวนะลงบนจาน บ่มที่สภาวะเหมาะสม และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนยับยั้งเพื่อแปลผลตามมาตรฐานสถาบันมาตรฐานทางคลินิกและห้องปฏิบัติการ (สหรัฐอเมริกา) (Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI) นอกจากการใช้งาน

พื้นฐานแล้ววิธีนี้ยังถูกประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น คัดกรองแบคทีเรียดื้อยาหลายชนิด ศึกษาประสิทธิภาพของยาปฏิชีวนะใหม่ ทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดธรรมชาติ ใช้ในงานวิจัยระดับปริญญาเพื่อติดตามการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาและเป็นวิธีอ้างอิงสำหรับเปรียบเทียบกับวิธีทดสอบอื่น ๆ (Hudzicki, 2009)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

สกัดน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เทคนิคการกลั่นด้วยเครื่องกลั่น Clevenger โดยใช้สมุนไพร (ตะไคร้ ใบมะกรูด กะเพรา โหระพา และขมิ้น) แห่งบดหยาบ 200 กรัมและน้ำกลั่น 1.2 ลิตร กลั่นด้วยอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้น แยกน้ำมันหอมระเหยออกมากำจัดน้ำด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮไดรต (sodium sulfate anhydrous; Na₂SO₄, KEMAUS, 99.0%)

3.2 การทดสอบบริเวณยับยั้งโดยวิธี Disc Diffusion technique

เตรียมจุลินทรีย์ที่ต้องการใช้ศึกษา (*P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus* และ *B. subtilis*) ในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุอาหาร นิเวศน์ที่บรอกโคลีจากเชื้อ ประมาณ 10 ไมโครกรัม (1 ลูบ) โดยแยกอาหารนิเวศน์ที่บรอกโคลีแต่ละขวดรูปชมพู่สำหรับ จุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ นำอาหารนิเวศน์ที่บรอกโคลีที่มีจุลินทรีย์บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและเขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที โดยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดูอาหารนิเวศน์ที่เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องดูค่าสารละลาย และปรับความขุ่น (turbidity) ของสารละลายด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.85 โดยมวล ให้อยู่ ในช่วง 0.5 McFarland ในหลอดทดลอง (ความขุ่นในช่วง 0.08 ถึง 0.13 ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร) สำหรับเตรียมใช้ ทดสอบบริเวณยับยั้ง นำสำลีก้านไม้ซุงสารละลายจุลินทรีย์ 0.5 McFarland และเกลี่ยให้ทั่วบนผิวหน้าของอาหารวุ้นแข็งที่เตรียม ไว้หลังจากนั้นวางกระดาษทดสอบความไวของเชื้อต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 มิลลิเมตร จากนั้นเปิด ตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO, Merck, 99.8%; ชุดควบคุม) ปริมาตร 20 ไมโครลิตรและ ตัวอย่างสารสกัดน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นที่ต้องการทดสอบ ลงบนกระดาษทดสอบความไวของเชื้อบนอาหารวุ้นแข็งปริมาตร 20 ไมโครลิตร บ่มอาหารวุ้นแข็งในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. ผลการวิจัย

4.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรแต่ละชนิดมีลักษณะเหนียวข้น สีเหลืองอ่อน และมีกลิ่นเฉพาะตัว น้ำหนักและร้อยละการกลับคืน (percent recovery) ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยและร้อยละการกลับคืนของสมุนไพรแต่ละชนิด

ชนิดสมุนไพร	น้ำหนักน้ำมันหอมระเหย (กรัม)	ร้อยละการกลับคืน (%)
ตะไคร้	2.35	1.18
ใบมะกรูด	2.08	1.04
กะเพรา	1.78	0.09
โหระพา	3.32	1.66
ขมิ้น	1.51	0.08

4.2 การทดสอบบริเวณยับยั้งโดยวิธี disc diffusion technique

น้ำมันหอมระเหยจาก ตะไคร้ ใบมะกรูด กะเพรา โหระพา และขมิ้นนำไปทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 4 ชนิด ได้แก่ *B. subtilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *S. aureus* โดยวิธี disc diffusion technique มีผลการทดลองดังนี้

4.2.1 การทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย

จากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อ 4 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้และโหระพามีเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อ *B. subtilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *S. aureus* มากที่สุด และน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *S. aureus* มาก ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดและกะเพรามีเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อทั้ง 4 ชนิดได้เล็กน้อย แสดงดังตารางที่ 2

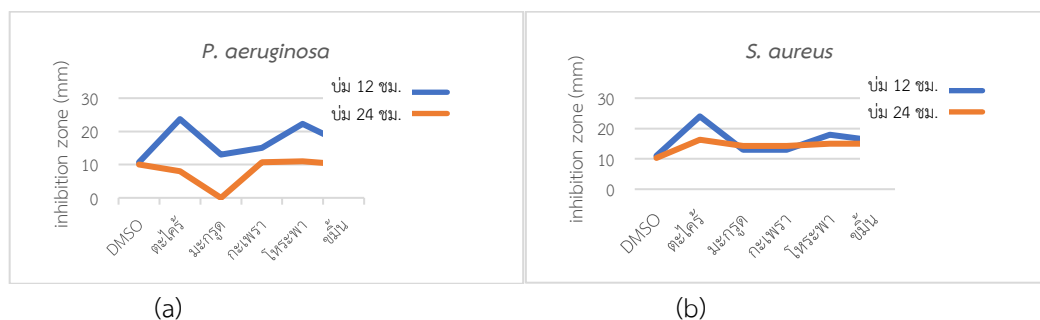
ตารางที่ 2 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้ง (inhibition zone) จุลินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร

ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้น*	เส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้ง (มิลลิเมตร)			
		<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
DMSO	-	9.5±0.0	9.2±0.3	9.2±0.3	9.8±1.3
ตะไคร้	4x	35.2±0.0	29.6±1.9	33.0±1.0	32.5±1.0
ใบมะกรูด	1x	12.0±0.0	9.5±0.5	8.8±1.3	10.5±1.5
กะเพรา	1x	13.0±0.0	9.8±1.3	20.0±0.0	18.5±0.0
โหระพา	2x	25.9±0.0	30.3±1.3	32.8±0.3	28.0±5.5
ขมิ้น	1x	16.4±0.0	15.5±4.5	33.0±2.8	33.0±0.8

*อัตราส่วนการเจือจางด้วย DMSO เป็นความเข้มข้นสูงที่สุดที่สามารถวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งได้

4.2.2 การทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในการบ่ม 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

ในการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* (แบคทีเรียแกรมลบ) และ *S. aureus* (แบคทีเรียแกรมบวก) ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรแต่ละชนิดเจือจาง 32 เท่าเพื่อเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อในการบ่ม 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทุกชนิดมีเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* ในระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมงลดลงเมื่อเทียบกับการบ่ม 12 ชั่วโมง และเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้โหระพาและขมิ้นในระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมงลดลงเมื่อเทียบกับการบ่ม 12 ชั่วโมง แสดงดังรูป 1



รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งเชื้อของเชื้อ (a) *P. aeruginosa* และ (b) *S. aureus* ในระยะเวลาในการบ่ม 12 และ 24 ชั่วโมง

รูป 2 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการบ่ม 12 ชั่วโมงน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรสามารถยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ได้ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งที่แตกต่างกันตามชนิดของน้ำมันหอมระเหยแต่หลังจากระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมงพบว่าเชื้อในบริเวณที่ถูกยับยั้งมีการเจริญเติบโตของเชื้อขึ้นอย่างชัดเจน

ระยะเวลาบ่ม 12 ชั่วโมง



ระยะเวลาบ่ม 24 ชั่วโมง



P. aeruginosa

S. aureus

(a)

(b)

รูปที่ 2 แสดงการยับยั้งการเจริญเติบโต (a) *P. aeruginosa* และ (b) *S. aureus* ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในระยะเวลาบ่ม 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง

5. สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรไทยได้แก่ ตะไคร้ ใบมะกรูด กะเพรา โหระพาและขมิ้นกับเชื้อ *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus* และ *B. subtilis* พบว่าน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้และโหระพาสามารถยับยั้งเชื้อ *B. subtilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ได้ดี และน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ได้ดีเมื่อเทียบกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น การทดสอบการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรแต่ละชนิดเจือจาง 32 เท่าสามารถยับยั้งเชื้อในระยะเวลาบ่ม 12 ชั่วโมง แต่พบว่าในระยะเวลาบ่ม 24 ชั่วโมงน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรสามารถยับยั้งเชื้อได้ลดลง

การศึกษานี้ทำให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยสกัดจากสมุนไพรไทย โดยเฉพาะตะไคร้ ใบโหระพา และขมิ้น ซึ่งเป็นสารต้านจุลชีพที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านแบคทีเรียที่สำคัญทางการแพทย์ แต่น้ำมันเหล่านี้ยังคงมีประสิทธิภาพจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการทำวิจัยโดยนำน้ำมันหอมระเหยไปทำการห่อหุ้ม (encapsulation) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนสถานที่ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และโครงการวิจัยเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund ; FF) ปีงบประมาณ 2567 สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- ปทุม อรุณวัชรินทร์, อภากร สุภาพิพัฒน์ และจิตศิริ ราชตะนะพันธ์. (2550). การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45*, 508-515.
- พนิดา รัตนปิติกรณ์. (2561). น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชและการประยุกต์ใช้เป็นสารต่อต้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 13(2), 1-10.
- Bakkaliab, F., Averbecka, S., Averbecka, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446–475.
- Goni, P., Lopez, P., Sanchez, C., Gomez-Lus, R., Beoeril, R. & Nerine, C. (2009). Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. *Food Chemistry*. 116(4), 982-989.
- Hudzicki, J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *American society for microbiology*, 15(1), 1-23.
- Jorgensen, J. H., & Turnidge, J. D. (2015). Susceptibility test methods: dilution and disk diffusion methods. *Manual of clinical microbiology*, 1253-1273.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลมาสก์หน้าที่มีส่วนผสมสารสกัดดอกจิวแดง

รัฐพรรณ สันตือโนทัย^{1*} ชรินทร์น พันธ์สวัสดิ์² ธวัชชัย เหล็กดี³ อลิษา แสงพุ่ม⁴

¹ ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

³ กองคุ้มครองและส่งเสริมภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยและแพทย์พื้นบ้านไทย กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข ตำบลบางเขน อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000

⁴ วิทยาลัยการแพทย์แผนไทยอภัยภูเบศร 227 หมู่ 11 ตำบลไม้เค็ด อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25230

*Ruthaphan_san@g.cmru.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 063 154 4661

บทคัดย่อ

ดอกจิวแดงตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นพืชที่มีการใช้ประโยชน์ในการรักษาโรคและใช้ในการประกอบอาหาร อีกทั้งเป็นพืชที่สามารถขึ้นเองได้ในธรรมชาติและหาได้ง่ายในพื้นที่ภาคเหนือ ด้วยเหตุนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของพืชในท้องถิ่นภาคเหนือและพัฒนาสารสกัดจากพืชในท้องถิ่นให้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงพัฒนาสารสกัดจากดอกจิวแดงเพื่อใช้สำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลมาสก์หน้าที่มีส่วนผสมจากสารสกัดดอกจิวแดง (*Bombax ceiba* L.) โดยมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้ นำดอกจิวแดงสกัดด้วยวิธีหมักแช่ (maceration) ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 27 – 30 °C) ด้วยตัวทำละลาย 99% เอทานอล ที่อัตราส่วนดอกจิวต่อเอทานอล เท่ากับ 1: 10 (w: v) โดยหมักแช่เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลัง 48 ชั่วโมงนำบีกเกอร์สารสกัดไปแช่ใน Sonicate bath เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปประเหยแห้งเพื่อให้ได้สารสกัดหยาบ นำสารสกัดหยาบที่ได้ไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี พบว่า สารสกัดดอกจิวแดงมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.41±0.01 mg/ml จากนั้นนำสารสกัดดอกจิวแดงทดสอบเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเคอเวอซีติน ด้วยเทคนิค HPLC เพื่อหาปริมาณสารเคอเวอซีตินในสารสกัดดอกจิวแดง พบว่า สารสกัดดอกจิวแดงมีปริมาณเคอเวอซีตินคิดเป็น 0.0155±0.008% ต่อน้ำหนักตัวอย่าง ในขั้นตอนก่อนการพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความคิดเห็นเบื้องต้นจากประชาชนทั่วไปเกี่ยวกับความนิยมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า พบว่า ร้อยละ 86.50 ของผู้ตอบแบบสอบถามเลือกผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้าในรูปแบบเจลมาสก์หน้า ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงทำการพัฒนาสูตรตำรับเจลมาสก์หน้า โดยทำการพัฒนาเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานจำนวน 2 สูตร และนำไปทดสอบความคงสภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีร้อน - เย็น จำนวน 6 รอบ และคัดเลือกเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานจำนวน 1 สูตร โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ จากนั้น นำเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานผสมสารสกัดดอกจิวแดง โดยกำหนดให้มีปริมาณของสารสกัดที่เติมลงไปสูตรตำรับให้มีความแตกต่างจำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตร F1 = 1%, สูตร F2 = 1.5% และ สูตร F3 = 2% (w/w) นำผลิตภัณฑ์ทดสอบความคงสภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีร้อน - เย็น จำนวน 6 รอบ โดยก่อนและหลังทดสอบความคงสภาพนำผลิตภัณฑ์ทดสอบลักษณะทางกายภาพและทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วยวิธี โดปาโครม โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์กับเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐาน จากการทดลองพบว่า เจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยเจลมาสก์หน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดง สูตร F2 มีปริมาณสารสกัดดอกจิวแดงเท่ากับ 1.5% (w/w) เป็นสูตรที่ดีที่สุด มีลักษณะทางกายภาพที่ดี และฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด โดยมีค่าร้อยละคงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% remaining of DPPH inhibition) และมีร้อยละคงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (% remaining of tyrosinase inhibition) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 สูตร โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 52.90±0.01 และร้อยละ 86.11 ±0.01 ตามลำดับ จากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นการยกระดับคุณค่าทางเศรษฐกิจให้กับพืชสมุนไพรที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการในการผลิตเจลมาสก์หน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดงเพื่อต่อยอดระดับอุตสาหกรรมและในเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: สารสกัดดอกจิวแดง ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

The Development of Facial Gel Mask Containing Red Cotton Tree Flower Extract

Abstract

From past to present, the red cotton tree flower (*Bombax ceiba* L.) has been utilized for medicinal purposes and as a food ingredient. It is a naturally occurring plant, easily found in Northern Thailand. Thus, this research aims to develop a cosmetic product that showcases the unique qualities of this local plant and to enhance the economic value of local plant extracts. The study focuses on developing an extract from the red cotton tree flower for use in a facial gel mask product. The research procedure includes: extraction of the red cotton tree flower using the maceration method at room temperature (27-30°C) with a solvent of 99% ethanol at a flower-to-ethanol ratio of 1: 10 (w: v). The sample is soaked for 48 hours. After 48 hours, the sample is sonicated for 1 hour and then evaporated to obtain a crude extract. The crude extract is tested for antioxidant activity using the DPPH scavenging assay, compared with standard vitamin C. The result showed that the red cotton tree flower extract has an IC_{50} value of 0.41 ± 0.01 mg/ml. The extract analyzed for quercetin content using HPLC, showing a quercetin content of $0.0155 \pm 0.008\%$ by sample weight. Before developing the facial gel mask formula, a preliminary survey of public opinion on facial skincare products was conducted, showing that 86.50% of respondents preferred facial gel masks. Based on these findings, the study developed two basic gel mask formulations and tested their stability using a heating-cooling method for 6 cycles. One basic formula was selected based on its physical properties. The selected basic gel mask formula was then mixed with the red cotton tree flower extract in three different concentrations: 1% (F1), 1.5% (F2), and 2% (F3) (w/w). These products were tested for stability using the heating-cooling method for 6 cycles, with evaluations of physical properties and biological activity (antioxidant and tyrosinase inhibition) conducted before and after stability testing. The results showed that the basic gel mask formula had no antioxidant or tyrosinase inhibition activity. The formula with 1.5% the red cotton tree flower extract (F2) demonstrated the best physical properties and biological activity, with the highest remaining percentages of DPPH inhibition ($52.90 \pm 0.01\%$) and tyrosinase inhibition ($86.11 \pm 0.01\%$) compared to the other formulas. This research elevates the economic value of locally available medicinal plants and provides a guideline for entrepreneurs to develop Red Kapok extract-infused facial gel masks for industrial and commercial use.

Keywords: Red cotton tree flower extract, Facial mask gel, Antioxidant, Tyrosinase inhibition activity

1. บทนำ

ในประเทศไทยต้นดอกจี้วแดง (*Bombax ceiba* L.) พบมากในภาคเหนือและภาคกลาง มีการใช้ประโยชน์จากดอกจี้วแดง โดยนำมาประกอบอาหาร ซึ่งพบมากในอาหารเหนือ โดยจะนำเกสรของดอกมาเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารพื้นถิ่น เช่น ขนมจีนน้ำเงี้ยว แกงแค เป็นต้น และมีการใช้ประโยชน์จากดอกจี้วแดงเพื่อรักษาโรคหลายชนิด เช่น การรักษากระเพาะอาหารอักเสบ ลดท้องเสีย รักษาแผลในกระเพาะอาหาร และรักษาการอักเสบและระคายเคืองของผิวหนัง (Tiago et al., 2013) ดอกจี้วแดงเป็นพืชในวงศ์ Malvaceae พบมากในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ของโลก มีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นสูง ลำต้นใหญ่มีสีน้ำตาลปนเขียวมีหนามล้อมรอบลำต้น ดอกมีสีส้มปนแดง โดยดอกจะบานเป็นเวลา 1 - 2 สัปดาห์และหลังจากนั้นจะร่วงหล่นลงพื้นดิน ผลอ่อนฝักเป็นสีเขียวอ่อนและผลแก่ฝักจะแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ด้านในของฝักจะมีเมล็ดสีดำและขนสีขาว ในอดีตคนไทยมักใช้ประโยชน์จากขนที่ได้จากฝักดอกจี้วมาทำเป็นเครื่องนอน (Vartika, 2016) มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารสกัดดอกจี้วแดงในประเทศจีนซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่แตกต่างกับสายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย (*Bombax malabaricum*) พบว่า สารสกัดจากดอกจี้วแดงที่สกัดด้วยเอทานอล และอะซิโตน มีสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี พบสารฟลูคาเอมิดีนได้แก่ ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน (Yi-gang et al., 2011) มีรายงานถึงสารสกัดจากดอกจี้วแดงที่พบในประเทศไทย พบว่า มีฤทธิ์ป้องกันความเป็นพิษในเซลล์ อีกทั้งในสัตว์ทดลองฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกจี้วแดงยังสามารถช่วยปรับปรุงการทำงานของตับได้ ในขณะที่เดียวกันน้ำที่ได้จากการสกัดดอกจี้วแดงสามารถป้องกันความเป็นพิษต่อหัวใจ มีฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร และยังมีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งไต (Nurarat & Teeraporn, 2020)

จากการศึกษาที่มีมาก่อนหน้านี้ของผู้วิจัยได้ทำการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและฤทธิ์ต้านเชื้อ *Propionibacterium acnes* ของสารสกัดดอกจี้วแดง พบว่า สารสกัดดอกจี้วแดงที่สกัดด้วยวิธีหมักแช่ (maceration) ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 27 – 30 °C) ด้วยตัวทำละลาย 99% เอทานอล ที่อัตราส่วนดอกจี้วต่อเอทานอล เท่ากับ 1: 10 (w: v) พบว่า สารสกัดด้วยวิธีหมักแช่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดโคจิก (kojic acid) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 46.69 ± 0.01 mg/ml แต่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Propionibacterium acnes* (รัฐพรธม และคณะ, 2565) จากการศึกษาดังกล่าวจึงนำมาสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้าที่มีส่วนผสมของสารสกัดดอกจี้วแดง ในขณะเดียวกันผู้ประกอบการที่เป็นผู้ร่วมทุนวิจัยในครั้งนี้ที่มีความประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีเอกลักษณ์ของพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นภาคเหนือ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นภาคเหนือ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้หยิบยกนำดอกจี้วแดงมาพัฒนาเป็นสารสกัดเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ด้วยดอกจี้วแดงเป็นองค์ประกอบหลักของอาหารเหนือที่มีชื่อเสียง คือ ขนมจีนน้ำเงี้ยว ซึ่งเป็นอาหารที่มีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นในภาคเหนือ ในขั้นตอนของการคิดเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความนิยมของประชาชนทั่วไปที่มีต่อผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า โดยกำหนดให้มีตัวเลือกผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ เซรั่ม (serum), ครีม (cream) และเจลมาส์กหน้า (facial mask gel) โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความชอบมากที่สุดจากตัวเลือกที่ให้ไว้ จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 150 คน พบว่า ร้อยละ 86.50 มีความชอบและอยากให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลมาส์กหน้ามากที่สุด และจากการให้ข้อมูลเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า มีผู้ตอบแบบสอบถามให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลมาส์กหน้าต้องการให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายเจลลี่ มีความคงตัวที่ดีในระหว่างใช้งาน และสามารถซึมผ่านเข้าสู่ผิวได้ดี

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารสกัดจากพืชในท้องถิ่นแสดงถึงเอกลักษณ์ของภาคเหนือ โดยทำการสกัดดอกจี้วแดงและนำสารสกัดที่ได้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในรูปแบบเจล มาส์กหน้า (facial mask gel) ที่มีส่วนผสมของสารสกัดดอกจี้วแดง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดดอกจี้วแดงและผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดดอกจี้วแดงในหลอดทดลอง เพื่อเป็นแนวทางให้กับอุตสาหกรรมเครื่องสำอางในการผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้าที่มีส่วนผสมของสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติที่มีเอกลักษณ์ของสารสกัดเฉพาะตัว เพื่อใช้ในการต่อยอดในเชิงพาณิชย์

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อนุมูลอิสระ (free radicals หรือ oxidants) คือ อะตอม หรือโมเลกุล หรือสารประกอบที่สามารถอยู่ได้อย่างอิสระ โดยมีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่จำนวน 1 หรือมากกว่า 1 ตัว อนุมูลอิสระส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (Reaction Oxygen Species; ROS) ซึ่งสารกลุ่มออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเป็นสารที่ไม่เสถียรสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เรียก

ปรากฏการณ์นี้ว่า การออกซิไดซ์ (oxidize) ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินทำให้สามารถกลับเข้าไปสู่สภาวะปกติที่มีความเสถียร (stable state) และหากไม่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidants) ปฏิกริยาการเติมออกซิเจนจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้การทำงานของสารชีวโมเลกุลในสิ่งมีชีวิตถูกทำลายและเกิดความเสียหายได้ ในชีวิตสารกลุ่มออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเกิดจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยภายในที่เกิดจากกระบวนการภายในเซลล์ ได้แก่ การสร้าง Adenosine triphosphate (ATP generation) เช่น กระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย และปัจจัยภายนอกที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม เช่น แสงแดด มลภาวะ การสูบบุหรี่ (สุริวัลย์ และคณะ, 2562)

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) คือ โมเลกุลที่สามารถออกซิไดซ์ตัวเองแทนโมเลกุลอื่น ๆ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระมีหน้าที่คือ สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระและหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ เพื่อป้องกันการทำลายของโมเลกุล ยับยั้งปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ ออกซิเจน ไอออนโลหะ ความชื้น ความร้อน และแสง (สุริวัลย์ และคณะ, 2562) เป็นสารมีฤทธิ์ยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปกติร่างกาย จะมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) คาตาเลส (catalase) กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) เพื่อควบคุมและป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระมีมากเกินไปจนทำลายเซลล์หรือเนื้อเยื่อ อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายมีปริมาณจำกัด เมื่ออายุมากขึ้นร่างกายจะมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระลดลง ดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอก โดยอาจจะมาจากพืชผักและผลไม้ในวงศ์ต่างๆ ที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น พืชที่ให้สีแดง เหลือง ส้ม เป็นต้น (จิรวาส และคณะ, 2558) การป้องกันและการรักษาความชราของผิวสามารถรักษาความชราของผิวด้วยเวชสำอาง (Cosmeceuticals) ที่มีฤทธิ์ลดริ้วรอยและต้านอนุมูลอิสระ เช่น Alpha hydroxy acid (AHA) Beta hydroxy acid (BHA), Vitamin A derivatives, สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants), Collagen-stimulating agent, ไขมัน (lipids) และฮอร์โมน ในขณะที่เดียวกันสามารถปกป้องผิวจากอิทธิพลภายนอก ได้แก่ การปกป้องผิวจากอันตรายของแสงแดด ออกกำลังกายสม่ำเสมอ งดสูบบุหรี่ รับประทานอาหารที่มีประโยชน์ รับประทานอาหารที่มีประโยชน์และครบทุกหมู่ และไม่เครียด (ปิยากิตต์, 2550) สารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้เป็นสารสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางบำรุงผิวหน้าที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระคือ สารเคอเวซิทิน (quercetin)

สารเคอเวซิทิน จัดเป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟลาโวนอยด์ เมื่อแบ่งตามหมู่ฟังก์ชันซึ่งแทนที่ในโครงสร้างพื้นฐานถูกจัดให้เป็นฟลาโวนอยด์ในกลุ่มฟลาโวนอล (ณัฐนนท์ และชญาดา, 2559) เป็นสารที่พบมากในพืช โดยเฉพาะหัวหอมและพืชตระกูลเบอร์รี่หรือพืชที่มีสีแดงและม่วง สารเคอเวซิทินมีฤทธิ์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (กิตติพงศ์ และนฤมล, 2560)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

99% เอทานอล, น้ำกลั่น, glycerin, 1% sodium hyaluronate, phenoxyethanol และ disodium EDTA (บริษัท ยูเนียนชาย, ประเทศไทย), 2, 2-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals (DPPH), L-tyrosine, mushroom tyrosinase enzyme, kojic acid, ascorbic acid และ quercetin (Sigma-Aldrich, Germany), PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20 (Reshape Gel™) (My skin, ประเทศไทย), acetonitrile และ phosphoric acid (RCI Labscan, ประเทศไทย)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมพืชตัวอย่างและวิธีการสกัด

1) ตัวอย่างดอกจี่แดงที่ใช้ในการสกัด เป็นดอกจี่แดงได้จากต้นจี่แดงที่ปลูกอยู่ในธรรมชาติ โดยเก็บตัวอย่างดอกจี่แดงจากพื้นที่อำเภอออยสะเก็ดและอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ (รูปที่ 1) นำดอกจี่แดงทั้งดอกล้างสิ่งสกปรกออกด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง คัดเลือกดอกจี่แดงที่มีลักษณะสีแดงปนส้มเข้มและเป็นดอกที่สมบูรณ์ โดยต้องมีกลีบดอกครบ 5 กลีบ มีเกสรดอก และฐานดอกครบถ้วน ไม่ขึ้นรา จากนั้นนำตากในที่ร่มเป็นเวลา 2 วัน แล้วนำมาอบต่อในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (รูปที่ 2) หลังจากนั้นนำมาบดหยาบด้วยเครื่องบดไฟฟ้า



รูปที่ 1 ดอกจ้าวแดงสด



รูปที่ 2 ดอกจ้าวแดงแห้ง

2) วิธีการสกัด สกัดด้วยวิธีหมักแช่ (maceration) ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 27 – 30 °C) ด้วยตัวทำละลาย 99% เอทานอล ที่อัตราส่วนดอกจ้าวต่อเอทานอล เท่ากับ 1: 10 (w: v) โดยหมักแช่เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลัง 48 ชั่วโมงนำบีกเกอร์สารสกัดไปแช่ใน Sonicate bath เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอาแต่น้ำสารละลายด้วยกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 นาโนเมตร (Whatman no.1) นำสารละลายที่ได้ระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยความดันต่ำ (rotary evaporator) จนได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ทำการสกัดจำนวน 3 บีกเกอร์ (n=3)

3.2.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay

วิธีการทดสอบดัดแปลงจาก จิราภรณ์ และคณะ (2557) เตรียมสารละลาย 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ให้มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ในเอทานอลนำตัวอย่างสารสกัดละลายด้วยเอทานอลให้ได้จำนวน 5 ความเข้มข้น และทดสอบเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี (ascorbic acid) โดยนำตัวอย่างทดสอบผสมกับสารละลาย DPPH ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้คำนวณค่าความเข้มข้นที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ 50% (IC₅₀) โดยมีการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และรายงานเป็นค่าเฉลี่ย +/- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (MEAN +/- SD) ดังสมการ (1)

$$\text{Inhibition activity (\%)} = [(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}] \times 100 \quad (1)$$

3.2.3 การทดสอบคุณภาพสารสกัด ด้วยเทคนิค HPLC

ดัดแปลงวิธีการทดสอบจาก Neelam & Nitu (2013) โดยนำสารสกัดตัวอย่างละลายใน Mobile phase ให้ได้ความเข้มข้น 20 mg/mL แล้วกรองผ่าน Filter ก่อนนำมาใส่ขวด vial สำหรับฉีด HPLC เตรียมสารมาตรฐานโดยชั่งสารเคอควีติน (quercetin) 1 mg ละลายใน Mobile phase 1 mL แล้วกรองผ่าน filter (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 13 mm) ก่อนนำมาใส่ขวด vial สำหรับฉีด HPLC โดยทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการหาปริมาณเคอควีติน ด้วยเครื่อง HPLC คือ

- Mobile phase : 36 % v/v acetonitrile in water with 0.1 %v/v phosphoric acid
- Column : ACE Generix 5 C18
- Flow rate : 1 mL/min
- Injection volume: 20 µL

3.2.4 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วยวิธีโดปาโครม

ดัดแปลงวิธีการทดสอบจาก Aranya et al. (2011) นำตัวอย่างสารสกัดละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้จำนวน 5 ความเข้มข้น นำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยวิธีโดปาโครม (Modified dopachrome) โดยนำตัวอย่าง

สารสกัดเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดโคจิก (kojic acid) คำนวณหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ 50% (IC₅₀) โดยทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) และหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD)

3.2.5 การพัฒนาเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐาน (basic formulation)

พัฒนาเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานจำนวน 2 สูตร โดยกำหนดให้มีปริมาณแตกต่างกัน สาร PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetra-deceth-20 (Reshape Gel™) เพื่อศึกษาลักษณะของเนื้อเจลและความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างของปริมาณสารก่อเจลในสูตรตำรับ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นนำเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานทั้ง 2 สูตร ทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีร้อน - เย็น (heating - cooling cycle test) จำนวน 6 รอบ (ดวงกมล และคณะ, 2553) ซึ่งวิธีการทดสอบนี้เป็นวิธีการทดสอบความคงสภาพแบบเร่ง (accelerated stability test) โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เก็บในตู้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกับ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ โดยก่อนและหลังทดสอบความคงสภาพ ทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (physical properties) ได้แก่ สี และการแยกชั้น ประเมินด้วยสายตา ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Ohaus, USA.) และความหนืด (% Torque) ด้วยเครื่องวัดความหนืด วิสโคสซิมิเตอร์ (VEVOR, USA.) ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่ความคงสภาพดีที่สุดจำนวน 1 สูตร โดยตำรับที่สีไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีการแยกชั้น และมี % Torque เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ เป็นสูตรที่จะถูกคัดเลือก (มยุรมาศ และจารุภัค, 2553; เพ็ญศรี และคณะ, 2561)

ตารางที่ 1 เจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐาน (basic formulation)

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (% w/w)		หน้าที่ของสาร
	สูตร B1	สูตร B2	
1. Glycerin	5.00	5.00	Humectant
2. PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20	5.00	7.00	Viscosity controlling
3. 1% Sodium Hyaluronate	5.00	5.00	Moisturizer/ Humectant
4. Phenoxyethanol	1.00	1.00	Preservative
5. Disodium EDTA	0.10	0.10	Chelating agent
6. Aqua	83.90	81.9	Solvent

3.2.6 การพัฒนาสูตรตำรับเจลมาสก์หน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดง

การพัฒนาสูตรตำรับเจลมาสก์หน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดง กำหนดให้มีปริมาณสารสกัดดอกจิวแดงแตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตร F1 = 1%, F2 = 1.5% และ F3 = 2% (w/w) (ตารางที่ 2) จากนั้นนำทั้ง 3 สูตรทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีร้อน-เย็น จำนวน 6 รอบ (ดวงกมล และคณะ, 2553) ก่อนและหลังทดสอบความคงสภาพทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (physical properties) ได้แก่ สี และการแยกชั้น ประเมินด้วยสายตา ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Ohaus, USA.) และความหนืด (% Torque) ด้วยเครื่องวัดความหนืด วิสโคสซิมิเตอร์ (VEVOR, USA.) ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) (มยุรมาศ และจารุภัค, 2553; เพ็ญศรี และคณะ, 2561) และนำเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานและเจลมาสก์หน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดงทั้ง 3 สูตรทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วยวิธี โดปาโครม (modified dopachrome) โดยทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) เพื่อหาปริมาณร้อยละคงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% remaining of DPPH inhibition) และมีร้อยละคงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (% remaining of tyrosinase inhibition) ของสูตรตำรับ

ตารางที่ 2 สูตรเจลมาสก์หน้าผสมสารสกัดดอกงิ้ว จำนวน 3 สูตร

ชื่อทางเคมีของส่วนประกอบ	ร้อยละ (% w/w)			หน้าที่ของสาร
	สูตร F1	สูตร F2	สูตร F3	
1. สารสกัดดอกงิ้ว	1.00	1.50	2.00	Active ingredient
2. Glycerin	5.00	5.00	5.00	Humectant
3. PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20	7.00	7.00	7.00	Viscosity controlling
4. 1% Sodium Hyaluronate	5.00	5.00	5.00	Moisturizer/ Humectant
5. Phenoxyethanol	1.00	1.00	1.00	Preservative
6. Disodium EDTA	0.10	0.10	0.10	Chelating agent
7. Aqua	80.90	80.40	79.90	Solvent

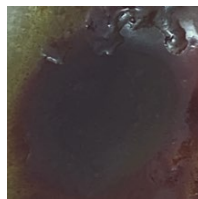
3.2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการทดลองในรูปแบบของค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm) แต่ละ การทดลองทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ($n=3$) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวน 2 กลุ่ม ด้วยวิธี $t - test$ หากค่า $p < 0.05$ แสดงถึงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และใช้วิธี $F - test$ วิเคราะห์แบบ One-way ANOVA ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไปที่เป็นอิสระต่อกัน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการสกัดและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพสารสกัดดอกงิ้วแดง

ผลสารสกัดดอกงิ้วแดงหลังระเหยเอาตัวทำละลายออกจนได้สารสกัดหยาบที่มีลักษณะเป็นของกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi-solid) สีน้ำตาลปนแดงเข้ม กลิ่นสมุนไพรแห้ง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้ายของสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยดอกงิ้วแดง 40 กรัม มีค่าเท่ากับ 3.50 ± 0.02 กรัม คิดเป็นปริมาณ % yield เท่ากับ $8.75 \pm 0.05\%$ (รูปที่ 3) เมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay พบว่า สารสกัดดอกงิ้วแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.41 ± 0.01 mg/ml เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี พบว่า สารสกัดดอกงิ้วแดงมีค่า IC_{50} สูงกว่าสารมาตรฐานวิตามินซีคิดเป็น 10.25 เท่า โดยสารมาตรฐานวิตามินซีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.04 ± 0.01 mg/ml (ตารางที่ 3)



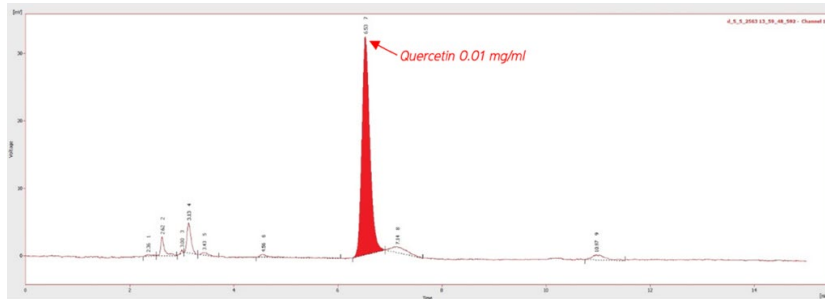
รูปที่ 3 สารสกัดหยาบดอกงิ้วแดง

ตารางที่ 3 ฤทธิ์จับอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดดอกงิ้วแดงและสารมาตรฐานวิตามินซี ($n = 3$)

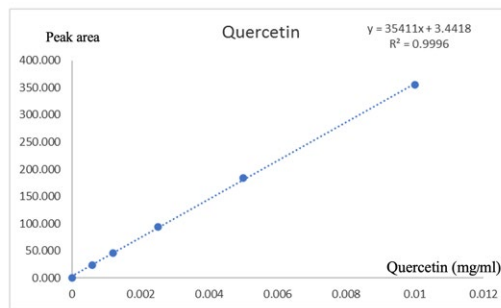
ตัวอย่างทดสอบ	IC_{50} (mg/ml)	จำนวนเท่าของวิตามินซี
สารสกัดดอกงิ้วแดง	0.41 ± 0.01	10.25
วิตามินซี (สารมาตรฐาน)	0.04 ± 0.01	-

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นผลจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (MEAN +/- SD)

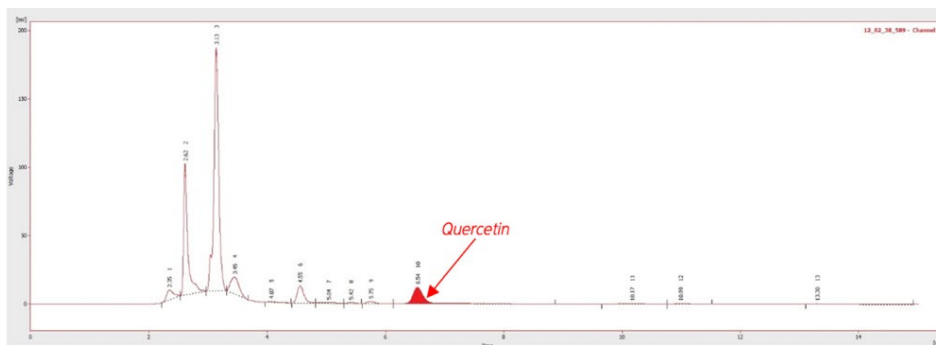
ผลการทดสอบคุณภาพสารสกัดดอกจี่แดงเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเคอควิซีน ด้วยเทคนิค HPLC จากโครมาโตแกรมของสารมาตรฐานสารเคอควิซีนที่ความเข้มข้น 0.01 mg/mL พบว่ามี Retention time ที่ 6.532 นาที และ Calibration curve ของสารมาตรฐานสารเคอควิซีนที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ ได้ (รูปที่ 4 - 6) เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่า ตัวอย่างสารสกัดดอกจี่แดงในความเข้มข้น 20 mg/mL พบ peak ของสารเคอควิซีนในโครมาโตแกรมของตัวอย่างดังกล่าวที่ 6.512 ± 0.03 นาที และพบปริมาณสารเคอควิซีนคิดเป็น 0.0155 ± 0.01% ต่อน้ำหนักตัวอย่าง



รูปที่ 4 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานเคอควิซีน



รูปที่ 5 กราฟเส้นตรงของสารมาตรฐานเคอควิซีน



รูปที่ 6 โครมาโตแกรมของสารสกัดดอกจี่แดง

4.2 ผลการพัฒนาเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐาน

จากการกำหนดให้มีปริมาณ PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20 (Reshape Gel™) แตกต่างกันจำนวน 2 สูตร ได้แก่ 5% และ 7% (w/w) หลังการทดสอบความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีร้อน - เย็น จำนวน 6 รอบ พบว่า ทั้ง 2 สูตรมีลักษณะเป็นเนื้อเจลที่มีลักษณะคล้ายเจลลี่สีใส ไม่แยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอย่าง

ไม่มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4) แต่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืด (%Torque) ที่แตกต่างกัน โดยหลังทดสอบความคงสภาพสูตร B1 มี % Torque เปลี่ยนแปลงจากก่อนทดสอบความคงสภาพเท่ากับ $21 \pm 0.01\%$ และหลังทดสอบความคงสภาพเท่ากับ $30.90 \pm 0.05\%$ หมายถึงสูตร B1 มีความหนืดลดลง 9.9% ในขณะที่สูตร B2 มี % Torque เปลี่ยนแปลงจากก่อนทดสอบความคงสภาพเท่ากับ $98.60 \pm 0.01\%$ และหลังทดสอบความคงสภาพเท่ากับ $99.30 \pm 0.02\%$ หมายถึง สูตร B2 มีความหนืดลดลง 0.70% เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืด จะเห็นได้ว่าสูตร B2 มีการเปลี่ยนแปลงของความหนืดน้อยกว่าสูตร B1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้วยเหตุนี้ สูตร B2 จึงเป็นเจลมาส์กหน้าสูตรพื้นฐานที่ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากการมีลักษณะทางกายภาพที่ดกถึงการทดสอบความคงสภาพ ได้แก่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ไม่มีการแยกชั้น และมีค่าความหนืดที่ดี ดังนั้น สูตร B2 จึงถูกนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เจลมาส์กหน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดง

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของเจลมาส์กหน้าสูตรพื้นฐาน ก่อนและทดสอบความคงสภาพผลิตภัณฑ์

ลักษณะทางกายภาพ	สูตร B1		สูตร B2	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. สี	ใส	ใส	ใส	ใส
2. pH	6.67 ± 0.01	6.70 ± 0.01	6.69 ± 0.02	6.77 ± 0.01
3. การแยกชั้น	NA	NA	NA	NA
4. ความหนืด (% Torque)	$21 \pm 0.01\%$	$30.90 \pm 0.05\%$	$98.60 \pm 0.01\%$	$99.30 \pm 0.02\%$

หมายเหตุ: การวัดความหนืด Spindle on.3, Speed = 6 rpm, time = 15 second/ NA หมายถึง ไม่พบ, ค่าที่แสดงเป็นผลจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (MEAN +/- SD)

4.3 ผลการพัฒนาเจลมาส์กหน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดง

จากการกำหนดให้มีปริมาณสารสกัดดอกจิวแดงที่มีความเข้มข้นของสารสกัดแตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตร F1 = 1%, F2 = 1.5% และ F3 = 2% (w/w) และนำไปทดสอบความคงสภาพผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีร้อน - เย็น หลังการทดสอบความคงสภาพได้ทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร พบว่า สีไม่เปลี่ยน ผลิตภัณฑ์ไม่แยกชั้น เมื่อวิเคราะห์โดยใช้วิธี F-test วิเคราะห์แบบ One-way ANOVA ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างและความหนืด (% Torque) พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีจำนวน 2 คู่ ได้แก่ สูตร F1 กับ F2 และสูตร F1 กับ F3 โดย สูตร F2 และ F3 ไม่มีความแตกต่างกัน ในส่วนของค่าความหนืด ค่าเฉลี่ยของ % Torque แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีจำนวน 2 คู่ ได้แก่ สูตร F1 กับ F2 และสูตร F1 กับ F3 โดย สูตร F2 และ F3 ไม่มีความแตกต่างกัน โดยภาพรวมจะเห็นได้ว่าสารสกัดที่ได้เติมลงไปเ็นผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 5)

2) ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า เจลมาส์กหน้าสูตรพื้นฐานไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส แต่เมื่อวิเคราะห์โดยใช้วิธี F-test วิเคราะห์แบบ One-way ANOVA ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีจำนวน 2 คู่ ได้แก่ สูตร F1 กับ F2 และสูตร F1 กับ F3 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่อย่างไรก็ตามเพื่อคัดเลือกสูตรตำรับเจลมาส์กหน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดงจำนวน 1 สูตร จึงทำการพิจารณาจากค่าร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ พบว่า หลังการทดสอบความคงสภาพสูตร F2 เป็นสูตรตำรับที่มีร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 52.90 ± 0.01 และ ร้อยละ 86.11 ± 0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ดังนั้นสูตร F2 ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณสารสกัดดอกจิวแดงเท่ากับ 1.5% (w/w) จึงเป็นสูตรที่ดีที่สุด

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของเจลมาสก์หน้าผสมสารสกัดดอกจี่วแดง ก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ ด้วยวิธีร้อน-เย็น

ลักษณะทางกายภาพ	F1		F2		F3	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. สี	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาล	สีน้ำตาล	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลเข้ม
2. pH	6.10 ±0.01	6.08 ±0.01	5.94 ±0.01	5.93 ±0.01	5.82 ±0.01	5.81 ±0.01
3. การแยกชั้น	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4. ความเหนียว (% Torque)	99.50 ±0.02%	99.47 ±0.01%	99.67 ±0.01%	99.50 ±0.01%	99.65 ±0.01%	99.50 ±0.01%

หมายเหตุ: การวัดความเหนียว Spindle on.3, Speed = 6 rpm, time = 15 second/ NA หมายถึง ไม่พบ/ ค่าที่แสดงเป็นผลจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (MEAN +/- SD)

ตารางที่ 6 ร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

ตัวอย่างทดสอบ	ร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ		ร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
F1	100 ±0.01	46.20 ±0.03	100 ±0.03	72.22 ±0.02
F2	100 ±0.05	52.90 ±0.01	100 ±0.01	86.11 ±0.01
F3	100 ±0.01	43.00 ±0.01	100 ±0.05	50.00 ±0.02
สูตรพื้นฐาน	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ: NA หมายถึง ไม่พบ/ ค่าที่แสดงเป็นผลจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (MEAN +/- SD)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการสกัดดอกจี่วแดงด้วยวิธีหมักแช่ด้วยตัวทำละลายเอทานอล อัตราส่วน 1:10 (w:v) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และทำการ Sonicate เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้ได้สารสกัดหยาบที่มี % yield เท่ากับ $8.75 \pm 0.05\%$ เมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay พบว่า สารสกัดดอกจี่วแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.41 ± 0.01 mg/ml ด้วยข้อจำกัดของเวลาในการวิจัยจึงทำให้สามารถทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เพียงวิธีเดียว ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเชิงลึก ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทดสอบคุณภาพสารสกัดดอกจี่วแดงกับสารมาตรฐานที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงทดสอบคุณภาพของสารสกัดดอกจี่วแดงเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานแควอซีติน ด้วยเทคนิค HPLC ซึ่งจากการทดสอบพบว่า สารสกัดดอกจี่วแดงมีปริมาณสารแควอซีตินคิดเป็น $0.0155 \pm 0.01\%$ ต่อน้ำหนักตัวอย่าง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดดอกจี่วแดงมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและพบสารสำคัญแควอซีติน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี

ในส่วนของการพัฒนาสูตรตำรับเจลมาสก์หน้า โดยเริ่มจากการพัฒนาเจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานที่กำหนดให้ PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20 มีปริมาณแตกต่างกันจำนวน 2 สูตร คือ 5% และ 7% (w/w) โดยสาร PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20 เป็นสารก่อกเจลที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเจลลี่ใส หลังการทดสอบความคงสภาพด้วยวิธีร้อน-เย็น จำนวน 6 รอบ พบว่า สูตรที่ดีที่สุดคือ สูตรที่มีปริมาณ PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20 เท่ากับ 7% (w/w) โดยพิจารณาจากลักษณะความคงสภาพของสูตรตำรับ ซึ่งสูตรตำรับสีไม่เปลี่ยน ไม่มีการแยกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างและความเหนียวมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยวิธีการทดสอบดังกล่าวจะเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการตระหนักถึงอุณหภูมิในการวางสินค้าบนชั้นวางสินค้าและการขนส่งสินค้าในอนาคต ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแบบฉับพลัน อาจส่งผลให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลงและมีความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ดี แต่อย่างไรก็ตาม ฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์เจลมาสก์หน้าสูตรพื้นฐานที่มีปริมาณ PEG-240/Hdi Copolymer Bis-Decyltetradeceth-20 เท่ากับ 7% (w/w)

เป็นสูตรที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบเฉียบพลัน ดังนั้น จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าผลิตภัณฑ์สูตรตำรับนี้จะมี ความคงสภาพที่ดีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบเฉียบพลัน

การพัฒนาเจลมาส์กหน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดงจำนวน 3 สูตรที่มีความแตกต่างของปริมาณสารสกัดดอกจิวแดง โดย หลังการทดสอบความคงสภาพด้วยวิธีร้อน-เย็น พบว่า ผลิตภัณฑ์จำนวน 2 สูตรที่มีลักษณะทางกายภาพในด้านของค่าความเป็น กรด-ด่างและความหนืดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือสูตร F2 และ F3 เช่นเดียวกับผลของค่าเฉลี่ยร้อยละที่คงเหลือ ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูตร F2 และ F3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละที่คงเหลือของ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาจากผลของการ ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรเมื่อเปรียบเทียบกับค่าร้อยละที่คงเหลือ ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพลดลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 แต่ไม่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการทดสอบความคง สภาพด้วยวิธีนี้เป็นการทดสอบแบบเร่งอุณหภูมิจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแบบฉับพลัน เนื่องจาก สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์คือสารเคอควิลินซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแต่ไม่ทนต่อการ เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yuan Gao et al. (2022) ที่พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการประกอบอาหารมีผล ต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ที่พบในพืชที่ใช้ในการประกอบอาหาร เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณ ฟลาโวนอยด์ อย่่างไรก็ตาม เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดจึงพิจารณาสูตรที่มีค่าร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและร้อยละที่คงเหลือของฤทธิ์ยับยั้ง เอนไซม์ไทโรซิเนสลดลงน้อยที่สุดโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพสูตร F2 ซึ่งมีปริมาณสารสกัดดอกจิวแดง เท่ากับ 1.5% (w/w) จึงเป็นสูตรที่ดีที่สุดสำหรับการทดลองในครั้งนี้ และเมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพของเจลมาส์กหน้าผสม สารสกัดดอกจิวแดงทั้ง 3 สูตรกับเจลมาส์กหน้าสูตรพื้นฐาน พบว่า เจลมาส์กหน้าสูตรพื้นฐานไม่พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

ดังนั้น การพัฒนาเจลมาส์กหน้าที่มีส่วนผสมสารสกัดดอกจิวแดงในครั้งนี้ช่วยพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเป็นฤทธิ์ที่ช่วยฟื้นฟูผิวและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสจะช่วยกระบวนการ สร้างเม็ดสีเมลานินเพื่อช่วยให้ผิวขาว (ประไพพิศ, 2561) ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพที่ดีสามารถนำไปต่อยอดใน เชิงพาณิชย์ อีกทั้งงานวิจัยนี้จะเป็นแหล่งอ้างอิงให้กับผลิตภัณฑ์เจลมาส์กหน้าผสมสารสกัดดอกจิวแดงเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือ ให้กับผลิตภัณฑ์และผู้ประกอบการ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ชุดโครงการการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ Innovative house วช. และบริษัท มิสมคริม (ไทยแลนด์) จำกัด ที่ได้สนับสนุนเงินอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องสำอาง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท - เชียงใหม่ ในการสนับสนุนอุปกรณ์ และเครื่องมือที่จำเป็นต่อการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ อัครกุล, และณฤมล หิมะสุทธิเดช. (2560). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของ แบคทีเรียของสาร สกัดจากหัวหอมและการประยุกต์ใช้น้ำผักและผลไม้ผสม. *วารสารเทคโนโลยี การอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 12(1), 71-83.
- จิราภรณ์ กระแสเทพ, มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย, และมณฑนา นครเรียบ. (2557). สารกาบ้ำ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ ฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าว. *การประชุมวิชาการมหาสารคาม วิจัย ครั้งที่ 10* (น. 88-96). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- จิรวาส ประทุมวัน, จิราภรณ์ บุญเงิน, นพัตสร่า บุญปอง, นริศรา ธรรมทวีโชค, พัชพสุญา ไกรศรีพันธุ์, อรณิชา สันทวีวรกุล, ชมพูนุท สันตพิบูลยกิจ, ภาวดี ช่วยเจริญ, ปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ,และอิสยา จันทรวิทยานุชิต. (2558). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใน

ผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองสูตรดั้งเดิมและนมถั่วเหลืองผสมงาดำ. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 : ระดับชาติ กลุ่มวิทยาศาสตร์ (น. 123-129). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ณัฐนันท์ อยู่สถิต, และชญาดา กลิ่นจันทร์. (2559). การวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ในใบสะระแหน่ ใบทับทิมและใบว่านร้างคอคดา เพื่อแปรรูปเป็นชาสมุนไพร. *วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร*, 3(2), 322-338.

ปิยากิตต์ ศรีโพธิ์โรจน์. (2550). การศึกษาประสิทธิผลของอาหารเสริมที่ประกอบด้วยโคเอนไซม์คิวเทน สารต้านอนุมูลอิสระและโปรตีนจากปลาต่อความชราของผิวหนังในแง่ของการบำรุงผิวลดริ้วรอย. (ปริญญาโท). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประไพพิศ อินเสน. (2561). การยับยั้งกระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานินจากพืชกลุ่มเบอร์รี่ไทย. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(2), 69-82.

เพ็ญศรี เพ็ญประไพ, สุภามาส อินทฤทธิ์, และชุตินา จันทร์ตัน. (2561). การพัฒนาน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัด จากว่านชักมดลูกเป็นครีมสำหรับผิวหน้า. สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

มยุรมาศ แสงเงิน, และจารุภักดิ์ แสนสมชัย. (2553). การพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์เจลประอบผิวจากสารสกัด สาหร่ายเกลียวทองสาหร่ายไก่อ และแทนนิน. เชียงราย: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

รัฐพรพรรณ สันตอินทัย, ชรินทร์รัตน์ พันธุ์สวัสดิ์, วิรุฬห์ คำอินทิตะ, และเกศรินทร์ ชาวแดง. (2565). การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและต้านเชื้อก่อสิวของสารสกัดดอกงิ้วแดง. *วารสารการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 8*, 180-188.

สุรีย์วัลย์ ดวงจิตต์, กรกนก สุวรรณราช, กลุภัสสร กิตติพิณจันนท, พิชญ์นรี องค์กรวิสุทธิ์, สุรีย์วัลย์ บำรุงไทย, ณะเศรษฐ์ งามหิรัญพัฒน์, พรวนิช เจริญพุทธคุณ, และวริชญา ศิลาอ่อน. (2562). บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสำหรับประยุกต์ใช้ทางผิวหนัง: คุณสมบัติ ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และระบบนำส่งรูปแบบใหม่. *วารสารเภสัชศาสตร์ อีสาน*, 15(1), 21-48.

Aranya Manosroi, Korawinwich Boonpisuttinant, Supanida Winitchai, Worapaka Manosroi, and Jiradej Manosroi. (2011). Free radical scavenging and tyrosinase inhibition activity of physic nut (*Jatropha curcas* Linn.) seed oil entrapped in niosomes. *Current Nanoscience*, 7(5), 825-9.

Nurarat Kriintong, and Teeraporn Katisart. (2020). In vitro Antioxidant and Antidiabetic Activities of Leaf and Flower Extracts from *Bombax ceiba*. *Pharmacognosy Research*, 12(2), 194-198.

Tiago O. Vieira, Ataa Said, Elsayed Aboutabl, Mona Azzam, and Tânia B. Creczynski-Pasa. (2013). Antioxidant activity of methanolic extract of *Bombax ceiba*. *Redox Report*, 14(1), 41-46.

Vartika Jain. (2016). A contribution to the etymology of some Sanskrit names of a majestic tree *Bombax ceiba* L.. *PHYTOTAXONOMY*, 16, 135-137.

Neelam Verma, and Nitu Trehan. (2013). HPLC analysis of methanolic extract of herbs for quercetin content. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(1), 159-162.

Yi-gang Yu, Qiu-tong He, Kun Yuan, Xing-long Xiao, Xiao-feng Li, Dong-mei Liu, and Hui Wu. (2011). In vitro antioxidant activity of *Bombax malabaricum* flower extracts. *Pharmaceutical Biology*, 49(6), 569-576.

Yuan Gao, Wei Xia, Ping Shao, Weijie Wu, Hangjun Chen, Xiangjun Fang, Honglei Mu, Jianbo Xiao, and Haiyan Gao. (2022). Impact of thermal processing on dietary flavonoids. *Current Opinion in Food Science*, 48, 1-8.

ผลของกรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนของค่น้ำเห็ดหอมภายใต้สภาพกระถาง

ช่อผกา วงศ์สอน² ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์^{1*} ชิติ ศรีตันทิพย์¹ บุศรินทร์ บุญเต็ม¹ มนัสวี วังไชยเลิศ¹
และพิมพ์รัมภา สำราญ²

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ที่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 200 หมู่ที่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

*Parinyawadee@rmutl.ac.th, 081-885-5147

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้กรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และต้นทุนผลตอบแทนในการปลูกผักค่น้ำเห็ดหอมในสภาพกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design : CRD) มี 4 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ คือ ใส่กรดฮิวมิก 0, 2.5, 5 และ 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.ลำปาง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์- มีนาคม 2567 พบว่าการใส่กรดฮิวมิก 5 - 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ผักค่น้ำเห็ดหอมที่อายุ 28 วันมีความสูงของลำต้นสูงที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ใส่กรดฮิวมิก 0 และ 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบมีค่าสูงที่สุด (0.83) นอกจากนี้การใส่ฮิวมิกทุกกรรมวิธีส่งผลให้ดินมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การใส่กรดฮิวมิก 2.5 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่ากรรมวิธีอื่น และการใส่กรดฮิวมิก 5 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่กรดฮิวมิกให้ผลตอบแทนต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่

คำสำคัญ: กรดฮิวมิก ค่น้ำเห็ดหอม การเจริญเติบโต

Effects of Different Humic Acid Levels on Growth, Yield, Costs, and Returns of Chinese Kale in Pot Cultivation

Chorpaka Wongsorn² Parinyawadee Sritontip^{1*} Chiti Sritontip¹ Butsarin Boontem¹ Manassawee Wangchailerd¹
and Pimrumpa Samran²

¹ Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna,
202 Phichai Subdistrict Mueang Lampang District Lampang Province, 52000

² Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang,
200 Phichai Subdistrict Mueang Lampang District Lampang Province, 52000

*Parinyawadee@rmutl.ac.th, 081-885-5147

Abstract

The objective of this research was to study the effects of different humic acid levels on the growth, yield, cost, and return of Chinese Kale in pot cultivation. The experiment design was a completely randomized design (CRD) with four treatments and five replications. The treatments included the application of 0, 2.5, 5, and 10 grams of humic acid per 20 liters of water. The experiment was conducted at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang province, from February to March 2024. The results showed that applying 5-10 grams of humic acid per 20 liters of water resulted in the tallest plant height at 28 days of age. Treatments with 0 and 2.5 grams of humic acid per 20 liters of water resulted the highest efficiency in chlorophyll fluorescence (0.83). Additionally, all humic acid treatments increased the soil acidity. The application of 2.5 grams of humic acid per 20 liters of water resulted in a higher amount of available phosphorus in the soil than other methods and adding 5 grams of humic acid per 20 liters of water makes the soil have the highest amount of organic matter and nitrogen. However, considering production costs, the treatments with humic acid application provided lower returns than the treatments without humic acid.

Keywords: Humic acid, Chinese kale, Growth

1. บทนำ

คะน้าเป็นผักเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยโดยเฉพาะคะน้าเห็ดหอมที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ในปี 2563 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกคะน้าประมาณ 47,328 ไร่ มีผลผลิตรวม 45,162 ตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 1,208 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) สามารถปลูกได้ทั่วประเทศของประเทศไทยตลอดทั้งปีส่วนที่ใช้บริโภคคือใบและลำต้น คะน้ามีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น วิตามินซี โฟเลต เบต้า-แคโรทีน วิตามินบี3 เหล็ก ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า นักโภชนาการได้ศึกษาคุณค่าของคะน้าสดปริมาณ 100 กรัม พบว่า ให้พลังงาน 22 กิโลแคลอรี มีสารอาหารต่าง ๆ ประกอบด้วย โปรตีน 1.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.8 กรัม แคลเซียม 245 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 1.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 147 มิลลิกรัม และกากใยอาหาร 3.2 กรัม (Boong, m.p.) เนื่องจากคะน้าเป็นผักกินใบและลำต้น แต่จากการปลูกพืชเพียงชนิดเดียวต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน รวมถึงการใช้ปุ๋ยเคมีเกินอัตรา หรือสารสังเคราะห์ทางเคมีเป็นเวลานานเพื่อให้ได้ผลผลิตตลอดทั้งปี ส่งผลให้พื้นที่ทางการเกษตรมีความอุดมสมบูรณ์น้อยลง และส่งผลเสียต่อผู้บริโภคเมื่อมีการตกค้างของสารเคมี ซึ่งอาจช่วยเร่งกิจกรรมการสลายตัวและลดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดินได้ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำองค์ประกอบอินทรีย์วัตถุในดินมาใช้ประโยชน์และสารชีวมีกเป็นส่วนประกอบหนึ่งในอินทรีย์วัตถุที่ได้จากการผุพังย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์ (วิวัฒน์ โดธิรกุล และคณะ 2552) สารชีวมีกมีบทบาทสำคัญในสิ่งแวดล้อม โดยส่งเสริมการเจริญเติบโต และการพัฒนาของพืช กระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตบริเวณปลายยอดและปลายราก คล้ายกับลักษณะของฮอโมน มีอิทธิพลต่อกระบวนการหายใจและกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (Nardi et al., 2002) ส่งผลต่อการเพิ่มของคลอโรฟิลล์ เอ (Bährs & Steinberg, 2012) ยงยุทธ โอสดสภา (2557) กล่าวว่ากรดฮิวมิคเป็นสารเร่งชีวภาพ เช่นเดียวกับกรดอะมิโน และโคโคซาน เมื่อให้แก่พืชทางดิน ทางใบ หรือใส่ในสารละลายธาตุอาหาร จะมีผลเชิงบวกต่อกลไกการดูดธาตุอาหารของเซลล์พืช โดยมีผลต่อลักษณะพื้นฐานของรากและการละลายของธาตุอาหารในดินแต่คุณสมบัติของฮิวมิคคือมีความเป็นกรดส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และอาจทำให้พืชไม่เจริญเติบโต หากมีการใช้ในปริมาณมากและเป็นเวลานาน ควรพิจารณาถึงสภาพดินก่อนที่จะทำการเพาะปลูกหรือตามคำแนะนำ (สุรินทร์ และคณะ, 2559) อย่างไรก็ตาม การที่กรดฮิวมิคจะมีผลการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของพืชในเชิงบวกได้นั้นขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา ระดับความเข้มข้น และชนิดของพืชด้วย (Atiyeh et al., 2002) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้กรดฮิวมิคในอัตราที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของคะน้าเห็ดหอม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี วิธีละ 5 ซ้ำ ได้แก่ ไม้ใส่, 2.5, 5.0 และ 10.0 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยใช้กรดฮิวมิคความเข้มข้นเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ รูปแบบผงสเปรตราย ตราฮิวมิซิน 90

พืชทดลองคือคะน้าเห็ดหอม โดยการนำเมล็ดพันธุ์คะน้าเห็ดหอมเพาะบนกระดาษเพาะเมล็ด เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วัน ทำการย้ายปลูกในถาดเพาะกล้าขนาด 104 หลุม ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแต่ละหลุม 4 เซนติเมตร โดยมีวัสดุเพาะกล้าคือพีทมอส ทำการย้ายปลูกเมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วัน จะเริ่มมีใบจริงประมาณ 2 ใบ โดยคัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดของลำต้น และความสูงของลำต้นใกล้เคียงกัน ทำการย้ายกล้าปลูกในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 12 นิ้ว ซึ่งการเตรียมดินสำหรับการทดลองให้ใส่ดินกระถางละ 8 กิโลกรัม หลังจากย้ายปลูก ทำการให้สารละลายกรดฮิวมิคแต่ละกรรมวิธี ในช่วงเช้าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 500 มิลลิลิตรต่อกระถาง และให้น้ำทุกวันในช่วงเช้าปริมาณครั้งละ 500 มิลลิลิตรต่อกระถาง ปลูกในโรงเรือน ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.ลำปาง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2567

ข้อมูลที่ทำกรบันทึก ได้แก่

1. การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ที่อายุ 28 วัน ซึ่งเป็นระยะที่สิ้นสุดระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ได้แก่ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) โดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดของต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (มิลลิเมตร) วัดความสูงขึ้นมาจากพื้นดิน 5 เซนติเมตร ทำเครื่องหมายไว้เพื่อทำการวัดครั้งต่อไป โดยวัดข้อมูล 2 ด้านของลำต้นแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) วัดส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่มเป็น 2 แนวตั้งฉากกันแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จำนวนใบ (ใบ) ขนาดความกว้าง และความยาวใบ (เซนติเมตร)

2. การเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยา ได้แก่ความเขียวใบ โดยการใช้เครื่องมือ chlorophyll meter (SPAD-502) และการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ (Chlorophyll fluorescence) ด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ รุ่น Handy PEA Plus ver โดยทำการวัดใบที่ 3 นับจากยอดลงมาทำเครื่องหมายไว้เพื่อทำการวัดครั้งต่อไป ทำการวัดข้อมูลสัปดาห์ละครั้ง วัดใบด้านขวาและซ้ายของเส้นกลางใบข้างละ 1 จุด ไม่ให้โดนเส้นใบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3. ปริมาณผลผลิต โดยการเก็บเกี่ยวที่อายุ 28 วันหลังการปลูก ได้แก่ น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม) น้ำหนักแห้งต่อต้น (กรัม)
4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด Folin-Ciocalteu colorimetric assays (ดัดแปลงจาก Sellappan *et al.*, 2002)

5. การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ค่าความเป็นกรดต่าง โดยใช้วิธีของทัศนีย์ อุตตะนันท์ และจรงค์ษ์ จันทร์เจริญสุข (2542) ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยใช้วิธี Walkley-Black Titration (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยใช้วิธี H₂SO₄-Na₂SO₄-Se mixture วิธีการทำให้เกิดสี (นันทรัตน์, 2542) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยใช้วิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี colorimetric (Bray and Kurtz, 1945) ทั้งก่อนและหลังทำการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่นัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3. ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตทางลำต้นหลังใส่กรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกัน พบว่า ความสูงของลำต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่ใส่กรดฮิวมิก 5 – 10 กรัม ทำให้คะน้ำเห็ดหอมมีความสูงต้นสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.50 – 15.52 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนจำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยระหว่าง 5.10 – 5.28 มิลลิเมตร มีความกว้างทรงพุ่มระหว่าง 17.88 – 22.70 มีจำนวนใบระหว่าง 7.75 – 9.00 ใบ มีความกว้างใบระหว่าง 5.82 – 6.08 เซนติเมตร และมีความยาวใบระหว่าง 6.47 – 7.79 เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของผักคะน้ำเห็ดหอมที่ใส่กรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกัน ที่อายุ 28 วัน

อัตราการใส่กรดฮิวมิก (กรัม/น้ำ 20 ลิตร)	ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	จำนวนใบ (ใบ)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)
ไม่ใส่	10.04 ^b	5.10	17.88	7.75	5.82	6.47
2.5	9.88 ^b	5.28	19.40	7.60	5.94	7.33
5.0	13.50 ^a	5.14	21.50	9.00	6.08	7.33
10.0	15.52 ^a	5.24	22.70	8.60	5.96	7.79
F-test	**	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	20.85	15.20	13.69	15.72	13.19	14.61

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
 ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสมมุติเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ในด้านสรีรวิทยา พบว่า ดัชนีความเขียวใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 43.47 – 56.03 SPAD unit แต่การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่กรดฮิวมิก และการใส่กรดฮิวมิก 2.5 กรัม ต่อ น้ำ 20 ลิตร มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 0.83 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความเขียวใบและศักยภาพของคลอโรฟิลล์ในใบที่ใส่กรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกัน ที่อายุ 28 วัน

อัตราการใส่กรดฮิวมิก (กรัม/น้ำ 20 ลิตร)	ดัชนีความเขียวใบ (SPAD unit)	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ (Fv/Fm)
ไม่ใส่	43.47	0.83 ^a
2.5	53.73	0.83 ^a
5.0	56.03	0.81 ^b
10.0	54.17	0.80 ^b
F-test	ns	**
C.V. (%)	24.59	0.04

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสมมุติเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น และสารประกอบฟีนอลิก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักสดต่อต้น มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 32.68 – 36.80 กรัม น้ำหนักแห้งต่อต้น มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.32 – 6.62 กรัม และสารประกอบฟีนอลิก มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 781.12 – 916.03 มิลลิกรัม/ 100 กรัม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลผลิตและสารประกอบฟีนอลิกของผักคะน้าเห็ดหอมที่ใส่กรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกัน

อัตราการใส่กรดฮิวมิก (กรัม/น้ำ 20 ลิตร)	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อต้น (กรัม)	สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)
ไม่ใส่	32.68	4.32	786.57
2.5	33.14	5.17	781.12
5.0	34.72	6.28	882.91
10.0	36.80	6.62	916.03
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.91	19.04	10.72

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ต้นทุนและผลตอบแทนของผักคะน้าเห็ดหอมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในด้านน้ำหนักสดต่อต้น และราคาจำหน่ายต่อต้น ขณะที่ผลตอบแทนต่อต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการไม่ใส่กรดฮิวมิกให้ผลตอบแทนต่อต้นสูงที่สุด (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนของผักคะน้าเห็ดหอม

อัตราการใส่กรดฮิวมิก (กรัม/น้ำ 20 ลิตร)	ปริมาณกรดฮิวมิกต่อ กระถาง (กรัม)	ต้นทุนค่า กรดฮิวมิกต่อ กระถาง (บาท)	น้ำหนักสด ต่อต้น (กรัม)	ราคา ที่จำหน่าย (บาทต่อกิโลกรัม)	ราคาจำหน่าย ต่อต้น (บาท)	ผลตอบแทน ต่อต้น (บาท)
ไม่ใส่	0.00	0.00	32.68	150.00	4.90	4.90 ^a
2.5	0.25	1.43	33.14	150.00	4.97	3.54 ^b
5.0	0.50	2.86	34.72	150.00	5.21	2.35 ^c
10.0	1.00	5.71	36.80	150.00	5.52	-0.19 ^d
F-test	NA	NA	ns	NA	ns	**
C.V. (%)	NA	NA	5.91	NA	5.89	11.44

หมายเหตุ: NA, ns หมายถึง ไม่มีการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ
** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสมมติเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

สมบัติของชุดดินที่นำมาศึกษา ก่อนการทดลองพบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน โดยค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ย 5.86 – 5.97 ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าเฉลี่ย 2.14 – 2.40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 0.09 - 0.12 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเฉลี่ย 13.14 – 17.49 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

อัตราการใส่กรดฮิวมิก (กรัม/น้ำ 20 ลิตร)	ค่าความกรด-ด่าง	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
ไม่ใส่	5.93	2.40	0.09	17.49
2.5	5.86	2.14	0.11	14.86
5.0	5.97	2.30	0.11	13.14
10.0	5.89	2.23	0.12	17.74
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	0.76	5.92	0.91	15.01

หมายเหตุ: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

หลังการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีความแตกต่างทางสถิติ โดยการไม่ใส่กรดฮิวมิก การใส่กรดฮิวมิกอัตรา 2.5 และ 10.0 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงสุด มีค่าเฉลี่ย 5.83 – 5.86 แต่การใส่กรดฮิวมิกอัตรา 5.0 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 2.74 เปอร์เซ็นต์ และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รวมถึงการใส่กรดฮิวมิกอัตรา 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับการใส่กรดฮิวมิก 5.0 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ย 23.05 – 26.60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ได้รับกรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกัน

อัตราการใส่กรดฮิวมิก (กรัม/น้ำ 20 ลิตร)	ค่าความกรด-ด่าง	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
ไม่ใส่	5.86 ^a	2.12 ^b	0.11 ^b	21.64 ^b
2.5	5.83 ^a	2.33 ^b	0.11 ^b	26.60 ^a
5.0	5.72 ^b	2.74 ^a	0.13 ^a	23.05 ^{ab}
10.0	5.83 ^a	1.73 ^c	0.08 ^c	17.04 ^c
F-test	**	**	**	*
C.V. (%)	0.54	4.91	0.92	10.40

หมายเหตุ: * หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสมมติเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

4. อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการใช้กรดฮิวมิกในอัตราที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนของค่น้ำเห็ดหอมภายใต้สภาพกระถาง พบว่าค่น้ำเห็ดหอมที่อายุ 28 วัน เมื่อได้รับกรดฮิวมิกในอัตรา 5 – 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร มีการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ในด้านความสูงของลำต้น สอดคล้องกับรายงานของ Tan and Nopamornbodi (1979) ที่กล่าวว่า ปริมาณกรดฮิวมิกที่เหมาะสมจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดและราก เช่นเดียวกับ Muscolo et al., (1999) ที่รายงานว่า กรดฮิวมิกทำหน้าที่คล้ายกับฮอร์โมนกลุ่มออกซิน ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของเซลล์พืช และกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ให้มีการเจริญเติบโตเหมือนกับพืชที่ได้รับออกซินกลุ่ม 2,4D ในอาหารเลี้ยงเซลล์ แต่การให้กรดฮิวมิกอัตรา 5 – 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบลดลง สอดคล้องกับพิมรัมย์ และคณะ (2023) ซึ่งรายงานว่า เมล่อนมีค่าการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบแสงสองลดลง เมื่อได้รับความเข้มข้นของกรดฮิวมิกที่สูงกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับ Heil (2004) ที่รายงานว่า กรดฮิวมิกที่ระดับความเข้มข้นสูงส่งผลเชิงลบต่อการสังเคราะห์แสงและการหายใจของสาหร่าย ขณะที่สารประกอบฟีนอลิกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับกรดฮิวมิกในอัตราที่สูงขึ้น สอดคล้องกับ Gholami et al., (2018) ซึ่งรายงานว่า การใช้กรดฮิวมิกความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในยอดซีโครีเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้คุณสมบัติของดินหลังการทดลองพบว่า การใช้ฮิวมิกทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น เนื่องจากฮิวมิกมีฤทธิ์เป็นกรด ส่วนการใช้กรดฮิวมิกในอัตรา 5 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณไนโตรเจนของดินหลังการทดลองสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธรรมรัช และคณะ (2558) ที่พบว่า สารฮิวมิกทำให้อินทรีย์วัตถุในดินและความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินสูงขึ้น

5. บทสรุป

- 1) การใช้กรดฮิวมิกในอัตรา 5 – 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ช่วยเพิ่มความสูงของต้นค่น้ำที่อายุ 28 วัน และการใส่กรดฮิวมิก 0 - 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ส่งผลทำให้มีค่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองสูงที่สุด
- 2) การใช้กรดฮิวมิกในทุกกรรมวิธีทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และการใส่กรดฮิวมิก 2.5 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง รวมถึงการใส่กรดฮิวมิก 5 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด
- 3) เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการผลิตพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่กรดฮิวมิกให้ผลตอบแทนต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปริญญาดี ศรีตันทิพย์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชิตี ศรีตันทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้างานวิจัย ผู้ซึ่งกรุณาเสียสละเวลา ให้ความรู้ ให้คำแนะนำในเรื่องการศึกษาค้นคว้างานวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขการค้นคว้างานวิจัยนี้กระทั่งเสร็จสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2563). *ค่น้ำ ปี 2562*. สืบค้น 6 กุมภาพันธ์ 2567, จาก <http://www.agriinfo.doe.go.th/year63/plant/roitor/veget/ค่น้ำ.pdf>.
- ทวีลักษณ์ อ้นองอาจ และ กฤตย์ สมสาร. (2548, 20 มกราคม). *กรดฮิวมิก (Humic acid)*. สืบค้น 10 กุมภาพันธ์ 2567, จาก https://www.dss.go.th/dssweb/st-article/files/cp_1_2548_humic_acid.pdf
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทรเจริญสุข. (2542). *แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธรรมรัช แสงงาม, ธงชัยมาลา, ศุภชัย อำคา, และกนกกร สินมา. (2015). ผลของสารฮิวมิกและแคลเซียมซิติลิกेटที่มีต่อการเจริญเติบโตของแตงเทศพันธุ์แอคชั่น 434 และสมบัติบางประการของดินชุดดินกำแพงแสน: The Effect of Humic

- Substances and Calcium Silicate on the Growth of Action 434 Melon and Some Properties of Kamphaeng Sean Soil Series. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 4(1), 12-22.
- นันทรัตน์ ศุภกานีดิ. (2542). *การวิเคราะห์แอมโมเนียม ไนโตรเจนโดยการทำให้เกิดสี*. เชียงราย: ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย.
- นินสา ประไพตระกูล. (2551). *พืชตระกูลกระหล่ำ (คะน้า ผักกาดกวางตุ้ง): คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร.
- พิมพ์รมา สำราญ, ปริญญาตรี ศรีตันทิพย์, และชิตี ศรีตันทิพย์. (2566). ผลของกรดฮิวมิกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของเมล่อนที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. ใน การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 9. ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติ โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่. 473-486.
- ยงยุทธ โอสสถภา. (2021). การใช้สารเร่งเชิงชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. *วารสารดินและปุ๋ย*, 36(1-4), 27-54.
- วิวัฒน์ ไตรีกุล, พลยุทธ สุขสมิต, และจินดารัตน์ โดกมลธรรม. (2552). *เอกสารงานวิจัยการเตรียมสารประกอบเกลือฮิวเมตจากดินปนถ่านหินจากเหมืองลิกไนต์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง*. กาญจนบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.
- สุรินทร์ รินณรงค์, อัจฉรา จิตตลดากร และพงศ์พันธุ์ เขียรศิริภู. (2559). ผลของลิโอเนาร์ไคต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้ง น.1-13. ใน การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Metzger, J. D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource technology*, 84(1), 7-14.
- Bährs, H., & Steinberg, C. E. (2012). Impact of two different humic substances on selected coccal green algae and cyanobacteria-changes in growth and photosynthetic performance. *Environmental science and pollution research*, 19, 335-346.
- Boong. (ม.ป.ป.). *พลังงานและสารอาหารจากคะน้า*. สืบค้น 6 กุมภาพันธ์ 2567, จาก <http://www.calforlife.com/th/calories/broccoli-chinese>.
- Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil science*, 59(1), 39-46.
- Cavani, L., Ciavatta, C., & Gessa, C. (2003). Identification of organic matter from peat, leonardite and lignite fertilisers using humification parameters and electrofocusing. *Bioresource Technology*, 86(1), 45-52.
- Gholami, H., Saharkhiz, M. J., Fard, F. R., Ghani, A., & Nadaf, F. (2018). Humic acid and vermicompost increased bioactive components, antioxidant activity and herb yield of Chicory (*Cichorium intybus* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 14, 286-292.
- Heil, C. A. (2005). Influence of humic, fulvic and hydrophilic acids on the growth, photosynthesis and respiration of the dinoflagellate *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller. *Harmful algae*, 4(3), 603-618.
- MacCarthy, P. (2001). The principles of humic substances. *Soil Science*, 166(11), 738-751.
- Muscolo, A., Bovalò, F., Gionfriddo, F., & Nardi, S. (1999). Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and biochemistry*, 31(9), 1303-1311.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.
- Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A., Cegarra, J., & Bernal, M. P. (1999). Relationships between water-soluble carbohydrate and phenol fractions and the humification indices of different organic wastes during composting. *Bioresource Technology*, 70(2), 193-201.
- Sellappan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(8), 2432-2438.

Tan, K. H., & Nopamornbodi, V. (1979). Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays* L.). *Plant and soil*, 51, 283-287.

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.

การผลิตผงกล้าเชื้อแบคทีเรียบาซิลลัสสูตรต้นทุนต่ำสำหรับการผลิตระดับอุตสาหกรรม อาหารสัตว์ชีวภาพ

ณัฐกร ไชยแสน¹, วุฒิกร สระแก้ว¹ และ พรรณพร กุลมา^{2*}

¹ สาขาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
59 หมู่ 13 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
59 หมู่ 13 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000

*E-mail: phannaphon_kunlama@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 089-1719939

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตผงเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* TBRC 6593 (BS) ด้วยวัสดุราคาต่ำ โดยมีขอบเขตการศึกษา ดังนี้ การศึกษาอาหารเหลวต้นทุนต่ำที่เหมาะสม การศึกษาอาหารแข็งที่เหมาะสม การศึกษาสารป้องกันเซลล์และอุณหภูมิที่เหมาะสม และการอายุการเก็บรักษา โดยผลจากการทดสอบพบว่า อาหารเหลวต้นทุนต่ำ Molasse yeast broth (MYB) เชื้อ BS มีการเจริญสูงสุด $46.30 \pm 1.13 \times 10^7$ cfu. ในส่วนอาหารแข็งที่เหมาะสมที่สุด คือ รำหยาบผสมข้าวโพดป่น มีการเจริญสูงสุด คือ $794.67 \pm 3.51 \times 10^7$ cfu สำหรับขั้นตอนการทำผงแห้ง พบว่า ช่วงอุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียสเหมาะสมต่อการอบแห้ง โดยใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารป้องกันเซลล์ สามารถเก็บรักษาผงเชื้อได้นาน 6 เดือน

คำสำคัญ : ผงเชื้อ, บาซิลลัส, อาหารต้นทุนต่ำ

Production of low-cost *Bacillus* inoculum powder for industrial scale production of biological animal feed

Phannaphon Kullama^{1*}, Wuttikorn Srakaew² and Natthakorn Chaiyasaen²

¹ Branch of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan Campus, Fai Kaeo, Phupeang, Nan, Thailand 55000

² Branch of Animal Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan Campus, Fai Kaeo, Phupeang, Nan, Thailand 55000

* E-mail: phannaphon_kunlama@hotmail.com, Tel. 089-1719939

Abstract

The purpose of this research is to study the production of *Bacillus subtilis* TBRC 6593 (BS) inoculum powder by low-cost material. The scope of study is as follow; Study appropriate low-cost media broth, study appropriate solid media, study cell protective substance and appropriate temperature and shelf life. The results found that the low-cost media broth, Molasses Yeast Broth (MYB), had the highest growth at $46.30 \pm 1.13 \times 10^7$ cfu. As for the most suitable solid media, bran mixed with cornmeal, it had the highest growth at $794.67 \pm 3.51 \times 10^7$ cfu. For the process of making dry powder, it was found that the temperature rang of 50 and 60 degrees Celsius was suitable for drying. Using rice flour as a cell protection agent and it could be stored for 6 months.

Keywords: inoculum powder, Bacillus, low cost media

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์มีแนวโน้มเป็นไปในรูปแบบการนำเศษวัสดุทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นฟางข้าว เปลือกข้าวโพด หรือ ฟืชที่ก่อปัญหาทางสิ่งแวดล้อมอย่างผักตบชวา นำมาย่อยสลายและผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ได้เป็นอาหารหมักชีวภาพที่ให้คุณค่าสารอาหารที่สูงขึ้น การใช้จุลินทรีย์มาปรับปรุงคุณภาพวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะสามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารเหลือและเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหารสัตว์ได้

แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (BS) เป็นจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่ใช้เป็นสารเสริมชีวนะเพื่อลดการใช้จ่ายปฏิชีวนะในสัตว์ได้ (สุชาติและคณะ, 2560) ไม่ก่อโรค และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อย การดูดซึมสารอาหาร เพิ่มสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพน้ำนมในโค นอกจากนี้แบคทีเรียนี้สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ (จิระศักดิ์ และคณะ, 2565) จุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถผลิตเชิงการค้าได้

สำหรับการผลิตเชิงการค้า การทำกล้าเชื้อแบบผงจะมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานทั้งสำหรับเกษตรกรที่ต้องการผลิตอาหารหมักชีวภาพเองและภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการผลิตผงเชื้อเชิงพาณิชย์ ซึ่งการศึกษากระบวนการผลิตผงเชื้อในระดับห้องปฏิบัติการโดยปกติจะมีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อมาตรฐาน เช่น Nutrient broth แล้วปั่นเหวี่ยงเก็บเฉพาะเซลล์ ซึ่งจะได้ปริมาณน้อย รวมถึงการทำแห้งทั้งแบบด้วยวิธีอุณหภูมิต่ำแต่จะใช้เวลานาน และแบบ Spray dry แต่มีราคาค่อนข้างสูง (สุวิญญาและคณะ, 2565) ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการผลิตภาคอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยครั้งนี้ ที่มุ่งประสงค์ศึกษาหาสูตรต้นทุนต่ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงแบคทีเรีย BS และวัตถุดิบทางการเกษตรราคาถูกที่สามารถใช้เลี้ยงขยายเชื้อกระบวนการทำแห้งด้วยวัสดุซับเชื้อและอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสม รวมถึงค่าอายุผงเชื้อ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โดยพื้นฐานในห้องปฏิบัติการในการทำผงกล้าเชื้อ BS จะเริ่มต้นด้วยการเลี้ยงเชื้อตั้งต้นในอาหาร Nutrient agar เพื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเชื้อ และเป็นขั้นตอนแรกในการกระตุ้นให้เชื้อเจริญอยู่ในระยะ lag เพื่อพร้อมจะเจริญเติบโต จากนั้นจะเลี้ยงในอาหารเหลวเพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ให้ได้ปริมาณมากอย่างน้อย $10^7 - 10^8$ cfu จากนั้นจะใช้วัสดุซับเซลล์ที่สามารถป้องกันเซลล์ที่ลดอัตราการตายจากกระบวนการทำแห้งด้วยความร้อน เช่น สาร Carboxy methylcellulose (CMC) ผงทาคัล นมผงพร่องมันเนย เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้หากนำมาใช้ผลิตภาคอุตสาหกรรมถือว่ามีความคุ้มค่าค่อนข้างสูง สำหรับกระบวนการทำแห้งจะมีทั้งการทำแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ เช่น การฝั่งในที่ร่ม แต่ต้องใช้เวลานาน การทำแห้งด้วยวิธี spray dry ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือ เชื้อมีอัตราการรอดชีวิตสูง แต่เครื่องมือ spray dry มีราคาค่อนข้างแพง วิธีนี้จะเหมาะกับการทำผงแห้งที่เป็นอาหาร

ในการทำผงกล้าเชื้อจุลินทรีย์องค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ สารตัวกลางหรือสารตัวพา สารป้องกันเซลล์จากอบแห้งด้วยความร้อน และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ผงเชื้อแห้งแต่ยังมีชีวิตอยู่รอดได้มาก ซึ่งจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการผลิตผงเชื้อแบคทีเรียกลุ่มบาซิลลัส โดยณัฐวิมา และคณะ, 2555 ได้เตรียมผงกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* โดยเลี้ยงบนอาหาร Nutrient agar และ Nutrient broth เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ จากนั้นนำมาผสมกับ carboxy methylcellulose 10 กรัมกับผง talc 1 กิโลกรัม แล้วนำไปฝั่งในที่ร่มให้แห้ง แล้ววัด บรรจุถุงพลาสติก เมื่อตรวจสอบการคงอยู่ของเชื้อพบว่า เชื้อสามารถมีอายุอยู่ได้ 12 เดือน แต่เมื่อเข้าสู่เดือนที่ 15 จำนวนเชื้อลดลง

เกตุการ, 2555 จุดอนุสิทธิบัตรอาหารเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* ชนิดเหลวจากแป้ง เพื่อใช้เป็นผงกล้าเชื้อถั่วเน่า โดยใช้สูตรอาหาร ซูโครส 10 กรัม K_2HPO_4 0.5 กรัม และ KH_2HPO_4 0.5 กรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร แป้งสาลี 200-400 กรัม โดยเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวก่อนแล้วจึงนำมาคลุกกับแป้งสาลี จากนั้นนำไปอบแห้ง อัตราการใช้ผงเชื้อ 1 กรัมต่อถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม

หนึ่ง และ พรรณลดา, 2557 พัฒนาสูตรอาหารเพื่อผลิตกล้าเชื้อจุลินทรีย์ชีวภาพ โดยสามารถเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารสูตร Yeast extract 0.5 กรัม กากน้ำตาล 20 กรัม K_2HPO_4 0.05 กรัม และ KH_2HPO_4 0.15 กรัม สามารถเลี้ยงให้ได้จำนวนจุลินทรีย์ $10^8 - 10^9$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และศึกษาสารช่วยยืดอายุการเก็บรักษา โดยใช้สาร PVP, PEG, หรือใช้ร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 3-4 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง โดยยังคงมีเชื้อจุลินทรีย์ 10^8 เซลล์ต่อกรัม

จิตมนัส, 2559 พัฒนาผงเชื้อ *Bacillus subtilis* โดยเลี้ยงในอาหาร molass diammoniumphosphate yeast extract เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ได้จำนวนเชื้อ 10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จากนั้นทำเป็นผงเชื้อด้วยวิธี spray dry ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส โดยใช้ แป้งมันสำปะหลังผสมกับ CMC อัตราส่วน 9:1 เป็นสารตัวพา ผสมกับเชื้อจุลินทรีย์ในอัตราส่วนเชื้อ:สารตัวพา 1:5

สุวิษญา และคณะ, 2565 ได้ศึกษาทำเชื้อ *Bacillus subtilis* เลี้ยงในอาหาร Nutrient glucose broth (NGB) ที่อุณหภูมิ 28 °ซ 180 rpm 96 ชั่วโมง (4 วัน) จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยง ล้างเซลล์ด้วยสารละลาย NaCl 0.85 % (w/v) ดูดเซลล์แบคทีเรียเข้มข้นประมาณ 10⁸ CFU/ml 20 มิลลิลิตร ผสมกับแป้งข้าวเจ้า 43.5 กรัม น้ำมันรำข้าว 1.5 มิลลิลิตร และชูโครส 5 กรัม มาอบในตู้อบลมร้อน ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นปั่นเป็นผงบรรจุถึงซีบ เชื้อสามารถมีชีวิตอยู่ได้ 12 เดือน แต่เชื้อจะค่อยๆลดจำนวนลง ทั้งนี้ในการเตรียมผงกล้าเชื้อนั้นจะมีแป้งข้าวเจ้าเป็นสารพา เพื่อเป็นแหล่งที่อยู่ของจุลินทรีย์ มีน้ำมันรำข้าวเป็นสารเหนียวช่วยให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถยึดเกาะกับสารพาพร้อมทั้งให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวใน ระหว่างการเก็บรักษา และชูโครสเป็นสารเสริมประสิทธิภาพทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารและพลังงานให้แก่เซลล์

กัญฐวุฒิ และ กฤตพร, 2562 ศึกษาทำผงเชื้อ *Lactobacillus plantarum* โดยเปรียบเทียบการใช้แป้งข้าวเจ้า และ แป้งข้าวเหนียวเป็นตัวพา โดยใส่เชื้อ 10 % แล้วอบที่อุณหภูมิ 60 °ซ พบว่า แป้งข้าวเจ้ามีจำนวนจุลินทรีย์รอดชีวิตมากกว่าแป้งข้าวเหนียว และสามารถเก็บได้นาน 30 วัน

อาทิตยาพัฒน์, 2562 ศึกษากระบวนการอบแห้งหัวเชื้อโพรไบโอติก *Enterococcus faecium* พบว่าอัตราการรอดชีวิตจากการทำแห้งโดยใช้มอลโตเด็กซ์ทรินเป็นสารป้องกันที่ดีที่สุด อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 55 องศาเซลเซียส

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้มีกรอบแนวคิดในการใช้วัสดุการผลิตเชื้อที่มีราคาถูก ใช้วัสดุทางการเกษตรที่มีราคาต้นทุนต่ำ โดยเริ่มจากการเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหาร Nutrient agar เพื่อตรวจความบริสุทธิ์ของเชื้อและกระตุ้นให้เชื้อพร้อมเจริญ จากนั้นเริ่มเลี้ยงในอาหารเหลวที่ต้นทุนต่ำ เช่น ใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน ใช้สารสกัดยีสต์เป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน ที่จำเป็น การสารเคมีราคาถูกอย่างเช่นโพแทสเซียมฟอสเฟตเป็นแหล่งฟอสเฟตสำหรับสร้างพลังงานเอทีพี ใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน จากนั้นเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อีกขั้นตอนด้วยการเลี้ยงในอาหารแข็งด้วยวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ รำหยาบ ปลายข้าวเจ้า ปลายข้าวเหนียว และข้าวโพดป่น ซึ่งขั้นตอนอาหารแข็งนี้จะช่วยให้เชื้อมีการเจริญเพิ่มได้ถึงปริมาณ 10⁸-10⁹ cfu จากนั้นจึงทำแห้งด้วยการใช้วัสดุป้องกันเซลล์ด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แล้วอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถทำให้ผงกล้าแห้งได้โดยใช้เวลาอย่างน้อย 3-5 ชั่วโมง และเป็นช่วงอุณหภูมิที่เชื่อว่าจะสามารถทนได้และมีชีวิตรอด จากนั้นจึงทดสอบอายุการเก็บผงเชื้อเพื่อทราบระยะเวลาที่จะสามารถใช้ผงเชื้อได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย

เชื้อ *Bacillus Subtilis* TRBC 6593 จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ทำการเลี้ยงเชื้อบนอาหาร Nutrient agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นชะเซลล์ด้วยน้ำกลั่นเก็บในขวดปราศจากเชื้อไว้สำหรับการทดสอบ

1 ศึกษาอาหารเหลวต้นทุนต่ำที่เหมาะสม

อาหารเหลวทดสอบ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ 1. BUU2D (กากน้ำตาล 40 กรัม สารสกัดยีสต์ 5 กรัม (NH₄)₂SO₄ 5 กรัม K₂HPO₄ 3.6 กรัม KH₂PO₄ 3 กรัม MgSO₄·7H₂O 1 กรัม น้ำ 1 ลิตร) (สิรินันท์, 2563) 2. Molasse Yeast Broth (MYB; กากน้ำตาล 20 กรัม สารสกัดยีสต์ 0.5 กรัม K₂HPO₄ 0.05 กรัม KH₂PO₄ 0.15 กรัม น้ำ 1 ลิตร) (หนึ่งและพรรณลดดา, 2557) 3. Molasse Yest Broth ใช้ น้ำข้าวข้าว 1 ลิตร แทนน้ำ 4. Nutrient Yeast Broth (NYB; สารสกัดเนื้อ 3 กรัม เปปโตน 5 กรัม สารสกัดยีสต์ 2 กรัม กลูโคส 2.5 กรัม K₂HPO₄ 2 กรัม KH₂PO₄ 0.5 กรัม น้ำ 1 ลิตร) อาหารเลี้ยงเชื้อทำปราศจากเชื้อโดยวิธีนิ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นถ่ายเชื้อ BS 10 มิลลิลิตรลงอาหารเหลว 100 มิลลิลิตร บ่มในสภาวะนิ่ง อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน นับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total plate count

2 ศึกษาอาหารแข็งที่เหมาะสม

อาหารแข็งทดสอบจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ รำหยาบ รำหยาบผสมปลายข้าวเจ้า รำหยาบผสมปลายข้าวเหนียว และ รำหยาบผสมข้างโพดป่น อาหารแข็งนี้ทำปราศจากเชื้อโดยวิธีนิ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อ

ตารางนี้ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นถ่ายเชื้อ BS 40 มิลลิลิตรลงอาหารแข็ง 100 กรัม บ่มในสภาวะนิ่ง อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน นับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total plate count

3 ศึกษาสารป้องกันเชื้อและอุณหภูมิที่เหมาะสม

สารป้องกันเชื้อทดสอบ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว นำมาทำปราศจากเชื้อโดยวิธีนิ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นโดยถ่ายเชื้อ BS 40 มิลลิลิตรลงอาหารแข็ง 100 กรัม บ่มในสภาวะนิ่ง อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นคลุกด้วยสารป้องกันเชื้อทดสอบ 100 กรัม และทดสอบอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส นับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total plate count

4 อายุการเก็บรักษา

นำตัวอย่างผงเชื้อ BS 2 ตัวอย่าง คือ ผงเชื้อที่ผสมน้ำ และ ผงเชื้อที่คลุกแป้งข้าวเจ้า บรรจุในถุงพลาสติก สภาวะอุณหภูมิห้อง ทำอายุการเก็บรักษาที่อายุ 1 - 6 เดือน นับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี Total plate count

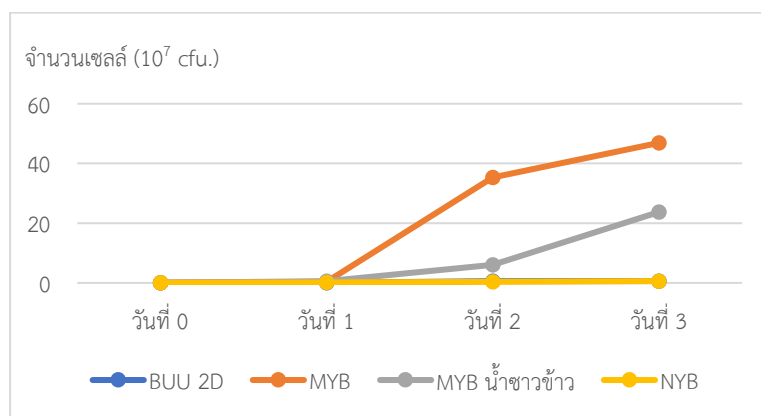
4. ผลการวิจัย

1 ศึกษาอาหารเหลวต้นทุนต่ำที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบ (ตารางที่ 1 รูปที่ 1) พบว่า BS เริ่มเพิ่มจำนวนอย่างมากหลังการเลี้ยงวันที่ 2 และเมื่อครบ 3 วัน อาหารเหลว MYB สามารถให้จำนวนแบคทีเรียมากที่สุด คือ $46.30 \pm 1.13 \times 10^7$ cfu รองลงมาคือ MYB ผสมน้ำข้าวข้าว มีแบคทีเรีย $23.75 \pm 0.03 \times 10^7$ cfu. ส่วนอาหาร BUU2D และ NYB แบคทีเรีย BS มีการเจริญค่อนข้างน้อยมาก

ตารางที่ 1 จำนวนแบคทีเรียในอาหารเหลวต้นทุนต่ำ (หน่วย: cfu)

อาหารทดสอบ	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	ต้นทุน (บาท/ลิตร)
BUU 2D	$0.07 \pm 0.01 \times 10^7$	$0.11 \pm 0.01 \times 10^7$	$0.6 \pm 0.10 \times 10^7$	$0.63 \pm 0.01 \times 10^7$	24.56
MYB	$0.06 \pm 0.01 \times 10^7$	$0.33 \pm 0.01 \times 10^7$	$35.3 \pm 0.51 \times 10^7$	$46.30 \pm 1.13 \times 10^7$	2.12
MYB น้ำข้าวข้าว	$0.05 \pm 0.01 \times 10^7$	$0.64 \pm 0.01 \times 10^7$	$6.07 \pm 0.06 \times 10^7$	$23.75 \pm 0.03 \times 10^7$	2.12
NYB	$0.04 \pm 0.01 \times 10^7$	$0.12 \pm 0.01 \times 10^7$	$0.34 \pm 0.02 \times 10^7$	$0.62 \pm 0.02 \times 10^7$	36.23



รูปที่ 1 จำนวนเชื้อ BS ในอาหารเหลวต้นทุนต่ำ

จากผลจำนวนเซลล์แบคทีเรียเมื่อเลี้ยงเป็นวันที่ 3 อาหารเหลว MYB มีจำนวนสูงที่สุด คือ $46.30 \pm 1.13 \times 10^7$ cfu พิจารณาสูตรอาหาร (ตารางที่ 5) แหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมคือ กากน้ำตาล ปริมาณที่เหมาะสมคือ 20 กรัมต่อลิตร ทั้งนี้แหล่งคาร์บอนมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลในการสร้างพลังงานและสร้างองค์ประกอบของเซลล์ แหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมคือ สารสกัดยีสต์ ด้วยเพราะสารสกัดยีสต์จะมีวิตามินบีปริมาณมากและมีสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญของเซลล์ ส่วนสาร

บัพเฟอร์(ฟอสเฟต) เป็นส่วนสำคัญในการปรับสภาวะค่ากรด-ด่างที่เกิดจากเมทาบอลิไทน์ในระหว่างการเจริญ (หนึ่งและพรรณผลดา, 2557) และฟอสเฟตยังเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการสร้างพลังงานเอทีพี

ตารางที่ 5 องค์ประกอบสูตรอาหารเหลว

สูตรอาหารเหลว		BUU 2 D	MY	MY น้ำข้าวข้าว	NBY
แหล่งคาร์บอน	กากน้ำตาล	40	20	20	-
	กลูโคส	-	-	-	2.5
แหล่งไนโตรเจน	สารสกัดยีสต์	5	0.5	0.5	2
	สารสกัดเนื้อ	-	-	-	3
	เปปโติน	-	-	-	5
	(NH ₄) ₂ SO ₄	5	-	-	-
บัพเฟอร์ (ฟอสเฟต)	K ₂ HPO ₄	3.6	0.05	0.05	2.0
	KH ₂ PO ₄	3.0	0.15	0.15	0.5
จำนวนเซลล์ (cfu)		0.63 × 10 ⁷	46.90 × 10 ⁷	23.75 × 10 ⁷	0.62 × 10 ⁷

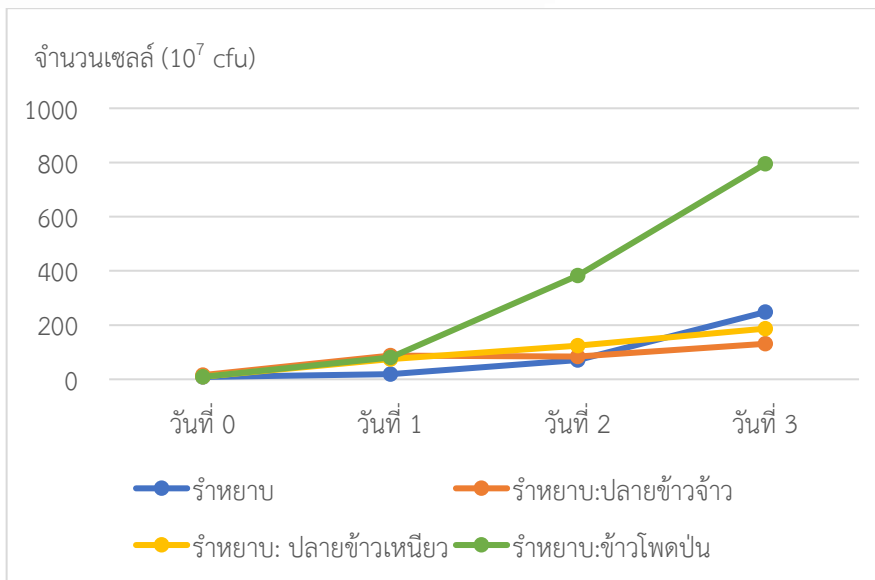
และเมื่อพิจารณาราคาดัชนีต้นทุนต่อลิตร (ตารางที่ 1) อาหาร MYB มีราคาดัชนีต้นทุนต่ำที่สุด คือ 2.12 บาทต่อลิตร เมื่อเทียบกับอาหารมาตรฐาน NYB ที่มีราคาสูงถึง 36.23 บาทต่อลิตร ซึ่งหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นในรูปแบบอุตสาหกรรม สูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด คือ สูตร MYB

2 ศึกษาอาหารแข็งที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบอาหารแข็ง (ตารางที่ 2 รูปที่ 2) พบว่า อาหารแข็งสูตรร่าหยาบผสมข้าวโพดป่น เพิ่มจำนวนได้มากที่สุด คือ 794.67±3.51 × 10⁷cfu รองลงมาคือ ร่าหยาบมีจำนวนเซลล์ 248.67±1.15 × 10⁷cfu

ตารางที่ 2 จำนวนแบคทีเรียในอาหารแข็ง (หน่วย: cfu)

อาหารทดสอบ	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	ราคาดัชนี (บาท/กิโลกรัม)
ร่าหยาบ	8.67±0.31 × 10 ⁷	19.37±0.58 × 10 ⁷	70.33±0.57 × 10 ⁷	248.67±1.15 × 10 ⁷	5
ร่าหยาบ:ปลายข้าวข้าว	15.67±1.76 × 10 ⁷	88.33±1.53 × 10 ⁷	83.50±1.50 × 10 ⁷	131.00±2.00 × 10 ⁷	12.5
ร่าหยาบ:ปลายข้าวเหนียว	9.75±0.10 × 10 ⁷	75.33±2.52 × 10 ⁷	124.33±0.58 × 10 ⁷	187.67±2.08 × 10 ⁷	12.5
ร่าหยาบ:ข้าวโพดป่น	9.17±0.85 × 10 ⁷	80.44±1.50 × 10 ⁷	383.89±6.00 × 10 ⁷	794.67±3.51 × 10 ⁷	9



รูปที่ 2 จำนวนเชื้อ BS ในอาหารแห้ง

จากผลการทดสอบอาหารแห้ง (ตารางที่ 2) อาหารแห้งสูตร รำผสมข้าวโพดป่นสามารถเพิ่มจำนวนได้มากที่สุดคือ $794.67 \pm 3.51 \times 10^7$ cfu มีราคาต้นทุน 9 บาทต่อกิโลกรัม สูตรอาหารที่มีจำนวนแบคทีเรียรองลงมาคือ รำหยาบอย่างเดียว มีจำนวนเซลล์ $248.67 \pm 1.15 \times 10^7$ cfu แต่มีราคาต้นทุน 5 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเมื่อผลิตในระดับอุตสาหกรรม สูตรรำหยาบอย่างเดียวจะเหมาะสมที่สุด

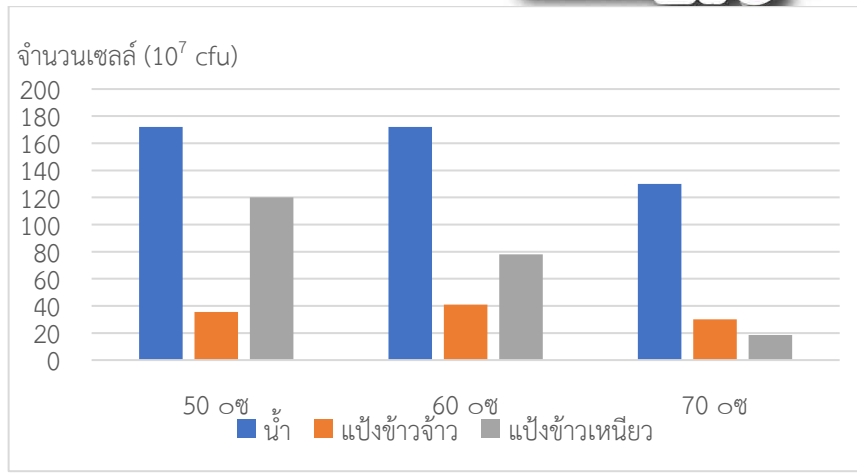
3 ศึกษาสารป้องกันเชื้อและอุณหภูมิที่เหมาะสม

จากการทดสอบสารป้องกันเชื้อ ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3 รูปที่ 3) พบว่า ผงเชื้อที่ผสมน้ำ จะมีค่าจำนวนจุลินทรีย์สูงสุดในทุกอุณหภูมิ และผงเชื้อผสมแป้งข้าวเหนียวให้ค่าจำนวนจุลินทรีย์รองลงมาที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งผงเชื้อ คือ 50 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรเกิน 60 องศาเซลเซียส สารป้องกันเชื้อจากผลการทดลองพบว่า น้ำ มีผลจำนวนจุลินทรีย์สูงสุด รองลงมาคือ แป้งข้าวเหนียว และต่ำที่สุดคือแป้งข้าวจ้าว

ตารางที่ 3 จำนวนแบคทีเรียในผงเชื้อเมื่อมีใช้สารป้องกันเชื้อ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส (หน่วย: cfu)

อาหารทดสอบ	จำนวนเซลล์หลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ (cfu)			ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)
	50 °ซ	60 °ซ	70 °ซ	
น้ำ	172.00×10^7	172.00×10^7	130.00×10^7	0.75
แป้งข้าวจ้าว	35.50×10^7	41.00×10^7	30.00×10^7	36
แป้งข้าวเหนียว	120.00×10^7	78.00×10^7	18.50×10^7	45



รูปที่ 3 จำนวนเชื้อ BS ที่คลุกกับสารป้องกันเซลล์แล้วนำไปอบแห้ง

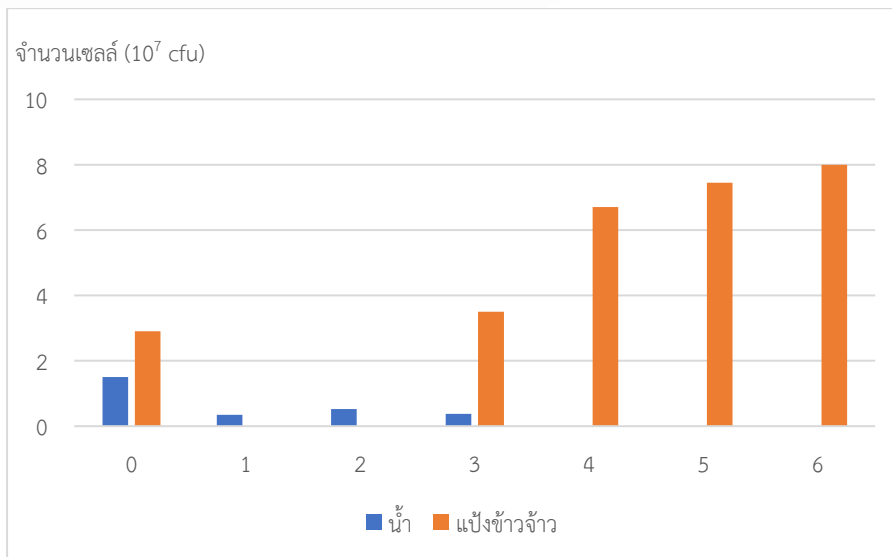
4 อายุการเก็บรักษา

จากผลการทดสอบสารป้องกันเซลล์ ได้เลือกผงเชื้อผสมน้ำ และผงเชื้อผสมแป้งข้าวเจ้า มาทดสอบการเก็บรักษา เป็นเวลา 6 เดือน เนื่องด้วยเพื่อพิจารณาถึงต้นทุนราคาแป้งข้าวเจ้า 36 บาทต่อกิโลกรัม และแป้งข้าวเหนียว 45 บาทต่อกิโลกรัม แป้งข้าวเจ้ามีราคาที่ถูกกว่า และจากการตรวจอายุการเก็บรักษาเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4 รูปที่ 4) พบว่า ผงเชื้อที่คลุกกับแป้งข้าวเจ้าสามารถเก็บรักษาจำนวนเซลล์ได้นานถึง 6 เดือน

ตารางที่ 4 อายุการเก็บรักษา 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	จำนวนเชื้อในสารป้องกันเซลล์ (10 ⁷ cfu)	
	น้ำ	แป้งข้าวเจ้า
0	1.5	2.9
1	0.35	-
2	0.52	-
3	0.38	3.5
4	0	6.7
5	0	7.45
6	0	8

หมายเหตุ - ไม่ได้ทดสอบ



รูปที่ 4 อายุการเก็บรักษาผงเชื้อเป็นเวลา 6 เดือน

จากศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่า ผงเชื้อแบคทีเรียผสมน้ำเมื่อผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนแม้จะมีจำนวนแบคทีเรียอยู่จำนวนมาก แต่เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องกลับมีอายุการเก็บรักษาสั้น อีกทั้งเชื้อแบคทีเรียมีการลดจำนวนอย่างรวดเร็ว แสดงว่า รำหยาบไม่สามารถรักษาเซลล์แบคทีเรียไว้ได้ สำหรับผงเชื้อแบคทีเรียที่ผสมแป้งข้าวเจ้านั้นมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 6 เดือน และจำนวนแบคทีเรียก็ไม่ได้ลดลง การที่แป้งข้าวเจ้าสามารถช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียได้ดีเพราะอนุภาคแป้งข้าวเจ้ามีขนาดเล็กประมาณ 2-5 ไมครอน และลักษณะอนุภาคมีความสม่ำเสมอจึงช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียได้ดี (สุวรรณยา และคณะ, 2564) แต่หากพิจารณาในแง่การผลิตเชิงอุตสาหกรรม แป้งข้าวเจ้าถือว่ามีความคุ้มค่าต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจมีการศึกษาหาสารป้องกันเซลล์ที่มีต้นทุนต่ำกว่านี้

5. สรุป

ดังนั้นในกระบวนการผลิตผงกล้าเชื้อแบคทีเรีย BS หลังจากมีการตรวจสอบความบริสุทธิ์เชื้อและกระตุ้นให้เชื้ออยู่ในสภาวะพร้อมเจริญเติบโตแล้ว ขั้นตอนการเพิ่มจำนวนด้วยอาหารเหลวต้นทุนต่ำจะใช้อาหารเหลวสูตร MYB ที่มีราคาต้นทุน 2.12บาทต่อลิตร จากนั้นถ่ายเชื้อลงสู่ขั้นตอนอาหารแข็งโดยใช้รำหยาบในการเลี้ยงแบคทีเรีย เมื่อได้เชื้อปริมาณมากเพียงพอแล้วก่อนอบแห้งควรคลุกผงเชื้อ BS ด้วยแป้งข้าวเจ้า แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานอย่างน้อย 6 เดือน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยจากบริษัท ไปโอแอ็กซ์เซล จำกัด และขอขอบคุณสำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในการสนับสนุนเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ในการสนับสนุนสถานที่ทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

กัญฐวุฒิ บุญมี และ กฤตพร รำจวนเกียรติ. 2562. การเตรียมกล้าเชื้อผงสำหรับการผลิตผักกาดทอง. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ.2562.

เกตุดากร ดาจันทร์. 2555. อาหารเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* ชนิดเหลวจากแป้ง. อนุสิทธิบัตร เลขที่ 9285.

จิตมนัส นิกากิจ. 2559. การพัฒนาสูตรและวิธีการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เพื่อควบคุมโรคเน่าและของผักกาดเขียวปลี. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง, อรวิมล แก้วเกลี้ยง, วรธนา อ่างทอง, ไร่ไพโร นามสีลี และ ปฎิมา บุตรชา. (2565). ผลการใช้จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* เป็นโพรไบโอติกต่อลักษณะทางชีวเคมีในกระเพาะรูเมน การย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของ วัตถุประสงค์อาหารสัตว์และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ในโคเนื้อ. การประชุมสัมมนาการพัฒนาอาหารสัตว์ ประจำปี 2565 สืบค้นจาก <https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/2015-08-06-08-47-33/2417-65>.
- ณัฐธิดา ไชยเชษฐา, ดารุณี ปุณณพิตักษ์, ทิพวรรณ กันหาญาติ, รุ่งนภา ทองเคิ่ง, วิภาดา ทองทักษิณ และ สุธามาศ ณ น่าน. 2555. การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ชนิดผง *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ 4415 และ สายพันธุ์ดินอ้อย no 6 เพื่อควบคุมโรค ทืดของปทุมมา. รายงานผลงานวิจัยประจำปี ๒๕๕๕ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.
- สรวรยา ปัญญานนท์, วรณรัตน์ เฉลิมแสนยากร, ชนกภัทร ผดุงอรอด และ ลักขมี หมื่นศรีธาราม. 2564. การพัฒนารูปแบบการ ผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปเพื่อการผลิตสับปะรดไซเดอร์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 39(2) : 141-147.
- สิรินันท์ สิทธิชัย. 2563. การพัฒนาสูตรอาหารผลิตถั่วเหลืองเพื่อลดต้นทุนกระบวนการผลิตเอทานอลในระดับ อุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุชาติ สงวนพันธุ์, ภาคอร อัครมธุราภุ และ นวลจันทร์ พารักษา. 2560. การศึกษาประสิทธิภาพของสารเสริมชีวณะ (*Bacillus subtilis*) ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ. วารสารแก่น เกษตร. 45(2) : 255-262.
- สุวิชญา บัวชาติ, ประภาพร พวงพี และ ณัฐวรรณ แจ่มใส. 2565. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. Ks5 ในการส่งเสริมการ เจริญเติบโตของพืช และควบคุมเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ที่เป็นสาเหตุโรคขอบใบแห้งในข้าว. วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มจร. 7(2) : 63-71.
- หนึ่ง เตียอำรุง และ พรรณลดา ติตตะบุตร. 2557. การพัฒนาสูตรอาหารเพื่อการผลิตและการยืดอายุการเก็บรักษาหัวเชื้อจุลินทรีย์ ชีวภาพทางการเกษตร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- อาทิตยาพัฒน์ กันนิกา. 2562. การศึกษาสภาวะการเพาะเลี้ยงและกระบวนการอบแห้งเพื่อผลิตหัวเชื้อโพรไบโอติกด้วยกากถั่ว เหลือง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา ชีววิทยาประยุกต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ระบบปัญญาประดิษฐ์ความแม่นยำสูงสำหรับนับจำนวนและแบ่งส่วนลูกกึ่ง โดยใช้กระบวนการเตรียมข้อมูลอัตโนมัติและเทคนิคการถ่ายทอดความรู้

นายปฏิพนธ์ ตียะปัญญาจิตต์¹, นายทินภัทร เสียมไหม¹, นายวชิรวิชัย ปรีชาอักษรพัฒน์¹,
ดร.ชนติ จันทรโชติชัชวาล¹, ดร.กอบชัย ดวงรัตนเลิศ¹ และ ผศ.ดร.วิทชุกร ภูทอง*²

¹ บริษัท ไอ-ซินิกซ์ จำกัด 19/60 หมู่บ้านนนทวัน-วัชรพล ซอย 12, ถนนสุขุมวิท 5 ซอย 28,
แขวงออเงิน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 102202

² ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*witchukorn.ph@ku.th, 096-245-9669

บทคัดย่อ

กึ่งขาวแวนนาไม่เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม การนับจำนวนลูกกึ่งซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญ ยังมีการสูญเสียจากความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้แรงงานมนุษย์ ปัญญาประดิษฐ์ (AI) จึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ แต่การพัฒนา AI จำเป็นต้องใช้ข้อมูลคุณภาพสูงซึ่งจำเป็นต้องใช้ทั้งแรงงาน และทรัพยากรจำนวนมาก โครงการนี้พัฒนาระบบการนับจำนวนลูกกึ่งด้วย AI โดยเริ่มที่การพัฒนาเทมเพลตที่เสริมด้วย ArUco tags และอัลกอริทึมประมวลผล สำหรับถ่ายภาพ ซึ่งทำให้สามารถถ่ายได้ในทุกสภาพแวดล้อมโดยให้อัตราการสำเร็จสูงกว่า 90% จากนั้นได้พัฒนาโมเดลการแบ่งส่วนลูกกึ่ง เริ่มต้นด้วยการสร้างชุดข้อมูลอัตโนมัติด้วย GroundedSAM ซึ่งสุดท้ายได้ผลลัพธ์ recovery rate สูงกว่า 50% จากนั้นส่งต่อข้อมูลเพื่อทำ knowledge distillation ด้วย curriculum training strategy กับโมเดล YOLOv8 เพื่อสร้างโมเดลประสิทธิภาพสูงขนาดเล็ก ซึ่งสุดท้ายได้ความแม่นยำสูงถึง 94.7% การวิจัยนี้พัฒนาเครื่องมือและสร้างชุดข้อมูล ส่งเสริมการพัฒนาเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมกึ่งต่อไป

คำสำคัญ: กึ่งขาวแวนนาไม่, ปัญญาประดิษฐ์

High-Precision AI System for Counting and Segmenting Shrimp Post-Larvae Using Automated Data Preparation and Knowledge Distillation Techniques

Patipond Tiyaunjanit¹, Thinnaphat Siammai¹, Vachiravit Preechaakharaphat¹,
Chanati Jantrachotechatchawan¹, Ph.D., Kobchai Duangrattanaalert¹,
Ph.D. and Assist. Prof. Witchukorn Phuthong, Ph.D. ^{*,2}

¹ Ai-xenix 19/60 Nantawan-Watcharapol Villa soi-12, Sukhapibal 5 Rd. soi-28,
Aungern, Saimai, Bangkok, 10220 THAILAND

² Department of Physics, Faculty of Science, Kasetsart University 50
Ngamwongwan, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900 THAILAND

*witchukorn.ph@ku.th, 096-245-9669

Abstract

White shrimps are economically significant in aquaculture, but traditional shrimp larvae counting methods are prone to human error, leading to losses. This project introduced an AI-based counting system that started with a template enhanced with ArUco tags and an algorithm capable of imaging in varied environments with a 90% success rate. Subsequently, a shrimp larvae segmentation model was developed using automatic dataset generation via GroundedSAM, achieving a 50% recovery rate. The system was further refined through knowledge distillation and curriculum training with the YOLOv8 model, resulting in a high-performance model with 94.7% accuracy. This initiative not only advanced shrimp larvae counting but also supported the broader development of AI tools in the shrimp industry.

Keywords: Vannamei shrimp, Artificial intelligence

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก จากรายงานของตลาดกุ้งและผลิตภัณฑ์ทั่วโลก พบว่าในปี 2565 มีมูลค่าสูงถึง 69,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือประมาณ 2.54 ล้านล้านบาท โดยคาดการณ์ว่าในช่วงปี 2566 ถึง 2573 อัตราการเติบโตแบบทบต้นจะเพิ่มขึ้นมากกว่า 5% ต่อปี (Grand View Research, 2022) (กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, 2562) เนื่องจากแนวโน้มการบริโภคที่เน้นสุขภาพที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน กุ้งซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนสูงและมีไขมันต่ำ จึงกลายเป็นทางเลือกอาหารที่ตอบโจทย์ความต้องการของโลกได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ในกลุ่มประเทศที่อุตสาหกรรมอาหารทะเลขนาดใหญ่อย่างประเทศไทย การซื้อขายลูกกุ้งยังจำเป็นต้องมีการนับลูกกุ้งทีละตัวโดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญงาน ซึ่งทำให้กระบวนการส่งออกลูกกุ้งใช้เวลานานและมีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูง นำไปสู่การสูญเสียประมาณ 20% หรือคิดเป็นมูลค่า 60,000-120,000 บาท ต่อโรงเพาะฟักต่อเดือน (กรุงเทพฯธุรกิจ, 2564) กระบวนการนี้มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสีย

ปัญญาประดิษฐ์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตาม หนึ่งในขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดของการพัฒนาเทคโนโลยีนี้คือการจัดเตรียมข้อมูล เช่น การถ่ายภาพ และใส่คำอธิบายหรือ annotation (Li et al., 2021) ซึ่งต้องใช้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ทำให้อุตสาหกรรมบางประเภท เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยังไม่สามารถนำมาใช้ได้อย่างทั่วถึงเนื่องจากการเก็บข้อมูลที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน และต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ

จากเหตุผลข้างต้นทำให้คณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาเครื่องมือเพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึง AI ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยคัดแยกลูกกุ้งได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ลดเวลาและความผิดพลาด รวมถึงลดการสูญเสียที่มีมูลค่าสูง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปต่อยอดช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้เกษตรกรตัดสินใจได้อย่างมีข้อมูลสนับสนุนและเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืน ทั้งยังสามารถนำไปต่อยอดในการเฝ้าระวังและป้องกันโรคในลูกกุ้ง ช่วยให้การผลิตมีความต่อเนื่องและมีคุณภาพสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 พัฒนาระบบจับภาพลูกกุ้งความแม่นยำสูงเพื่อนับจำนวนลูกกุ้ง โดยมีอัลกอริทึมเพื่อ standardize ภาพโดยการทำการ Perspective transformation, White balance correction และ Gamma correction ที่สามารถรองรับการถ่ายภาพจากทุกมุมมองที่มุมเฉียงตั้งแต่ 30 - 90 องศาจากแกนแนวตั้งของหน้าถาด การตั้งค่าสีภายในตัวเครื่องแตกต่างกัน และค่าแสงที่แตกต่างกันได้

1.2.2 พัฒนาโมเดลขนาดเล็กจากฐานที่เป็น YOLOv8 ที่สามารถตรวจจับจำนวนลูกกุ้งได้อย่างแม่นยำ และมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10% โดยการเทรนด้วยชุดข้อมูลที่เตรียมที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยใช้ภาพลูกกุ้งที่แบ่งส่วนอัตโนมัติโดย GroundedSAM ซึ่งเป็นโมเดลขนาดใหญ่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและทดลองนี้มุ่งพัฒนาระบบนับจำนวนลูกกุ้งความแม่นยำสูงด้วยปัญญาประดิษฐ์สำหรับอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยใช้หลักการ ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) มีถิ่นกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกเฉียงใต้ ปัจจุบันนิยมเพาะเลี้ยงทั่วโลก เนื่องจากเจริญเติบโตเร็ว ด้านทานโรคได้ดี ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมหลากหลาย มีเปลือกบาง สีขาวโปร่งใส เนื้อหวานแน่น การเพาะเลี้ยงง่ายและให้ผลผลิตสูง นิยมในเอเชียและอเมริกาใต้

2.2 Perspective Transformation

Perspective Transformation ในการประมวลผลภาพคือเทคนิคแก้ไขมุมมองของภาพให้ดูตรงเหมือนถ่ายจากด้านบน เริ่มจากการระบุจุดสำคัญบนเอกสารในภาพเดิม แล้วคำนวณเมทริกซ์การแปลงมุมมองเพื่อปรับพิคเจอร์ภาพ วิธีนี้ช่วยสร้างภาพสแกนเอกสารคุณภาพสูงแม้ถ่ายในมุมที่ไม่เหมาะสม

2.3 White Balance Correction

White Balance Correction คือเทคนิคปรับสมดุลสีในการถ่ายภาพและประมวลผลภาพ เพื่อให้สีในภาพตรงกับที่ตามนุษย์เห็นในสภาพแสงจริง แสงต่างชนิดอาจทำให้วัตถุสีขาวปรากฏเป็นสีอื่น เช่น เหลืองในแสงไฟหรือน้ำเงินในแสงธรรมชาติ เทคนิคนี้ปรับค่าสีให้สมดุล ทำให้สีขาวและสีอื่นๆ เทียงตรงมากขึ้น

2.4 Gamma Correction

Gamma Correction เป็นเทคนิคการปรับความสว่างของภาพให้สอดคล้องกับการรับรู้ของตามนุษย์ โดยการปรับค่าแกมมา โดยควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างจริงของวัตถุกับความสว่างบนหน้าจอ ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาภาพมืดหรือสว่างเกินไป เพื่อให้ภาพสมดุลและเป็นธรรมชาติมากขึ้น

2.5 GroundedSAM

GroundedSAM เป็นโมเดลการแบ่งส่วนภาพแบบ zero-shot ที่สามารถแยกแยะวัตถุในภาพโดยไม่ต้องการข้อมูลการฝึกสอนเพิ่มเติม โมเดลนี้รวมความรู้จากโมเดลภาษาธรรมชาติและวิสัยทัศน์ ทำให้สามารถระบุตำแหน่งวัตถุใหม่ ๆ ที่ไม่เคยพบเจอมาก่อนในภาพได้อย่างแม่นยำ GroundedSAM (Ren et al., 2024)

2.6 Machine learning

Machine learning คือสาขาย่อยของ Artificial intelligence ที่ใช้อัลกอริทึมและโมเดลสถิติเพื่อให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้และพัฒนาประสิทธิภาพจากข้อมูล โดยแปลงข้อมูลเป็นตัวเลขและหาความสัมพันธ์เพื่อสร้างกฎการทำนาย นิยมใช้ในหลายสาขาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำนาย (Quach et al., 2020)

2.7 Deep learning

Deep learning เป็นสาขาย่อยของ Machine learning โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) หลายชั้นเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของข้อมูลอัตโนมัติ ซึ่งจำลองการทำงานของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์ ข้อมูลตัวอย่างจะถูกใช้ในการตรวจจ็บบรูปแบบและจัดหมวดหมู่ข้อมูล

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การพัฒนาระบบ standardize รูปภาพ

3.1.1 เติมเพลตสำหรับการเก็บข้อมูล

สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 15x15 เซนติเมตร ที่มี ArUco tags ชนิด April tag16H5 ติดทั้ง 4 มุม ขนาด 1 เซนติเมตร และพื้นที่ตรงกลางเป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสสำหรับวางลูกกอล์ฟ ซึ่งมีขนาด 12 x 12 เซนติเมตร โดยเทมเพลตนี้พิมพ์ลงบนวัสดุพีวีซีบอร์ดสีขาวล้วน ดังรูปภาพที่ 1

3.1.2 พัฒนาระบบจัดเตรียมรูปภาพ (สำหรับการใช้งานจริงและการพัฒนาโมเดล)

การปรับแปลงภาพด้วยเทคนิคต่างๆประกอบไปด้วย การตรวจจ็บบมาร์กเกอร์ (ArUco marker matching), การแปลงมุมมอง (perspective transformation), การปรับสมดุลสีขาว (white balance correction), การปรับแกมมา (gamma correction) และ การตัดภาพ (Image crop) ดังรูปภาพที่ 2 โดยใช้เครื่องมือใน OpenCV พร้อมกับเขียนโค้ดด้วยภาษา Python โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.2.1 การตรวจจ็บบมาร์กเกอร์ (ArUco marker matching): ภาพถูกนำเข้าสู่ระบบผ่านฟังก์ชัน cv2.imread ก่อนใช้ฟังก์ชัน cv2.aruco.ArucoDetector สำหรับระบุตำแหน่งของ ArUco tags เพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการทำ Perspective Transformation

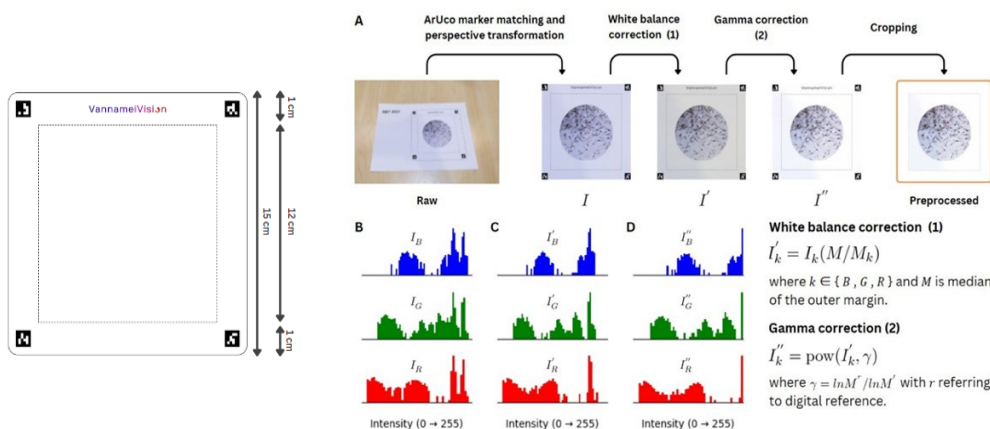
3.1.2.2 การแปลงมุมมอง (Perspective Transformation): ในขั้นตอนนี้จะทำ 2D images geometrical transformations เพื่อกำหนดจุดที่ภาพจะถูกแปลงมุมมองไปยังมุมมองมาตรฐานที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าใหม่ โดยใช้ cv2.getPerspectiveTransform และ cv2.warpPerspective ซึ่งภาพจะถูกปรับเปลี่ยนมุมมองให้ตรงกับความต้องการ

3.1.2.3 การปรับสมดุลสีขาว (White Balance Correction): การปรับสมดุลสีขาวเริ่มด้วยการคำนวณค่ามัธยฐานของแต่ละช่องสีในพื้นที่บริเวณขอบนอกของเทมเพลต เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นสีขาว (ไม่มีกึ่งวางทับ) และใช้ค่านี้เพื่อปรับสมดุลสีแต่ละช่องให้มีความสม่ำเสมอ

3.1.2.4 การปรับแกมมา (Gamma Correction): การปรับแกมมาทำโดยการเปรียบเทียบความเข้มของแสงในภาพอ้างอิงกับภาพต้นฉบับ (ภาพต้นฉบับคือเทมเพลตเปล่า) ค่าแกมมาจะถูกคำนวณจากค่ามัธยฐานของความเข้มแสง และใช้ในการปรับแกมมาของภาพต้นฉบับเพื่อให้ความสว่างเท่ากับภาพอ้างอิง

3.1.2.5 การตัดภาพ (Cropping): ขั้นตอนสุดท้ายคือการตัดภาพที่แปลงแล้วเพื่อให้เหลือเพียงบริเวณที่มีลูกกึ่ง (สี่เหลี่ยมใน) โดยกำหนดขนาดและตำแหน่งใหม่ที่ต้องการในการวิเคราะห์

ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพที่มีมุมมอง, สมดุลสี, และระดับแสงที่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานและการวิเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพด้วย Deep learning model ต่อไป



รูปที่ 1 เทมเพลตที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ 2 ภาพรวมการทำงานของระบบ

3.1.3. เก็บข้อมูลรูปภาพเพื่อทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึม



รูปที่ 3 ภาพตัวอย่างของข้อมูลรูปภาพเพื่อทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึม

รวบรวมรูปภาพเทมเพลตที่มี พื้นหลัง สีดำ (Black) ลายหิน (Stone) และลายไม้ (Wooden) มุมขนาด 30, 45, 60, และ 90 องศา ระยะห่าง 5, 10, และ 15 ฟุต ถ่ายจาก 4 ฟัง อย่างละ 3 ซ้ำ รวมจำนวน 432 รูป

3.1.4. ทดสอบประสิทธิภาพ

ทดสอบเพื่อดู success rate (อัตราการสำเร็จจากการดึงภาพ original เป็นมุมตรงจากด้านบนของ เทมเพลต และ structural similarity (SSIM) (ความเหมือนของรูปภาพหลังผ่านการประมวลผลเมื่อเทียบกับรูปภาพอ้างอิงในดิจิทัล) เพื่อสร้างเป็น bar chart และทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA และ t-test

3.2 พัฒนาโมเดลเพื่อการแบ่งส่วนวัตถุสำหรับลูกกึ่ง

3.2.1 การเตรียมข้อมูลรูปภาพ (dataset 1 สำหรับการทำ detection and segmentation model)

เตรียมลูกกึ่ง PL12 ที่ผ่านการเลี้ยงและควบคุมโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ โดยให้อาหาร 0.5 กรัมต่อมื่อ จำนวน 4 ครั้งต่อวัน ต่อลูกกึ่งจำนวนประมาณ 1,000 ตัว วางลูกกึ่งบนเทมเพลต ในขั้นตอนก่อนหน้า และถ่ายรูปเพื่อสร้างข้อมูลรูปภาพของลูกกึ่ง โดยแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ

- ความหนาแน่นของลูกกึ่งที่ 50 ตัวต่อเทมเพลต ถ่ายทั้งหมด 5 ชุด ชุดละ 10 รูป รวม 50 รูป
 - ความหนาแน่นของลูกกึ่งที่ 75 ตัวต่อเทมเพลต ถ่ายทั้งหมด 2 ชุด ชุดละ 10 รูป รวม 20 รูป
 - ความหนาแน่นของลูกกึ่งที่ 100 ตัวต่อเทมเพลต ถ่ายทั้งหมด 2 ชุด ชุดละ 10 รูป รวม 20 รูป
- โดยจะมีจำนวนรูปภาพรวมทั้งหมด 90 รูป

3.2.2. การใส่คำอธิบายเพื่อการแบ่งส่วนวัตถุด้วย GroundedSAM

การทดลองนี้ใช้ GroundedSAM ที่รวมเทคนิค GroundingDINO กับ Segment Anything Model (SAM) เพื่อแบ่งส่วนลูกกุ้งอัตโนมัติด้วยคำอธิบายจากรูปภาพที่ได้ คณะผู้วิจัยสร้างคำอธิบายหลายรูปแบบจากลักษณะที่สังเกตได้จากลูกกุ้ง และปรับเปลี่ยนรูปแบบคำเพื่อเพิ่มความหลากหลาย เช่น สลับตำแหน่งและปรับคำศัพท์ รวมถึงใช้ทั้งรูปเอกพจน์และพหูพจน์ เพื่อประเมินความสามารถในการแยกแยะวัตถุอย่างชัดเจน ผลลัพธ์จากการทดลองประกอบด้วยคำอธิบายทั้งหมด 10 รูปแบบ คือ

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์จากการทดลองประกอบด้วยคำอธิบายทั้งหมด 10 รูปแบบ

	Singular	Plural		Singular	Plural
1	shrimp post-larva	shrimp post-larvae	6	larva	larvae
2	shrimp post larva	shrimp post larvae	7	shrimp larva	shrimp larvae
3	post-larval shrimp	post-larval shrimps	8	larval shrimp	larval shrimps
4	post larval shrimp	post larval shrimps	9	post-larva	post-larvae
5	shrimp	shrimps	10	post larva	post larvae

จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการแบ่งส่วนวัตถุของ Captions ทั้งหมดที่ถูกสร้าง ด้วยข้อมูลรูปภาพลูกกุ้งที่มีความหนาแน่น 50 ตัวต่อเทมเพลต กลุ่ม 1-3 โดยเปรียบเทียบค่า Recovery rate (สมการที่ 1) และทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA

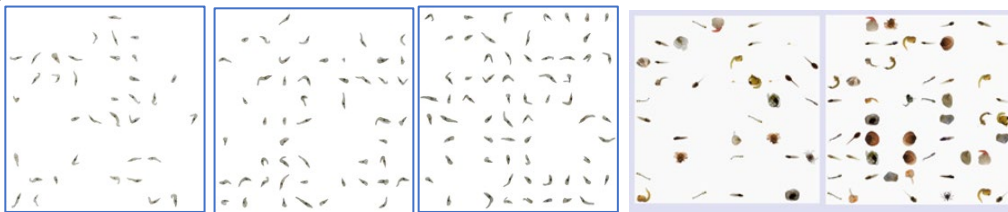
$$Recovery Rate (\%) = \left(\frac{M_{recovered}}{M_{initial}} \right) \times 100 \quad (1)$$

โดย $M_{recovered}$ คือ จำนวนลูกกุ้งที่โมเดลสามารถตรวจจับได้บนเทมเพลต $M_{initial}$ คือ จำนวนลูกกุ้ง ทั้งหมดบนเทมเพลต

3.3 การทำ knowledge distillation กับโมเดล YOLOv8

3.3.1 การสร้างชุดข้อมูลเทียมเพื่อการทำ curriculum training strategy

ใช้ caption จากระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อสั่งโมเดล GroundedSAM ให้ annotate และ segment ลูกกุ้งจากรูปภาพใน dataset 1 ชุด 1-3 ของข้อมูลที่มีความหนาแน่นของลูกกุ้ง 50 ตัว (Training set) และมาวางลงบนสี่เหลี่ยมสีขาวขนาด 120 x 120 pixels จำนวน 10 x 10 grids โดยควบคุมความหนาแน่นด้วย Binomial switch ที่ 25, 50 และ 75 ตัว โดยแต่ละความหนาแน่นมี 500 รูป รวม 1,500 รูป แต่ละภาพย่อทำ augmentation (Taylor และ Nitschke, 2018) สร้างข้อมูลชุด negative sample ด้วยตัวอ่อนสัตว์อื่นหน้าตาคล้ายลูกกุ้งด้วยวิธีการเดียวกัน



รูปที่ 4 ตัวอย่างรูปภาพ positive data และ negative data

3.3.2 การสอนโมเดลด้วย curriculum training strategy

เลือก YOLOv8 (Terven et al., 2023) ที่มีความแตกต่างกันของความซับซ้อนและทรัพยากรที่ต้องใช้ โดยเทรนโมเดล YOLOv8 จำนวน 5 ไชล์ ได้แก่ Nano, Small, Medium, Large และ Extra-Large โมเดลละ 10 cycles cycle ละ 25 epochs ด้วย synthetic data ที่เพิ่มความหนาแน่นของรูปลูกกุ้ง จาก 25, 50 และ 75 ตัว ซึ่งได้มาจากการแบ่งส่วน (segmentation) โดยใช้ GroundedSAM นั่นคือ เป็นการนำความรู้จากโมเดลขนาดใหญ่ (GroundedSAM) มาสอนโมเดลที่มีขนาดเล็กกว่า (YOLOv8) หรือที่เรียกว่า knowledge distillation โดยงานวิจัยนี้ใช้ระบบของ autodistill (Roboflow, 2023)

3.4 ทดสอบประสิทธิภาพโมเดล

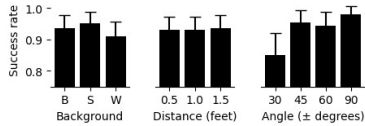
ทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล YOLOv8 ทั้งหมด 5 ไชล์ ด้วย dataset 1 กลุ่ม 5 (evaluation set) negative sample และ synthetic data ที่ความหนาแน่น 50, 75 และ 100 ตัวต่อเทมเพลต ด้วย metrics 3 ค่า precision (TP/(TP+FP)), recall (TP/(TP+FN)), และ mAP50 (สมการที่ 2)

$$mAP50 = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n AP50_i \quad (1)$$

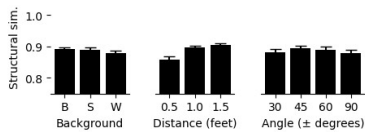
โดยที่ AP50 คือ พื้นที่ใต้กราฟของ Precision Recall curve ที่ IoU หรือ อัตราการซ้อนทับระหว่าง box หรือ mask ของ Ground truth และ Predicted มีค่าน้อยกว่า 50% โดยที่ n = 1 (จำนวน class)

4. ผลการวิจัย

4.1 การพัฒนาระบบ standardize รูปภาพผลการทดสอบประสิทธิภาพ



รูปที่ 5 กราฟแท่งแสดง success rate



รูปที่ 6 กราฟแท่งแสดง average ssim

จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA พบว่าเฉพาะ Angle ที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพการ standardize รูปภาพอย่างมีนัยสำคัญ (p-value > 0.01) ดังตารางที่ 2 และมีเพียงมุมที่ 30 ค่าประสิทธิภาพ น้อยกว่า 0.9 จากการทดสอบ One-sample t-test สำหรับคะแนนความคล้ายคลึง (similarity score: SSIM) พบว่า Background และ Distance มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ Angle มีผลน้อยกว่าอีก 2 ตัวแปรดังตารางที่ 3 และทุกค่าตัวแปรทำให้ได้ประสิทธิภาพใกล้เคียง 0.9

ตารางที่ 2 แสดงผล ANOVA ของ success rate

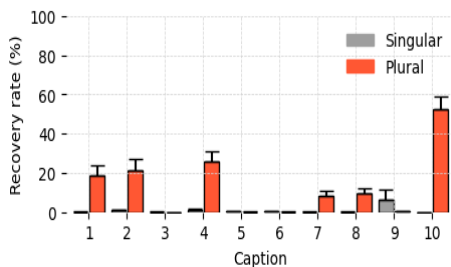
Variable	sum_sq	df	F	PR(>F)
BACKGROUND	0.12963	2	1.061327	0.346914
DISTANCE	0.00463	2	0.037905	0.962808
ANGLE	1.025463	3	5.597235	0.000901
Residual	25.893519	424	-	-

ตารางที่ 3 แสดงผล ANOVA ของ similarity score

Variable	sum_sq	df	F	PR(>F)
BACKGROUND	0.016111	2	4.951922	7.51E-03
DISTANCE	0.168041	2	51.650897	1.18E-20
ANGLE	0.013247	3	2.714581	4.46E-02
Residual	0.642545	395	-	-

4.2 พัฒนาโมเดลเพื่อการแบ่งส่วนวัตถุสำหรับลูกกุ้ง

4.2.1 การใส่คำอธิบายเพื่อการแบ่งส่วนวัตถุด้วย GroundedSAM



รูปที่ 7 กราฟแท่งแสดงผลอัตราการตรวจจับของแต่ละคำบรรยาย

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผล ANOVA ของอัตราการตรวจจับของแต่ละคำบรรยาย

Variable	Sum of square	Degree of freedom	F-statistic	p-value
Caption	49462.83	9	83.5300	1.02E-98
Plural	8709.66	1	132.3754	9.79E-28
Caption : Plural	42558.14	9	71.8697	1.75E-88
Residual	38161.20	1792	-	-

ในการทดลองเพื่อเลือก captions ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจจับลูกกุ้งอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้ทดสอบ captions 10 แบบ ได้แก่ shrimp post-larva, shrimp post larva, post-larval shrimp, post larval shrimp, shrimp, larva, shrimp larva, larval shrimp, post-larva และ post larva ทั้งในรูปแบบพหูพจน์และเอกพจน์ จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 4 พบว่า captions มีผลต่อแบ่งส่วนวัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) โดยเฉพาะคำบรรยายในรูปแบบพหูพจน์มีผลที่ดีกว่าในบางกรณี คำบรรยาย "post larvae" มีอัตราการตรวจจับสูงสุดที่ 82% สูงกว่าคำบรรยายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญถึง 25% รูปที่ 7 แสดงอัตราการตรวจจับของแต่ละคำบรรยาย โดยคำบรรยาย "post larvae" มีอัตราการตรวจจับสูงสุด การเลือกใช้คำบรรยายที่ถูกต้องสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจจับลูกกุ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้คำบรรยาย "post larvae" สำหรับการตรวจจับลูกกุ้งในกระบวนการนี้

4.2.2 ผลการทำ knowledge distillation กับโมเดล YOLOv8

ตารางที่ 5 ตารางแสดงประสิทธิภาพโมเดลที่ 50 ตัว

Base	Detection			Segmentation		
	Precision	Recall	mAP50	Precision	Recall	mAP50
Nano	0.8561	0.8333	0.8922	0.8780	0.8451	0.9073
Small	0.9193	0.8923	0.9347	0.9024	0.8855	0.9274
Medium	0.9321	0.9342	0.9371	0.9476	0.9172	0.9411
Large	0.9470	0.9487	0.9535	0.9470	0.9461	0.9680
Extra-large	0.9454	0.9450	0.9520	0.9410	0.9530	0.9581

ตารางที่ 6 ตารางแสดงประสิทธิภาพเมื่อทดสอบด้วย negative samples

Base	Specificity
Nano	0.9081
Small	0.9147
Medium	0.9087
Large	0.9419
Extra-large	0.9418

ในการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโมเดลสำหรับการแบ่งส่วน (segmentation) ของลูกกุ้ง (shrimp post-larvae) โดยใช้การเรียนรู้แบบลำดับชั้น (curriculum learning) เพื่อปรับปรุงความสามารถของโมเดลในสภาพแวดล้อมที่มีความหนาแน่นของลูกกุ้งที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองจากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าโมเดลขนาด Large มีความแม่นยำ (Precision) สูงสุดที่ 0.9470, ความจำ (Recall) ที่ 0.9487 และค่า mAP50 ที่ 0.9535 ในการตรวจจับ และมีความแม่นยำ 0.9470, ความจำ 0.9461 และค่า mAP50 ที่ 0.9680 ในการแบ่งส่วน ซึ่งดีกว่าโมเดลขนาดอื่นๆ และใช้เวลาประมวลผลต่อขั้นตอนสูงสุดที่ 1,462.2 ms ซึ่งยังเป็นเวลาที่สมเหตุสมผลเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้ นอกจากนี้เรายังได้เพิ่มข้อมูล negative samples ที่เป็นวัตถุที่มีลักษณะคล้ายกุ้งเข้ามาในการฝึกฝนเพื่อเพิ่มความแม่นยำของโมเดล โมเดลขนาดใหญ่ยังมีความจำเพาะ (Specificity) สูงถึง 0.9419 ดังตารางที่ 6 ซึ่งช่วยลดความผิดพลาดในการตรวจจับและแบ่งส่วนลูกกุ้ง ผลการทดลองสรุปว่าโมเดลขนาดใหญ่เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้ในการแบ่งส่วนลูกกุ้งทั้งในด้านความแม่นยำ ความจำ และความจำเพาะ แม้ว่าโมเดลนี้จะมีความซับซ้อนและขนาดใหญ่ที่สุด (45.9 ล้านพารามิเตอร์) แต่มีประสิทธิภาพที่สูงในทุกเกณฑ์การวัด

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองพบว่า การ standardize รูปภาพเพิ่มประสิทธิภาพในการทำ perspective transformation อย่างมีนัยสำคัญ (t-test, $p < 0.05$) ภาพที่ประมวลผลหลังการ standardize มีค่า structural similarity เป็น 90% (t-test, $p > 0.05$) จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA พบว่ามุม (Angle) เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการทดสอบมากที่สุด หมายความว่ามุมที่ใช้ในการปรับมุมมองของภาพมีผลกระทบต่อความสำเร็จของ perspective transformation การระบุปัจจัยสำคัญเหล่านี้ช่วยให้การปรับปรุงและพัฒนากระบวนการในขนาดที่มีทิศทางที่ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการตรวจจับลูกกุ้งอัตโนมัติ captions ที่ใช้ มีผลต่อการแบ่งส่วนของวัตถุอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยคำบรรยาย "post larvae" มีอัตราการตรวจจับสูงสุดที่ 52% แสดงให้เห็นถึงความสามารถของ GroundedSAM ในการเตรียมข้อมูลที่อัตโนมัติและใช้ต้นทุนเวลาและแรงงานต่ำ สามารถนำไปพัฒนาโมเดลสำหรับตรวจจับและแบ่งส่วนลูกกุ้งด้วยการเรียนรู้แบบลำดับชั้นต่อไป ส่วนโมเดลการแบ่งส่วนของลูกกุ้งที่ใช้การเรียนรู้แบบลำดับชั้นมีความแม่นยำสูงถึง 0.9470 และความจำเพาะสูงถึง 0.9419 โดยมีค่า mAP50 ที่ 0.9535 โมเดลขนาดใหญ่ มีความซับซ้อนและขนาดใหญ่ที่สุดถึง 45.9 ล้านพารามิเตอร์ แต่มีความสามารถสูงในการประยุกต์ใช้ในการแบ่งส่วนลูกกุ้ง ซึ่งเทียบเท่าประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในงานวิจัยล่าสุดที่ศึกษาระบบนับกุ้งอัตโนมัติ (Bukas et al., 2024) ไปที่ อภิปราย หน้าอะไร บรรทัดเท่าไร (optional) งานวิจัยนี้ยังชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ knowledge distillation เพื่อสร้างโมเดลที่มีขนาดเล็กแต่ยังคงรักษาประสิทธิภาพใกล้เคียงกับโมเดลต้นฉบับ การปรับปรุงและพัฒนาต่อไปในกระบวนการนี้อาจนำไปสู่การสร้างโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นในขนาดที่เล็กลง ซึ่งเป็นประโยชน์มากในสภาพแวดล้อมที่มีทรัพยากรการประมวลผลจำกัด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะความกรุณาของ นายขุนทอง คล้ายทอง และ ดร.ณัฐินี มั่นคงวงศ์ศิริ
ห้องปฏิบัติการวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ขอขอบคุณอาจารย์ทั้งสองที่คอยให้คำปรึกษา
ช่วยให้มุมมอง และการสนับสนุนในหลาย ๆ ด้านอย่างเสมอมา

7. เอกสารอ้างอิง

- Bukas, C., Albrecht, F., Ur-Rehman, et al. (2024). Robust Deep Learning based shrimp counting in an industrial farm setting. *Journal of Cleaner Production*, 143024.
- Li, W., Zheng, T., Yang, Z., Li, M., Sun, C., & Yang, X. (2021). Classification and detection of insects from field images using deep learning for smart pest management: A systematic review. *Ecological Informatics*, 66, 101460.
- Quach, L. D., Hoang, L. Q., Trung, N. D., & Nguyen, C. N. (2020). Towards machine learning approaches to identify shrimp diseases based on description. *Kỷ yếu Hội nghị KH-CN Quốc gia lần thứ XII về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR); Huế, ngày*, 494-501.
- Ren, T., Liu, S., Zeng, A., et al. (2024, January 25). *Grounded SAM: Assembling Open-World models for diverse visual tasks*. arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2401.14159>
- Grand View Research. (2022). *Shrimp Market Size, Share & Trends Analysis Report by species (L. vannamei, P. chinensis), by source (Wild, aquaculture), by form, by distribution channel, by region, and segment Forecasts, 2023 - 2030*. (n.d.). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/shrimp-market-report>
- Taylor, L., & Nitschke, G. (2018, November). Improving deep learning with generic data augmentation. In *2018 IEEE symposium series on computational intelligence (SSCI)* (pp. 1542-1547). IEEE.
- Terven, J., Córdova-Esparza, D., & Romero-González, J. (2023). A comprehensive review of YOLO architectures in computer vision: from YOLOV1 to YOLOV8 and YOLO-NAS. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 5(4), 1680–1716. <https://doi.org/10.3390/make5040083>
- กรุงเทพธุรกิจ. (2567). “อัลจีบา” เอไอจับลูกสัตว์น้ำ พลิกโฉมสู่ประมงอัจฉริยะ. สืบค้นวันที่ 4 กันยายน 2565 จาก https://www.bangkokbiznews.com/tech/963910#google_vignette
- กองนโยบายและพัฒนากิจการประมง. (2566). สถิติผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเล. สืบค้นวันที่ 14 มิถุนายน 2567 จาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20231103091333_new.pdf

ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

นาวิ ปลายเสมา¹ เจนจิรา แจ่มศิริ^{2*} สมชาย แซ่เต็ง³ และวรินทร์ภรณ์ ชันจะนนท์⁴

²สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
52 หมู่ 7 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

*jenjira_jaem@rmutl.ac.th, 0915069884

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและออกแบบชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ได้แก่ ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT แบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ วิศวกร ชุมชนผลิตและแปรรูปสมุนไพร บ้านลอยน้ำบ้านสำเร็จรูป บริการท่องเที่ยวและกีฬาแบบยั่งยืน แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 10 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ผลการวิจัยมีพบว่าระบบควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT สามารถควบคุมการทำงานของระบบบนสมาร์ตโฟนผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานสามารถสั่งรดน้ำ ตั้งเวลารดน้ำและตรวจสอบค่าความชื้นของอุณหภูมิได้ ประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ระดับประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} = 4.26) และความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย (\bar{X} = 4.41)

คำสำคัญ: ชุดควบคุม, การรดน้ำ, อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

Smart Watering Set & IoT

Navy Laiysema¹ Jenjira Jaemsiri^{2*} Somchai Sae – teng³ and Waranporn Kanjanant⁴

² Department of Information Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology
Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok
52 Moo 7 Ban Krang Subdistrict, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000

*jenjira_jaem@rmutl.ac.th, 0915069884

This research aims to: 1) create and design a Smart Watering Set & IoT, 2) study the performance efficiency of the Smart Watering Set & IoT, and 3) study user satisfaction with the Smart Watering Set & IoT. The research tools used in this study include the Smart Watering Set & IoT, a performance evaluation form for the Smart Watering Set & IoT, and a satisfaction questionnaire for the Smart Watering Set & IoT. The sample group used in the research consists of 10 people from the Community Enterprise for Herbal Production and Processing, Floating House and Prefabricated House, Sustainable Tourism and Sports Services, Tha Kham Subdistrict, Bang Khun Thian District, Bangkok. The sample was selected using purposive sampling.

The research results show that the Smart Watering Set & IoT can control the system's operation on smartphones through a web application. Users can command watering, set watering schedules, and monitor humidity and temperature values. The overall performance efficiency of the Smart Watering Set & IoT was at a high level (\bar{x} = 4.26). User satisfaction with the Smart Watering Set & IoT was also at a high level, with an average score of (\bar{x} = 4.41).

Keywords: Control System, Watering, Internet of Things

1. บทนำ

ในปัจจุบัน Internet of Things (IoT) หรืออินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งกำลังเป็นเทรนด์ที่เกิดขึ้นในสังคม นั่นก็คือเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมกับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ มือถือ รถยนต์ ตู้เย็น โทรทัศน์ และอื่น ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยเครื่องมือต่าง ๆ นั้นจะสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้บริโภคสามารถควบคุมสิ่งของต่าง ๆ ได้ทั้งภายในบ้านและจากสำนักงานหรือที่ไหนก็ได้ เช่น การเปิดปิดไฟ ไปจนถึงการสั่งให้รดน้ำต้นไม้ หรือรดน้ำแปลงเกษตรของตนเอง (สุวิทย์ วงศ์ศิลา, 2563) การให้น้ำกับพืชมีความสำคัญอย่างมากเพราะน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชทุกชนิดต้องการน้ำโดยน้ำเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งของขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ช่วยให้เกิดความชุ่มชื้นและเป็นตัวละลายธาตุอาหารในดินเพื่อรากดูดขึ้นไปสร้างการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังเป็นตัวที่สำคัญในการกำหนดปริมาณและผลผลิตของพืชด้วย ซึ่งพืชแต่ละชนิดนั้นมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์ และอายุของพืชชนิดนั้น ๆ การให้น้ำกับพืชจะเป็นการนำน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ มาให้น้ำพืชเพื่อเป็นการเสริมหรือทดแทนน้ำฝน หากให้น้ำน้อยไปทำให้พืชเจริญเติบโตช้า ผลผลิตต่ำ แต่ถ้ามากไปอาจทำให้สิ้นเปลืองน้ำและค่าใช้จ่ายจึงจำเป็นต้องให้น้ำอย่างเหมาะสมกับความต้องการของน้ำของพืชนั้น ๆ (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) การให้น้ำพืชแบบเดิมจะเป็นลักษณะของการใช้แรงงานคนในการให้น้ำซึ่งการให้น้ำโดยคนนั้นไม่สามารถทราบระดับความชื้นในดินได้อย่างชัดเจนทำให้บางครั้งพืชได้รับน้ำมากเกินไป หรือได้รับในปริมาณที่น้อยเกินไป เกษตรกรหรือคนที่ขาดความชำนาญในการดูแลสภาพดินนั้นอาจทำให้การเจริญเติบโตของพืชไม่สมบูรณ์ได้ (สภาวดี มากอ้นและคณะ, 2019) ซึ่งความชื้นในดินก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก ปัจจุบันได้มีการวิจัยที่พัฒนาระบบการให้น้ำด้วยการควบคุมความชื้นในดิน เช่น งานวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าด้วยระบบสมาร์ตโฟน (อัษฎางค์ บุญศรี และคณะ, 2563) เป็นการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นแบบอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า งานวิจัยระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติโดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับสวนปาล์ม น้ำมัน (ชนมภัทร โตรระสะ, 2566) เป็นการพัฒนาระบบควบคุมรดน้ำอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินร่วมกับการใช้แอปพลิเคชัน Blynk ในการออกแบบเพื่อใช้ในการควบคุมจากระยะไกล และงานวิจัยระบบควบคุมการรดน้ำแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน ร่วมกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (อรกนก ชมเอ และคณะ, 2564) เป็นการพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ช่วยควบคุมอุปกรณ์เปิด-ปิดไฟฟ้า ตั้งเวลาเปิดปิดน้ำได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้สร้างและออกแบบ Smart Watering Set & IoT ซึ่งเป็นชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ที่ผสมผสานการใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์วัดความชื้น โดยระบบนี้สามารถตรวจจับและวัดค่าต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดินร่วมกับการควบคุมการรดน้ำผ่านแอปพลิเคชันที่มีการนำข้อมูลขึ้นเซิร์ฟเวอร์เพื่อประมวลผลข้อมูลและตัดสินใจในการรดน้ำอย่างเหมาะสมในแต่ละบริเวณของพื้นที่ปลูกพืชทั้งในด้านอุณหภูมิ ด้านเวลาการรดน้ำ อีกทั้งยังสามารถดูสถิติการรดน้ำเป็นรายสัปดาห์ รายเดือน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการเกษตรที่ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย เพิ่มความสะดวกสบายในการให้น้ำแก่พืช และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในการให้น้ำพืชอีกด้วย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) หมายถึง ความสามารถของอุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ ในการสื่อสารกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ ตัวอย่างเช่น การเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า การควบคุมระบบต่าง ๆ ในรถยนต์ รวมถึงการจัดการอุปกรณ์ทางการเกษตร เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม หรือแม้แต่สิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งหมดนี้สามารถทำได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย, 2559)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory)

หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ

พอร์ตอินพุต (Input Port)

พอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port)

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต
5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

ความแตกต่างระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์คือ ไมโครโปรเซสเซอร์ไม่สามารถต่อใช้งานได้เพียงตัวเดียว จะต้องต่อกับหน่วยความจำและอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตจึงจะสามารถนำไปใช้งานได้ แต่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปใช้ในงานควบคุมได้ทันทีเพราะภายในได้รวมเอาหน่วยความจำ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต และวงจรที่จำเป็นบางส่วนเอาไว้ภายในตัวไอซีเรียบร้อยแล้ว (ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์, 2559)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิพงษ์ วิชัยวงษ์วัฒน์ และคณะ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง โดยได้ออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเพื่อหาประสิทธิภาพของต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ซึ่งได้ใช้ต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่พัฒนาด้วยภาษา C++, Visual Studio Code, HTML, PHP และใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล คือแบบประเมินประสิทธิภาพระบบ โดยผลการวิจัยพบว่าต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และผลการประเมินประสิทธิภาพต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งอยู่ในระดับดีมาก

ปิติวัฒน์ จุลเกษมศักดิ์ และคณะ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาต้นแบบเครื่องดูแลพืชแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับผู้ใช้ที่มีพื้นที่จำกัดด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง โดยได้พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของพืชด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม AutoCAD ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของพืชด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งจะควบคุมด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ที่ถูกติดตั้งชุดคำสั่งควบคุมการจัดการน้ำ ดิน และอุณหภูมิ อีกทั้งยังมีการออกแบบเว็บไซต์ด้วยภาษา HTML และ PHP เพื่อเชื่อมต่อการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องต้นแบบปลูกพืชกึ่งอัตโนมัติด้วย Cloud Service และ Web Service โดยผลการทดลองการปลูกพืชเป็นระยะเวลา 7 วัน ด้วยเครื่องต้นแบบปลูกพืชกึ่งอัตโนมัติพบว่าความยาวเฉลี่ยของลำต้นพืชเพิ่มขึ้นและให้ผลผลิตต่อพื้นที่ปลูกที่มีจำนวนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชที่ไม่ได้ควบคุมสภาวะแวดล้อม

บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ และคณะ (2562) ได้ศึกษาการออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งสำหรับมะนาว จังหวัดเพชรบุรี ได้ออกแบบนวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี ได้ใช้แนวความคิดของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยมีเซนเซอร์วัดค่าข้อมูลของฟาร์มมะนาว โดยกำหนดไว้ 4 ค่า คือ 1) Temperature 2) Humidity 3) Moisture และ 4) PH พบว่าจากการออกแบบแผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT (Node MCU) กับ Arduino board และระบบเซนเซอร์พร้อมกับการพัฒนา Application สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ โมบายโฟน Application ต่าง ๆ โดยสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android และสามารถแสดงข้อมูลตามคำสั่งได้ เช่น ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ค่าความชื้นของดิน ความต้องการน้ำของมะนาวเป็นลิตรต่อต้น ต่อวันตามช่วงอายุและฤดูกาล

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. ขั้นตอนการศึกษาและวางแผนระบบ

3.1.1 ศึกษาหลักการสร้างและออกแบบชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

3.1.2 ศึกษาเนื้อหา

- 3.1.2.1 การเขียนโค้ดเพื่อควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม Arduino IDE
- 3.1.2.2 การสร้างฐานข้อมูลด้วย phpMyAdmin
- 3.1.2.3 การสร้างและออกแบบชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

3.1.3 ออกแบบและจัดทำระบบ

3.1.3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

- 1) ส่วนของผู้ใช้ คือ ส่วนที่ผู้ใช้งานที่ควบคุมการทำงานของระบบผ่านหน้าเว็บ
- 2) ส่วนของ webserver คือส่วนที่คอยรับ request จากผู้ใช้ และจากตัวบอร์ด โดย webserver จะ

คอยควบคุมข้อมูลใน JSON และฐานข้อมูล

- 3) ส่วนของ JSON คือ ส่วนที่เก็บข้อมูล เวลาที่รดน้ำ อุณหภูมิ เพื่อทำงานร่วมกับบอร์ด
- 4) ส่วนของบอร์ด คือ ส่วนที่รับค่าความชื้น และอุณหภูมิ และส่งข้อมูลไปที่ webserver

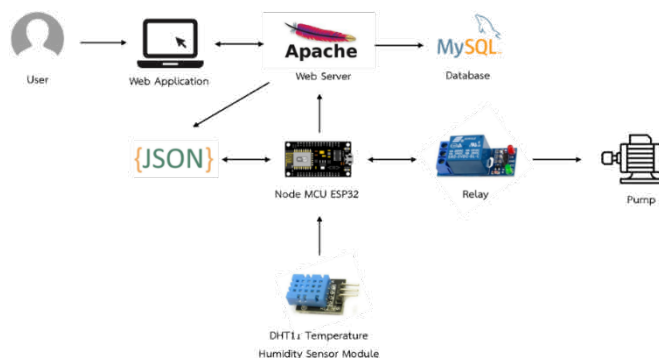
3.1.3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน เพื่อนำมาสร้างและออกแบบชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 2) จัดทำแบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของผู้เชี่ยวชาญ และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

- 3) ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมิน เมื่อตรวจสอบแล้ว จึงนำมาแก้ไขและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
- 4) การเชื่อมต่อของวงจรชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 5) การออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชันชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 6) พัฒนาชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียน Code เพื่อควบคุมอุปกรณ์ ตามที่ออกแบบสถาปัตยกรรมของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 7) นำชุดควบคุมการรดน้ำให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพ และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล
- 8) นำชุดควบคุมการรดน้ำให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจการใช้งานชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT เพื่อหาความพึงพอใจ และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

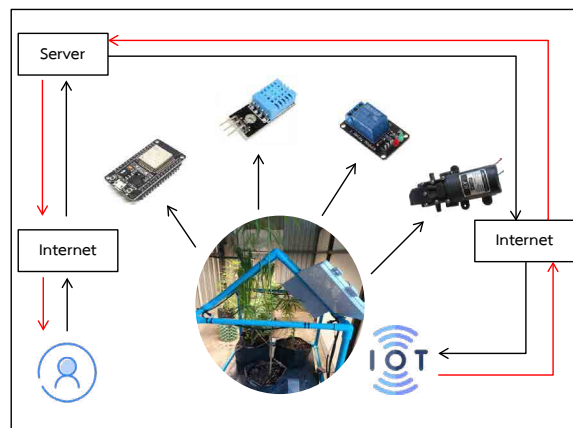


รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างการทำงานของระบบ โดยส่วนของผู้ใช้ (User) คือ ส่วนที่ผู้ใช้งานที่ควบคุมการทำงานของระบบบนสมาร์ตโฟนผ่านเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถสั่งรดน้ำ ตั้งเวลารดน้ำ สั่งควบคุมอุณหภูมิโดยรอบ และสามารถตรวจสอบค่าความชื้น อุณหภูมิการรดน้ำได้ ส่วนของ Web Server คือส่วนที่คอยรับ request จากผู้ใช้ และจากตัวบอร์ด Node MCU ESP32 โดย Web Server จะคอยควบคุมข้อมูลใน JSON และฐานข้อมูล (Database) ส่วนของ JSON คือส่วนที่เก็บข้อมูล เวลาที่รดน้ำ อุณหภูมิเพื่อทำงานร่วมกับบอร์ด Node MCU ESP32 ส่วนของบอร์ด Node MCU ESP32 คือส่วนที่รับค่าความชื้น และอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ DHT11 Temperature Humidity Sensor Module แล้วส่งข้อมูลทั้งหมดไปที่ Web Server

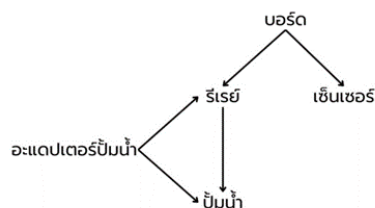
3.3 ขั้นตอนการพัฒนาาระบบ

- 1) ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน เพื่อนำมาสร้างและออกแบบชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 2) จัดทำแบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของผู้เชี่ยวชาญ และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
- 3) ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมิน เมื่อตรวจสอบแล้ว จึงนำมาแก้ไขและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
- 4) ออกแบบสถาปัตยกรรมของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT แสดงดังรูปที่ 2



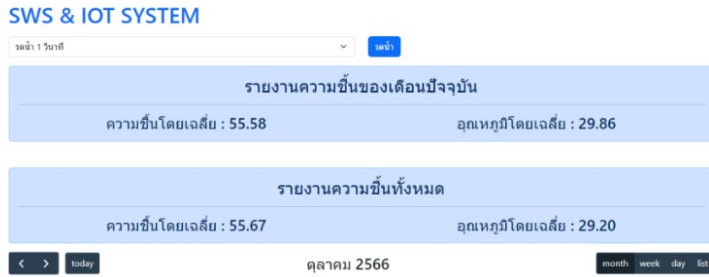
รูปที่ 2 การออกแบบสถาปัตยกรรมชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

- 5) เชื่อมต่อวงจรของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเชื่อมต่อของวงจรชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

6) การออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชันชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT โดยได้ออกแบบได้หน้าเว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงความชื้นและอุณหภูมิโดยเฉลี่ยได้ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าเว็บแอปพลิเคชันชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

- 7) พัฒนาชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ ตามที่ออกแบบสถาปัตยกรรมของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 8) นำชุดควบคุมการรดน้ำให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพ และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล
- 9) นำชุดควบคุมการรดน้ำให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจการใช้งานชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT เพื่อหาความพึงพอใจ และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล
- 10) วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

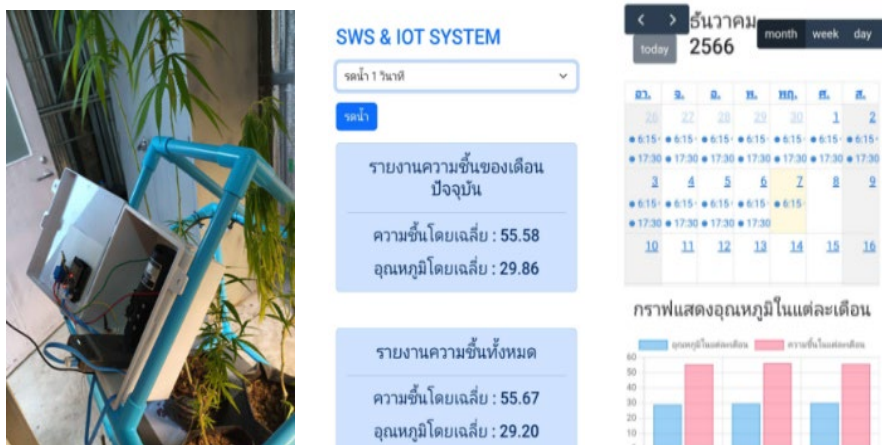
4. ผลการวิจัย

ในการดำเนินงานชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบชุดควบคุมการรดน้ำให้สามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

- 4.1 ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 4.2 ประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT
- 4.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

4.1 ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

การสร้างและออกแบบชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT



รูปที่ 5 ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT และหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

4.2 ประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

ตารางที่ 1 ตารางแสดงประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ในแต่ละด้าน

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
1.ด้านความสามารถของระบบ			
1.1 สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 สามารถวัดอุณหภูมิได้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 สามารถสั่งควบคุมการรดน้ำได้	4.50	0.71	มาก
1.4 สามารถใช้งานผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 สามารถเก็บข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิได้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.6 สามารถเก็บข้อมูลการรดน้ำได้	4.00	0.00	มาก
1.7 สามารถรายงานผลผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.64	0.10	มากที่สุด
2.ด้านการออกแบบส่วนของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน			
2.1 ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าเว็บ	4.00	0.00	มาก
2.2 ความเหมาะสมของการใช้สี	4.00	0.71	มาก
2.3 ความเหมาะสมของหน้าจอแสดงผลมั่งงานรดน้ำ	4.00	0.00	มาก
2.4 ความเหมาะสมของหน้าจอแสดงผลวันเดือนปี	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.11	0.02	มาก
3.ด้านประโยชน์และการใช้งาน			
3.1 เป็นการนำเทคโนโลยี IOT มาใช้ในการสั่งงานควบคุมการรดน้ำ	4.50	0.71	มาก
3.2 ช่วยควบคุมปริมาณการใช้น้ำได้อย่างมีคุณภาพ	4.00	0.00	มาก
3.3 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง	4.50	0.71	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.14	0.26	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.26	0.31	มาก

จากตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาตรฐานประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ระดับประสิทธิภาพการทำงานโดยรวม อยู่ในระดับมาก โดยด้านความสามารถของระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.64 ประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการออกแบบส่วนของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ย 4.11 ประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมาก และด้านประโยชน์และการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.14 ประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมาก

4.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT

ตารางที่ 2 ตารางแสดงความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ในแต่ละด้าน

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.ด้านการออกแบบ			
1.1 ความแข็งแรงของชุดควบคุมการรดน้ำ	4.40	0.52	มาก
1.2 ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชุดควบคุมการรดน้ำ	4.00	0.00	มาก
1.3 ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง	4.40	0.52	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.27	0.34	มาก
2.ด้านการทำงาน			
2.1 ความคล่องตัวในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์	4.50	0.53	มาก
2.2 ระยะเวลาการทำงานของชุดควบคุมการรดน้ำ	4.30	0.48	มาก
2.3 มีกราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	4.70	0.48	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.50	0.50	มาก
3.ด้านการใช้ประโยชน์			
3.1 เป็นการนำเทคโนโลยี IOT มาใช้ในการสั่งงานควบคุมการรดน้ำ	4.60	0.52	มากที่สุด
3.2 ช่วยควบคุมปริมาณการใช้น้ำได้อย่างมีคุณภาพ	4.20	0.42	มาก
3.3 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง	4.60	0.52	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.47	0.48	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.41	0.44	มาก

จากตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านการออกแบบ มีค่าเฉลี่ย 4.27 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้านการทำงาน มีค่าเฉลี่ย 4.50 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และด้านการใช้ประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 4.47 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

5. สรุปและอภิปรายผล

ในการวิจัยชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT สามารถตั้งเวลารรดน้ำได้ ระบบจะตั้งเวลาเริ่มต้นการรดน้ำคือ 06.15 น. และ 17.00 น. เหตุผลเพราะว่าเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีแดด อากาศไม่ร้อน มีปุ่มตั้งค่าสำหรับการรดน้ำเพื่อควบคุมความร้อนบริเวณโดยรอบ และสั่งควบคุมการรดน้ำโดยกำหนดระยะเวลาเป็นวินาทีบนหน้าเว็บสอดคล้องกับปีติวัฒน์ จุลเกษมศักดิ์ และคณะ (2564) ที่ได้พัฒนาต้นแบบเครื่องดูแลพืชแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับผู้ที่มีพื้นที่จำกัดด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ที่ถูกติดตั้งชุดคำสั่งที่สามารถควบคุมการจัดการน้ำได้ หน้าเว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลข้อมูลค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสอดคล้องกับบัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ และคณะ (2562) ที่ได้ศึกษาการออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งสำหรับมะนาว จังหวัดเพชรบุรี ที่สามารถแสดงข้อมูลตามคำสั่งได้ เช่น ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ค่าความชื้นของดิน ความต้องการน้ำของมะนาวเป็นลิตรต่อต้น ต่อวันตามช่วงอายุและฤดูกาล ชุดควบคุมการรดน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบ IoT ประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากโดยที่ด้านความสามารถของระบบ มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุทธิพงษ์ วิชัชวงษ์วัฒน์ และคณะ (2565) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยผลการประเมินประสิทธิภาพต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

ควรพัฒนาให้สามารถปรับระดับปริมาณการให้น้ำตามชนิดพืชที่ต้องการ

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). ระบบการให้น้ำพืชแบบอัจฉริยะ (พิมพ์ครั้งที่ 2). (น. 4-24). กรุงเทพฯ: กลุ่มโรงพิมพ์ สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี.
- ชนมภัทร โตระสะ. (2566). ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติโดยใช้อินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง สำหรับสวนปาล์มน้ำมัน. *The Journal of Industrial Technology : Suan Sunandha Rajabhat University*, 11(2), 1-11.
- บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ, สราวุธ แผลงศร, วีระสิทธิ์ ปิติเจริญพร และพิมพ์ใจ สีหะนาม. (2562). การออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับสวนมะนาว จังหวัดเพชรบุรี. *การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ. 2562* (น.808- 816). นครราชสีมา:วิทยาลัยนครราชสีมา.
- ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย. (2559). Internet of Things: เทคโนโลยีปัจจุบันกับการใช้งานในอนาคต. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10(1), 29-36.
- ปิยะ ศุภวารสุวัฒน์. (2559). ไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพมหานคร:ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปิติวัฒน์ จุลเกษมศักดิ์, นรินทร์ จีระนันตสิน และพนัสชัย ศรีบำรุง. (2564). การพัฒนาต้นแบบเครื่องดูแลพืชแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับผู้ใช้ที่มีพื้นที่จำกัดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ประจำปี 2564, 30 เมษายน 2564*, (น.100-110). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ.
- สุทธิพงษ์ วิชัยวงษ์วัฒน์, ไพศาล สีนมาเลาเต่า และอุบลรัตน์ ศิริสุขโกศา. (2565). การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ตามสภาพแวดล้อมผ่านเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *การประชุมวิชาการครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม: วิจัยสร้าง Innovation and Technology เพื่อรองรับสังคมไทยสู่ยุค Digital World* (น.852-862). นครปฐม: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- สุภาวดี มากอ้น, ศุภชัย มะเตือ และกฤษณพงศ์ สังขวาสี. (2563). ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านแอปพลิเคชัน. *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 11 (NCIT2019)*. (น. 54 – 58). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- สุวิทย์ วงศ์ศิลา. (2563). Internet of Things สำหรับ Smart Farmer. สืบค้น 11 มิถุนายน 2567, จาก https://stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=78
- อัมภากร บุญศรี นิวดี คลังสีดา จารุกิตติ พิบูลนฤดม ธัญญลักษณ์ บุตรศรีเพชร และเพ็ญญา ทองแฉล้ม. (2563). การพัฒนาระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าด้วยระบบสมาร์ตโฟน. *การประชุมวิชาการระดับ ครั้งที่ 4 ด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้และสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2563*. (น. 224 – 237). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ผลของอายุปลากัดและสีของภาชนะเลี้ยง ต่อพฤติกรรมก้าวร้าวและอัตราการรอดของปลากัด

ณัฐธิดา สุภาทาญ^{1*} และเสาวลักษณ์ บุญกระสอน¹

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 180 หมู่ 7 ตำบลชี้เหล็ก
อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

*E-mail: nattida_sup@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอายุปลากัดและสีของภาชนะเลี้ยงต่อพฤติกรรมก้าวร้าวและอัตราการรอดของปลากัด โดยประเมินจากระดับพฤติกรรมก้าวร้าวที่กำหนด 5 ระดับ นำปลากัดสายพันธุ์ HMPK เพศผู้ อายุ 2 เดือน มาเลี้ยงแบบเดี่ยวในภาชนะขนาด 1000 มิลลิลิตร ภาชนะเลี้ยงแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ภาชนะใส ภาชนะสีเหลือง ภาชนะสีน้ำเงิน ทุกกลุ่มการทดลองมีปลากัด 30 ตัว และมีตัวล่อ (โมเดล) 1 ตัว ที่ใช้ล่อปลากัดทุกกลุ่ม นำมาทำการศึกษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ (6 เดือน) สิ้นสุดการทดลองปลากัดมีอายุ 8 เดือน เมื่อนำมาวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุของปลากัดที่เพิ่มขึ้นและสีของภาชนะเลี้ยงที่ต่างกัน พบว่าอายุที่เพิ่มขึ้นและภาชนะเลี้ยงสีต่างกันไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันที่ส่งผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด ($F_{(10,54)} = 1.67, p = 0.11$) เมื่อวิเคราะห์ผลของอายุต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าว พบว่าอายุที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด ($F_{(5,54)} = 2.18, p = 0.07$) แต่เมื่อวิเคราะห์ผลของสีภาชนะต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าว พบว่าปลากัดในภาชนะสีน้ำเงินแสดงระดับพฤติกรรมก้าวร้าวต่ำกว่าปลากัดในภาชนะใสและภาชนะสีเหลือง ($F_{(2,54)} = 32.72, p = 0.00$) นอกจากนี้ยังพบว่าปลากัดในภาชนะสีน้ำเงินมีอัตราการรอดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 93.3 จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าภาชนะเลี้ยงที่กระตุ้นพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดได้ดีที่สุด คือ ภาชนะใสและภาชนะสีเหลือง และสีภาชนะที่กระตุ้นพฤติกรรมก้าวร้าวต่ำและมีอัตราการรอดมากที่สุดคือภาชนะสีน้ำเงิน

คำสำคัญ : ความก้าวร้าวของปลา, สภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย, ผลกระทบจากสี

Effects of Siamese fighting fish (*Betta splendens*) age and rearing container colours on its aggressive behaviour and survival rate

Nattida Supahan^{1*} and Saowalak Boonkason¹

¹Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University
180 Moo 7, Khilek Subdistrict, Mae Rim District, Chiang Mai, 50180

*E-mail: nattida_sup@cmru.ac.th

Abstract

This study investigated the effects of Siamese fighting fish (*Betta splendens*) age and the colour of their rearing containers on aggressive behaviour and survival rates. Aggressive behaviour was assessed based on five predefined levels. Male HMPK Siamese fighting fish, aged two months, were housed individually in 1000-milliliter containers. The containers were categorized into three groups: clear, yellow, and blue. Each experimental group consisted of 30 Siamese fighting fish and one releaser (model) used to provoke the fish. The study lasted for 24 weeks (6 months), and by the end of the experiment, the fish were 8 months old. Analysis of the interaction between fish age and container colour revealed no significant interaction affecting the levels of aggressive behaviour ($F_{(10,54)} = 1.67$, $p = 0.11$). When analyzing the effect of age on aggressive behaviour, no significant effect was found ($F_{(5,54)} = 2.18$, $p = 0.07$). However, the effect of container colour on aggressive behaviour indicated that fish in blue containers exhibited lower aggression levels than those in clear and yellow containers ($F_{(2,54)} = 32.72$, $p = 0.00$). Additionally, fish in blue containers also had the highest survival rate at 93.3%. The results suggest that clear and yellow containers are most likely to stimulate aggressive behaviour in Siamese fighting fish, whereas blue containers are associated with lower aggression levels and higher survival rates.

Keywords: Fish aggressiveness, Housing environment, Colour impact

1. บทนำ

ปลากัด (*Betta splendens*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดเล็กที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย ปลากัดมีความโดดเด่นด้วยสีสันที่สวยงามและพฤติกรรมที่ก้าวร้าว ปัจจุบันการเลี้ยงปลากัดในประเทศไทยได้รับความนิยมอย่างมาก ทั้งในฐานะปลาสวยงามและการเลี้ยงเพื่อการต่อสู้ เนื่องจากปลากัดมีพฤติกรรมที่ก้าวร้าว การเลี้ยงและการจัดการพฤติกรรมของปลากัดจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องศึกษาวิจัยเพื่อให้เกิดการเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงปลากัดยังคงประสบปัญหาและความท้าทายหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านพฤติกรรมและการอยู่รอดของปลากัด การศึกษาพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดในแต่ละช่วงอายุ และปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมเหล่านี้ จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีความสำคัญต่อการพัฒนาวิธีการเลี้ยงปลากัดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ปัญหาหนึ่งที่พบในการเลี้ยงปลากัดคือ การเกิดพฤติกรรมก้าวร้าวที่อาจทำให้ปลากัดได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต (Karino & Someya, 2007) นอกจากนี้ ยังพบว่าลักษณะเลี้ยงที่มีสีต่างๆ อาจมีผลต่อพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดด้วย การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของลักษณะเลี้ยงกับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด จึงเป็นเรื่องที่สำคัญ เพื่อให้สามารถออกแบบลักษณะเลี้ยงที่ช่วยลดพฤติกรรมก้าวร้าวและเพิ่มอัตราการรอดของปลากัด

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดในแต่ละช่วงอายุ และผลของสีของลักษณะเลี้ยงต่อพฤติกรรมก้าวร้าวและอัตราการรอดของปลากัด การสังเกตพฤติกรรมก้าวร้าวในแต่ละช่วงอายุจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของปลากัดได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่การสังเกตอัตราการรอดของปลากัดที่เลี้ยงในลักษณะเลี้ยงที่มีสีต่างๆ จะช่วยให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของปลากัด ผลของการวิจัยนี้จะช่วยให้ผู้เลี้ยงปลากัดสามารถปรับปรุงวิธีการเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลดการสูญเสียจากพฤติกรรมก้าวร้าวและเพิ่มอัตราการรอดของปลากัดในระยะยาว

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปลากัดเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญอย่างมากในประเทศไทยและแถบประเทศเอเชียอาคเนย์ เป็นตัวแทนของความงามและเป็นเอกลักษณ์ของประเทศ ปลากัดมีลักษณะที่น่าสนใจทั้งในด้านรูปร่างและสีสัน ธรรมชาติของปลากัดมักจะมีสีน้ำตาลหรือสีเทาที่ปนเขียวอ่อน และมักมีลายตามลำตัวที่เป็นเอกลักษณ์ เพศของปลากัดสามารถแยกได้จากลักษณะทางกายภาพ โดยเพศผู้มักมีลำตัวที่ยาวกว่าและมีครีบหางยาวกว่าเพศเมีย นอกจากนี้ เพศผู้ยังมีสีสันสวยงามและเข้มขึ้นเมื่อเทียบกับเพศเมีย สิ่งต่างเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปลากัดเป็นสัตว์น้ำที่น่าสนใจในการศึกษาและการเลี้ยงเพื่อการค้นคว้าวิจัยต่าง ๆ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) การเลี้ยงปลากัดต้องคำนึงถึงเนื้อที่และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปลา ปลากัดมีนิสัยก้าวร้าวและชอบเอาชนะพื้นที่ของตนเอง ดังนั้นการเลี้ยงปลากัดจึงควรใช้ภาชนะเดี่ยวและมีขนาดเพียงพอที่จะให้ปลากัดรับรู้ถึงขอบเขตของพื้นที่ การแยกปลากัดเพศก่อนการเลี้ยงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อป้องกันการต่อสู้ระหว่างตัวเพศผู้ และเพศเมีย การระบุเพศของปลากัดสามารถทำได้โดยการสังเกตลักษณะทางกายภาพ เช่น สีของลำตัวและครีบ เป็นต้น โดยปลาเพศผู้มักมีลำตัวสีเข้มและครีบยาว ในขณะที่ปลาเพศเมียมักมีลายพาดตามขวางลำตัว นอกจากนี้ การจัดการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเช่น คุณภาพของน้ำ เป็นสิ่งสำคัญในการเลี้ยงปลากัด น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงควรมีค่า pH ประมาณ 6.5-7.5 และค่ากระดาศ 75-100 มิลลิกรัมต่อลิตร และความต่าง 150-200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการให้น้ำในภาชนะใช้เพียงเศษ 3 ส่วน 4 ของปริมาณที่มีอยู่ เพื่อให้เหลือช่องว่างสำหรับอากาศเพื่อการหายใจของปลา (อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล, 2545) ปลากัดเพศผู้จะสร้างรังก่อนการวางไข่เพื่อดูแลไข่และลูกอ่อน รังเป็นโครงสร้างที่มาจากฟองอากาศกับเมือกในปากและจะถูกพันบนผิวน้ำเพื่อให้เป็นที่สำหรับไข่และลูกอ่อน เมื่อไข่ถูกปล่อยออกมา ปลากัดเพศผู้จะใช้ปากเพื่อสูบลูกไข่และพันไปบนรัง และจะดูแลลูกอ่อนโดยไม่หยุดพัก ปลาเพศเมียสามารถตั้งท้องอีกครั้งในระยะเวลาประมาณหนึ่งปี และสามารถวางไข่ได้มากถึง 2500 - 5000 ฟองต่อการตั้งท้องครั้งหนึ่ง (ยนต์ มุสิก และเตือนใจ ไก่สกุล, 2548) ปลากัดมีลักษณะตาที่โดดเด่นด้วยขนาดใหญ่และสามารถยื่นออกมาได้ต่อเนื่องจากศีรษะ เมื่อเทียบกับขนาดลำตัว เส้นตาของปลากัดมีความยาวและขนาดที่สัมพันธ์กับร่างกาย ดังนั้น มันสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ รอบตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเหตุผลที่ทำให้ปลากัดมีความสามารถในการรับรู้แวดล้อมและตระหนักถึงสิ่งต่างๆ โดยเฉพาะสัตว์นักล่าและเหยื่อ อย่างไรก็ตาม ปลากัดมีปัญหาในการมองเห็นในที่มืดเนื่องจากมันตาทำงานช้า ซึ่งอาจส่งผลต่อการตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมโดยรอบได้เมื่ออยู่ในที่มืด เพิ่มเติมไปยั้งนี้ มันยังมีความสามารถในการมองแยกแยะสีที่มีผลต่อพฤติกรรมและการเลือกตั้งที่แตกต่างกันในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556; Akagbulem, 2023; Angler, 2024; Bando, 1991; Fabian, 2019)

พฤติกรรมความก้าวร้าวเป็นพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิดและเป็นการสื่อสารที่สัตว์ใช้เพื่ออยู่และขับไล่สัตว์ชนิดเดียวกัน โดยเฉพาะเพศเดียวกัน เพื่อแย่งทรัพยากรต่าง ๆ เช่น อาหาร อาณาเขต หรือคู่สมรส เป็นต้น ซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่อมีการแข่งขันในช่วงการผสมพันธุ์ และเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการต่อสู้โดยตรง เพื่อประโยชน์ของตนเองและเพื่อลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บ

สัตว์จะไม่แสดงความก้าวร้าวแบบไม่มีวัตถุประสงค์ โดยจะต้องมีตัวปลดปล่อย (releaser) ที่เฉพาะเจาะจงเท่านั้น เช่น รูปร่าง สี เสียง สารเคมี เป็นต้น (คัตคินส์ ซึ่งนวงศ์อรุณ และณภัทร ดนัย, 2565) ในกรณีของปลากัด เป็นตัวอย่างของสัตว์ที่แสดงพฤติกรรมก้าวร้าวอย่างชัดเจน โดยพฤติกรรมนี้มีก่เกิดขึ้นเมื่อปลากัดอายุได้ประมาณ 1.5–2 เดือน (วันเพ็ญ มินกาญจน์, นงนุช เลหาวิสุทธิ์, และสุภาพ พรหมยศ, 2531) และเป็นการแสดงออกของพฤติกรรมการแข่งขันเพื่อที่อยู่และการผสมพันธุ์ วิธีการชูงของปลากัดมีหลายลักษณะเช่น การขยายกรอบนอกของลำตัวให้ใหญ่ขึ้น การเปลี่ยนสีของลำตัวให้เข้มขึ้น เป็นต้น (Monvises, Nuangsaeng, Sriwattanarothai, & Panijpan, 2009) เพื่อแย่งทรัพยากรและตำแหน่งการอยู่ โดยการแสดงพฤติกรรมนี้ส่งผลให้ฝ่ายตรงข้ามเลือกที่จะหลีกเลี่ยงการต่อสู้ ในสภาวะการต่อสู้ของปลากัด สามารถสังเกตเห็นการใช้ครีบต่าง ๆ ในการโจมตีศัตรู โดยมักมีการกัดกันโดยใช้ฟัน และมีการใช้ครีบต่าง ๆ เป็นอาวุธในการต่อสู้ เช่น ครีบกัน ครีบหาง และครีบหลัง เป็นต้น เพื่อทำให้ศัตรูล้มลง การต่อสู้ของปลากัดมักมีระยะเวลาไม่เกิน 15 - 20 นาที และมักมีการพักผ่อน 5-10 นาที ระหว่างการต่อสู้ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการปล่อยอากาศที่ผิวหนัง ปลากัดที่มีสายพันธุ์ที่สามารถรักษาการต่อสู้ได้นานเป็นชั่วโมงโดยไม่ต้องพัก และมีการใช้ครีบอย่างแม่นยำและรุนแรงในการโจมตีศัตรู (ยนต์ มุสิก และเตือนใจ โก้สกุล, 2548) โดยสรุปแล้ว พฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดเป็นตัวอย่างของการสื่อสารที่ใช้เพื่อการแข่งขันและการป้องกันเพื่อประโยชน์ของตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นธรรมชาติและมีความสำคัญในการสร้างความสมดุลของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ โดยมีการใช้ท่าทาง สีเสียง และอวัยวะต่าง ๆ เป็นเครื่องมือในการสื่อสารและการต่อสู้ที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การที่สัตว์มีพฤติกรรมก้าวร้าวที่มีประสิทธิภาพช่วยให้สัตว์มีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองและช่วยให้เจริญเติบโตได้อย่างมั่นคง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมปลากัดทดลอง

เตรียมปลากัด (*Betta splendens*) สายพันธุ์ HMPK (ปลากัด Half Moon) เพศผู้ อายุ 2 เดือน ครอบเดียวกัน จำนวน 91 ตัว (โมเดล 1 ตัว) มาแยกเลี้ยงเดี่ยวในภาชนะพลาสติกทรงกระบอกขนาด 1000 มิลลิลิตร 3 สี สีละ 30 ตัว โดยใส่น้ำบาดาลปริมาตร 800 มิลลิลิตร เปลี่ยนน้ำที่ใช้เลี้ยงทุกสัปดาห์ ให้อาหารทุกวันเวลา 18.00 น. โดยในช่วง 2-3 เดือนแรก ให้ตัวละ 3 เม็ด ช่วง 4-5 เดือนขึ้นไป ให้ตัวละ 6 เม็ด (Lichak, Barber, Kwon, Francis, & Bendesky, 2022)

การแบ่งกลุ่มทดลอง

ปลากัดกลุ่มที่ 1 เลี้ยงในภาชนะใส จำนวน 30 ตัว กลุ่มที่ 2 เลี้ยงในภาชนะสีเหลือง จำนวน 30 ตัว กลุ่มที่ 3 เลี้ยงในภาชนะสีน้ำเงิน จำนวน 30 ตัว ในแต่ละสีเขียนหมายเลขปลา 1 - 30 กำกับด้านบนภาชนะ กำหนดให้มีตัวที่เป็นโมเดลหรือตัวปลดปล่อย (releaser) 1 ตัว โดยคัดเลือกจากลักษณะที่แข็งแรง ขนาดลำตัวยาวเฉลี่ยประมาณ 5 เซนติเมตร และสีลำตัวเข้มเพื่อดึงดูดสายตาของปลากัดฝั่งตรงข้าม (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556; ยนต์ มุสิก และเตือนใจ โก้สกุล, 2548)

การทดสอบพฤติกรรมก้าวร้าว

ใช้โมเดลเป็นตัวล่อโดยการนำภาชนะของปลากัดโมเดลและปลากัดที่ทดสอบมาชิดกัน จับเวลา 1 นาที สังเกตพฤติกรรม ทำซ้ำจนครบทุกตัวและทุกสีภาชนะ เก็บข้อมูลสัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวม 24 สัปดาห์ บันทึกระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะแต่ละสีและอัตราการรอดของปลากัด กำหนดระดับของพฤติกรรมก้าวร้าวไว้ 5 ระดับ (การรุม ทองประจุแก้ว, 2556) ได้แก่ ระดับ 0 หมายถึง ไม่ตอบสนอง ระดับ 1 หมายถึง ว่ายวน ระดับ 2 หมายถึง ว่ายน้ำชนแก้ว ระดับ 3 หมายถึง กระพือครีบหน้า/หลังถี่ ๆ และระดับ 4 แผ่เหงือก

การวิเคราะห์ข้อมูล

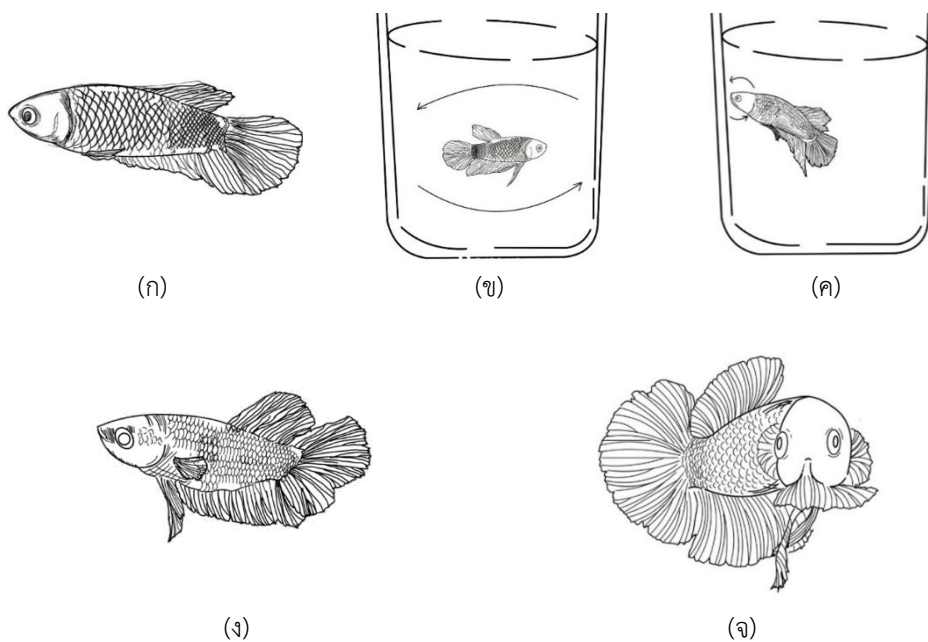
วิเคราะห์ข้อมูลการตอบสนองของปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะแต่ละสีต่อโมเดลรายสัปดาห์ โดยหาค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรมก้าวร้าว (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรมก้าวร้าวรายสัปดาห์ของภาชนะแต่ละสีมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของปลากัดที่เพิ่มขึ้นและสีของภาชนะเลี้ยงที่ต่างกัน โดยใช้ Two – way ANOVA ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ในโปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Version 26.0 และวิเคราะห์อัตราการรอดของปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะแต่ละสีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง

งานวิจัยนี้อยู่ภายใต้การกำกับดูแลจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของสถานที่ดำเนินการ (คกส.) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลขที่โครงการ CMRU-IAD 007/2566

4. ผลการวิจัย

แบบแผนพฤติกรรมก้าวร้าว

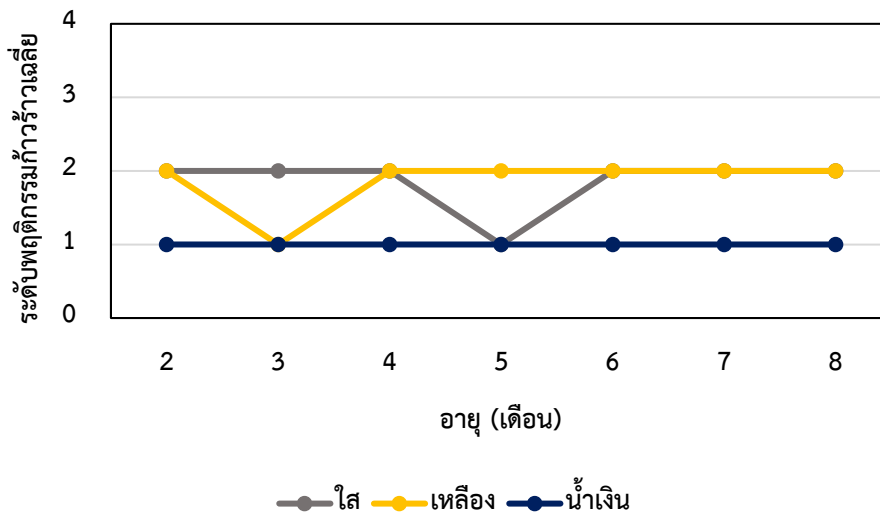
จากการสังเกตพฤติกรรมเบื้องต้น สามารถจำแนกแบบแผนพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดได้เป็น 5 ระดับ ดังนี้; (1) ระดับ 0 ไม่ตอบสนอง โดยปลากัดไม่มีการตอบสนองใด ๆ จะอยู่นิ่ง ไม่ว่ายน้ำ และมีการเก็บครีบไว้ข้างลำตัวทั้งหมด (2) ระดับ 1 ว่ายวน โดยปลากัดมีการว่ายน้ำวนรอบแก้ว หรือว่ายน้ำวนอยู่ในระยะตรงข้ามของโมเดล ไม่มีการแผ่ครีบโดยเฉพาะครีบท้อง (3) ระดับ 2 ว่ายน้ำขนานขณะ โดยปลากัดมีการว่ายน้ำขนานอยู่ในระยะตรงข้ามของโมเดล ไม่มีการแผ่ครีบโดยเฉพาะครีบท้อง (4) ระดับ 3 กระพือครีบหน้า/หลังถี่ ๆ โดยปลากัดมีการแผ่ครีบทุกส่วนและกระพือครีบด้านหน้า/หลังถี่ ๆ โดยไม่มีการหุบครีบตลอดช่วงที่ใช้โมเดลล่อ และไม่มีการแผ่เหงือกออกมา และ (5) ระดับ 4 แผ่เหงือก โดยปลากัดมีการแผ่เหงือกหันหน้าไปทางฝั่งโมเดล โดยจะแผ่ครีบทุกส่วนและกระพือ ว่ายน้ำขนานขณะหรือว่ายน้ำวนอยู่ในระยะตรงข้ามของโมเดล หรือกล่าวได้ว่าแสดงทุกระดับพฤติกรรมก่อนหน้า และมีการแผ่เหงือกเพิ่มขึ้นมา เมื่อปลากัดแสดงพฤติกรรมนี้ส่วนใหญ่จะขึ้นมาบนผิวน้ำถี่ขึ้น (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แบบแผนพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด 5 ระดับ; (ก) ระดับ 0 ไม่ตอบสนอง, (ข) ระดับ 1 ว่ายวน, (ค) ระดับ 2 ว่ายน้ำขนานขณะ, (ง) ระดับ 3 กระพือครีบหน้า/หลังถี่ ๆ, (จ) ระดับ 4 แผ่เหงือก

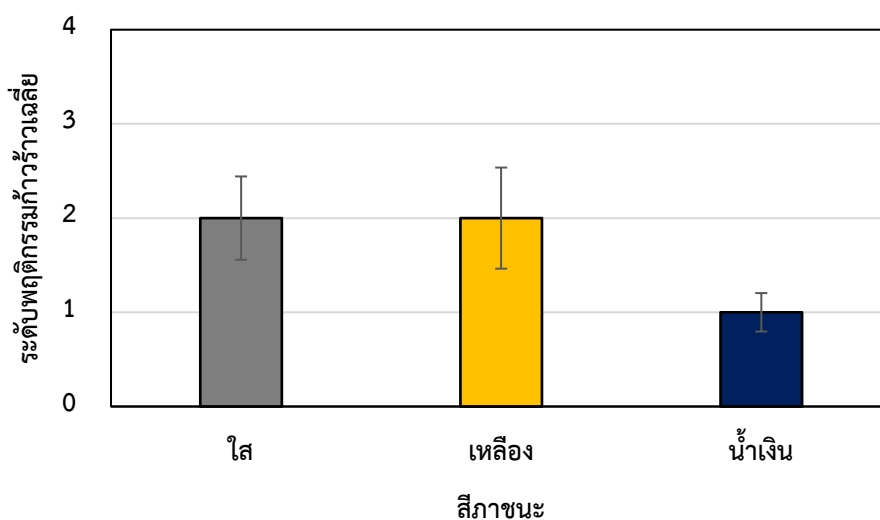
ระดับพฤติกรรมก้าวร้าว

จากการเก็บข้อมูลระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดที่ตอบสนองต่อโมเดลในแต่ละเดือน เมื่อนำระดับพฤติกรรมก้าวร้าวมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายเดือน โดยส่วนใหญ่ปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะใสและสีเหลืองแสดงระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเฉลี่ยในแต่ละเดือนในระดับ 2 ส่วนปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะสีน้ำเงินแสดงระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเฉลี่ยในระดับ 1 (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเฉลี่ยของปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะที่มีสีต่างกัน ตั้งแต่อายุ 2-8 เดือน

ระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเฉลี่ยของปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะทั้ง 3 สี ทั้งหมด 24 สัปดาห์ พบว่า ปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะสีมีค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเท่ากับ 2 ภาชนะสีเหลืองมีค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเท่ากับ 2 และภาชนะสีน้ำเงินมีค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเท่ากับ 1 (รูปที่ 3)

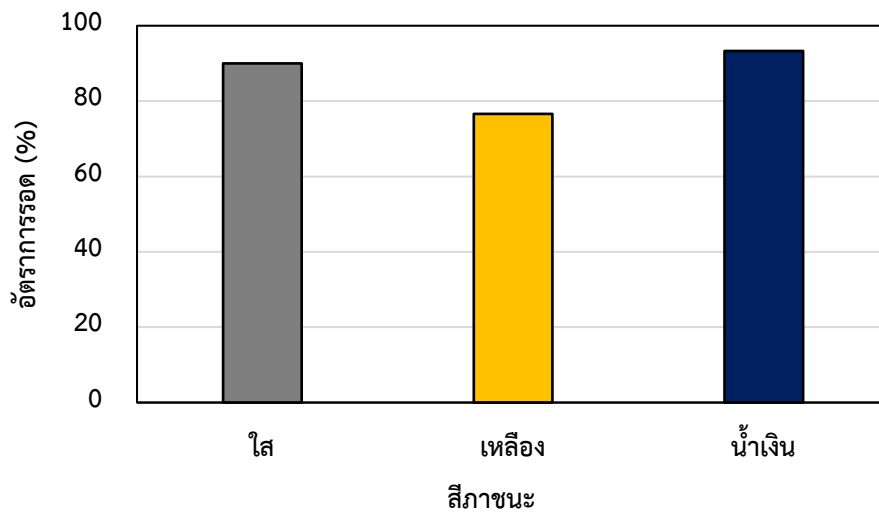


รูปที่ 3 ระดับพฤติกรรมก้าวร้าวเฉลี่ยของปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะทั้ง 3 สี ทั้งหมด 24 สัปดาห์

เมื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุของปลากัดที่เพิ่มขึ้นและสีของภาชนะเลี้ยงที่ต่างกัน พบว่าอายุที่เพิ่มขึ้นและภาชนะเลี้ยงสีต่างกันไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันที่ส่งผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด ($F_{(10,54)} = 1.67, p = 0.11$) เมื่อวิเคราะห์ผลของอายุต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F_{(5,54)} = 2.18, p = 0.07$) แสดงว่าอายุที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด แต่เมื่อวิเคราะห์ผลของสีภาชนะต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F_{(2,54)} = 32.72, p = 0.00$) แสดงว่าสีภาชนะส่งผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะสีน้ำเงินแสดงระดับพฤติกรรมก้าวร้าวแตกต่างจากในภาชนะสีและภาชนะสีเหลือง

อัตราการรอดของปลากัด

จากการเลี้ยงปลากัดในภาชนะที่มีสีแตกต่างกัน เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่า อัตราการรอดของปลากัดในภาชนะใส สีเหลือง และสีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 90.0, 76.6 และ 93.3 ตามลำดับ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 อัตราการรอดของปลากัด (%) ที่เลี้ยงในภาชนะทั้ง 3 สี ระยะเวลา 24 สัปดาห์

5. สรุปผลและอภิปรายผล

พฤติกรรมก้าวร้าวเป็นพฤติกรรมการสื่อสารอย่างหนึ่งของสัตว์ จุดประสงค์เพื่อขู่และขับไล่สัตว์ชนิดเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพศเดียวกันให้ออกห่างคู่ผสมของตนที่มีอยู่ หรือจะได้รับการ เช่น อาหารอาณาเขต คู่ผสมพันธุ์ และลูกอ่อน ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดการต่อสู้โดยตรง สัตว์มักจะขู่ด้วยท่าทาง เสียง หรือปล่อยสารเคมี ซึ่งจะส่งผลให้ฝ่ายตรงข้ามหนีไป วิธีการขู่นั้นสัตว์จะทำให้ตัวเองดูน่ากลัว อันได้แก่ ขยายกรอบนอกของลำตัวให้ดูใหญ่ขึ้น แสดงอาวุธที่มี เปลี่ยนให้สีของลำตัวดูเข้มขึ้น ตลอดจนส่งเสียงดัง เป็นต้น (Kareklas, Kunc, & Arnott, 2022) โดยการศึกษาครั้งนี้กำหนดพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดไว้ 5 ระดับ จากข้อมูลทั้ง 24 สัปดาห์ พบว่าในช่วงอายุเดือนที่ 3 ปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะสีเหลืองแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวจากค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวระดับ 2 ลดลงมาถึงค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวระดับ 1 เนื่องจากสภาพอากาศช่วงที่ทำการทดลองค่อนข้างร้อน อุณหภูมิสูง และสีเหลืองอาจไปเพิ่มอุณหภูมิภายในภาชนะเลี้ยง จึงทำให้ค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวลดลงในช่วงดังกล่าว (Jones, Newton-Youens, & Frommen, 2024) เมื่อสภาพอากาศกลับมาเป็นปกติในช่วงอายุเดือนที่ 4 เป็นต้นไป ค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวจึงกลับมาอยู่ในระดับที่ 2 ซึ่งพบว่าในช่วงอายุเดือนที่ 5 ปลากัดในภาชนะใสแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวจากค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวระดับ 2 ลดลงมาถึงค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวระดับ 1 เนื่องจากสภาพอากาศช่วงที่ทำการทดลองมีความแปรปรวน อุณหภูมิไม่คงที่ ฝนตกสลับกับอากาศที่ร้อน จึงทำให้ค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวลดลงในช่วงดังกล่าว (Kua et al., 2020) เมื่อสภาพอากาศกลับมาเป็นปกติในช่วงอายุเดือนที่ 6 เป็นต้นไป ค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวจึงกลับมาอยู่ในระดับ 2 และพบว่าปลากัดในภาชนะเลี้ยงสีน้ำเงินแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวคงที่ตั้งแต่ช่วงอายุ 2-8 เดือน โดยแสดงค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมก้าวร้าวระดับ 1

สีของภาชนะเลี้ยงส่งผลต่อพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด โดยสีของภาชนะที่ส่งผลต่อการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวได้ดีที่สุดคือภาชนะใสและภาชนะสีเหลือง ซึ่งเป็นการแสดงระดับพฤติกรรมก้าวร้าวที่ค่อนข้างที่จะคงที่ตั้งแต่ช่วงอายุ 2-7 เดือน นอกจากนี้ยังพบว่าบางครั้งปลากัดที่เลี้ยงในภาชนะใสและสีเหลืองแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวระดับที่สูงที่สุด (ระดับ 4) โดยปลากัดมีการแผ่เหงือกหันหน้าไปทางฝั่งโมเดล แผ่ครีบทุกส่วนและกระพือ ข่ายน้ำขนานหรือข่ายน้ำวนอยู่ในระยะตรงข้ามของตัวโมเดล เมื่อปลากัดแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวระดับนี้ส่วนใหญ่จะขึ้นมาบนผิวน้ำถี่มากขึ้น (ยนต์ มุสิก และเดือนใจ ไก่สกุล, 2548; Akagbulem, 2023; Bando, 1991; Fabian, 2019) สำหรับการมองเห็นของปลากัด บริเวณที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอ หรือไม่มีแสงสว่างเลยเป็นอุปสรรคต่อการมองเห็นของปลากัดเนื่องจากม่านตาของปลากัดเล็กและทำงานค่อนข้างช้าซึ่งทำให้แสงเข้าตาได้ไม่เพียงพอจึงทำให้มองเห็นในที่มืดได้ค่อนข้างแย่ เมื่อมีแสงสว่างจะทำให้ปลากัดสามารถมองเห็นคู่ต่อสู้ได้ดี สามารถมองแยกแยะสีได้ เนื่องจากภายในดวงตาของปลากัดมีเซลล์พิเศษที่เรียกว่า โคน (cones) ซึ่งช่วยให้ปลากัดสามารถ

แยกความแตกต่างของสีได้ดีเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) โดยในการทดลองนี้สีสว่างจะเปรียบเป็นภาษาหนังสือ สีที่มีดจะเปรียบเป็นภาษาหนังสือสีน้ำเงิน

ปลากัดที่เลี้ยงในภาษาสีน้ำเงินแสดงระดับพฤติกรรมก้าวร้าวต่ำที่สุด ซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวที่ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่ช่วงอายุ 2-7 เดือน ซึ่งพฤติกรรมก้าวร้าวที่แสดงส่วนใหญ่เป็นพฤติกรรมก้าวร้าวระดับ 0-1 โดยระดับ 0 ปลากัดไม่มีการตอบสนองใดๆ ปลากัดจะอยู่นิ่ง ไม่ว่ายน้ำ ปลากัดจะมีการเก็บครีบทันท์หมด ไม่แผ่ครีบ ไม่มีการว่ายน้ำไปมา หรือระดับที่ 1 ปลากัดจะว่ายน้ำวนรอบภาษา หรือว่ายน้ำวนอยู่ในระยะตรงข้ามของตัวโมเดล แต่ไม่มีการแผ่ครีบออกมาให้เห็น ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Volpato and Barreto (2001) ที่รายงานว่าแสงสีน้ำเงินช่วยลดระดับความเครียดที่เกิดจากการกักขัง ซึ่งหนึ่งในความเครียดของปลากัดคือพฤติกรรมก้าวร้าว ในการทดลองนี้สีของภาษาสีน้ำเงินอาจไปลดระดับพฤติกรรมก้าวร้าวลง ทำให้ปลากัดที่เลี้ยงในภาษาสีน้ำเงินแสดงพฤติกรรมก้าวร่ววน้อยที่สุดในบรรดาภาษาสีเลี้ยงทั้ง 3 กลุ่ม และ Angler (2024) ได้กล่าวว่าสภาพแวดล้อมแสงรอบตัวปลากัดส่งผลต่อการมองเห็นอย่างมาก หากแสงสว่างที่ไม่เพียงพออาจทำให้แยกแยะสีต่าง ๆ ได้ยาก ซึ่งสีน้ำเงินอาจทำให้ปลากัดมีการมองเห็นที่ค่อนข้างยาก จึงแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวต่อโมเดลที่มองเห็นน้อยที่สุด ปลากัดเริ่มแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวเมื่ออายุได้ประมาณ 1.5-2 เดือน (วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และคนอื่น ๆ, 2531) ซึ่งในการศึกษานี้ทำการศึกษาปลากัดช่วงอายุ 2-8 เดือน โดยปลากัดที่เลี้ยงในภาษาแต่ละสีแสดงระดับพฤติกรรมก้าวร้าวที่ค่อนข้างคงที่และไม่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของปลากัดที่เพิ่มขึ้นและสีของภาษาสีเลี้ยงที่ต่างกัน พบว่าอายุที่เพิ่มขึ้นและภาษาสีเลี้ยงที่ต่างกันไม่ได้มีผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด

สีของภาษาสีที่ต่างกันส่งผลต่ออัตราการรอดของปลากัด โดยปลากัดที่เลี้ยงในภาษาสีน้ำเงินมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด รองลงมาคือภาษาสีและภาษาสีเหลือง ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของซัลันดา กำเหนิดดี, ภูษณ แก้วคง , และสมหมาย เขียววาริศจัจจะ (2564) ศุภร์เทียนชัย แซ่ไคว้ (2561) และ Volpato and Barreto (2001) ที่ได้ทำการศึกษาสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลากัด ในรายงานได้ทำการทดสอบชี้ให้เห็นว่าภาษาสีน้ำเงินเหมาะสมในการเลี้ยงปลากัด เนื่องจากแสงสีน้ำเงินป้องกันการเกิดความเครียดที่เกิดจากการกักขัง หรือแสงสีน้ำเงินสามารถลดความเครียดของปลากัดได้ ซึ่งภาษาสีน้ำเงินที่ใช้เลี้ยงอาจไปลดความเครียดของปลากัด ทำให้ปลากัดที่เลี้ยงในภาษาสีน้ำเงินมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุดในการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม นอกจากนี้จากการศึกษาของวัชรวิภา ภูริวิโรจน์กุล และนนทวิทย์ อารีรักษ์ (2551) ยังพบว่าแบคทีเรียบางชนิดที่อยู่ในสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงอาจมีผลต่ออัตราการรอดของปลากัดที่เลี้ยงในภาษาสีต่าง ๆ ในรายงานของการรณ ทองประจุแก้ว (2556) ได้กล่าวถึงการเพาะเลี้ยงปลากัดในสภาพแวดล้อมที่เป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นสีโทนที่เพิ่มความสว่างให้กับสภาพแวดล้อม ภาษาสีเหลืองที่ใช้เลี้ยงปลากัดอาจไปกระตุ้นความเครียดของปลากัด และในช่วงของการทำการทดลองสภาพอากาศค่อนข้างร้อนจัด ภาษาสีเหลืองอาจไปกระตุ้นอุณหภูมิภายในภาษาสีเลี้ยงทำให้ปลากัดที่เลี้ยงในภาษาสีเหลืองมีอัตราการรอดชีวิตน้อยที่สุด

ดังนั้น จากการศึกษาอายุของปลากัดและสีของภาษาสีเลี้ยง ได้แก่ ภาษาสี ภาษาสีเหลือง และภาษาสีน้ำเงิน ที่กระตุ้นพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด พบว่าอายุที่เพิ่มขึ้นและภาษาสีเลี้ยงที่ต่างกันไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันที่ส่งผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด โดยอายุที่เพิ่มขึ้นของปลากัดไม่มีผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าว แต่สีของภาษาสีเลี้ยงโดยเฉพาะ ภาษาสีและภาษาสีเหลืองมีผลต่อระดับพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัดมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าปลากัดที่เลี้ยงในภาษาสีน้ำเงินมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด

6. เอกสารอ้างอิง

- Karino, K., & Someya, C. (2007). The influence of sex, line, and fight experience on aggressiveness of the Siamese fighting fish in intrasexual competition. *Behavioural Processes*, 75(3), 283-289.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). *การมองเห็นสี*. สืบค้น 20 กุมภาพันธ์ 2567, จาก https://km.dmcr.go.th/c_1/s_209/d_9904
- อมรรัตน์ เสริมวัฒนกุล. (2545). *การเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม*. เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม, กรุงเทพฯ : กลุ่มฝึกอบรมเกษตรกรรองฝึกอบรมกรมประมง.
- ยนต์ มุสิก, และเตือนใจ โกศลกุล. (2548). ปลากัด. ใน *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว* (pp.198-232), 30.

- Akagbulem, J. (2023). *Can Siamese fighting fish see in the dark?*. Retrieved 16 March 2024 from <https://fishkeepingadvice.com/Siamese fighting-fish-see-dark/>
- Angler, P. (2024). *What colors can Siamese fighting fish see? Their color vision*. Retrieved 25 March 2024 from <https://flyfishfinesse.com/what-colors-can-Siamese fighting-fish-see/>
- Bando, T. (1991). Visual perception of texture in aggressive behaviour of *Siamese fighting splendens*. *Journal of Comparative Physiology A*, 169, 51-58.
- Fabian, G. (2019). *Can Siamese fighting fish see in the dark?*. Retrieved 20 February 2024 from <https://www.aquariumnexus.com/Siamese fighting-fish-see-dark/>
- คัดคนัฐ ชี นวงศ์อรุณ และณภัทร ดนัย. (2565). พฤติกรรมของสัตว์. สืบค้น 18 มีนาคม 2567, จาก <https://ngthai.com/science/43413/animal-behavior/>
- วันเพ็ญ มินกาญจน์, นงนุช เลหาวิสุทธิ์, และสุภาพ พรหมยศ. (2531). การเพาะพันธุ์ปลากัด. เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการเพาะพันธุ์ปลากัด, กรุงเทพฯ : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ.
- Monvises, A., Nuangsaeng, B., Sriwattanarothai, N., & Panijpan, B. (2009). The Siamese fighting fish: Well-known generally but little-known scientifically. *ScienceAsia*, 35(1), 8-16.
- Lichak, M.R., Barber, J.R., Kwon, Y.M., Francis, K.X., & Bendesky, A. (2022). Care and use of Siamese fighting fish (*Siamese fighting splendens*) for research. *Comparative Medicine*, 72(3), 169-180.
- การุณ ทองประจุแก้ว. (2556). ชีววิทยาของปลากัด. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 41(1), 1-15.
- Kareklas, K., Kunc, H.P., & Arnott, G. (2022). Complex strategies: An integrative analysis of contests in Siamese fighting fish. *BMC Zoology*, 7, 59. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s40850-022-00156-3>
- Jones, N.A.R., Newton-Youens, J., & Frommen, J.G. (2024). Rise and fall: Increasing temperatures have nonlinear effects on aggression in a tropical fish. *Animal Behaviour*, 207, 1-11. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2023.10.008>
- Kua, Z.X., Hamilton, I.M., McLaughlin, A.L., Brodnik, R.M., Keitzer, S.C., Gilliland, J., ... Ludsin, S.A. (2020). Water warming increases aggression in a tropical fish. *Scientific Report*, 10, 20107. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76780-1>
- Volpato, G.L., & Barreto, R.E. (2001). Environmental blue light prevents stress in the fish *Nile tilapia*. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 34(8), 1041-1045.
- ชลันดา กำเหนิดดี, ภูษณ แก้วคง, และสมหมาย เขียววาริสัจจะ. (2564). ผลของสีที่เลี้ยงต่อการเจริญเติบโตและสีผิวหนังของปลากระดี่นางฟ้า. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 13(2), 259-268.
- ศุภร์เทียนชัย แซ่ไคว้. (2561). ผลของปริมาณน้ำและสีของภาชนะต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลากัด. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56* (น. 633-640). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วัชรียา ภูริวิโรจน์กุล และนนทวิทย์ อารียชน. (2551). ความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากปลากัดและความเป็นพิษของสารสกัดใบหูกวางต่อปลากัด. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44* (น. 109-116). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การพัฒนาแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือนสำหรับการฝึกการประกอบและติดตั้ง ระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล

เกติษฐ์ ใจดี *, ณรงค์กร เด็นหลักคำ และ สราวุธ บุญล้วน

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

47/433 หมู่ 3 ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

*E-mail: kedit.j@dti.or.th , เบอร์โทรศัพท์ 02-980-6198 ต่อ 2805

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality หรือ VR) สำหรับการเรียนรู้การประกอบและติดตั้งระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล (Electro-Optical Tracking System หรือ EOTS) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อน การใช้งาน EOTS จำเป็นต้องมีการฝึกและทบทวนอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การพัฒนาแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือนนี้จะช่วยให้การเรียนรู้เป็นเรื่องที่สะดวกและง่ายขึ้น งานวิจัยนี้ใช้ EON-XR ในการพัฒนาแอปพลิเคชันซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา ในขั้นตอนแรกได้สร้างโมเดล 3 มิติของชิ้นส่วนย่อยของ EOTS โดยใช้โปรแกรม Sketchup และจัดเตรียมไฟล์เนื้อหาสำหรับการเรียนรู้การประกอบและติดตั้ง EOTS จากนั้นจึงนำโมเดล 3 มิติและเนื้อหาดังกล่าวมาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ สามารถแสดงภาพ 3 มิติพร้อมข้อมูลประกอบ รวมทั้งสามารถใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา

คำสำคัญ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน, กล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล , EON-XR

Developing a Virtual Reality Application for Training in Assembly and Installation of Electro-Optical Tracking System

Kedit Jaidee*, Narongkorn Doenlakkham and Sarawut Boonlon

Defence Technology Institute

47/433 Moo 3, Chaengwattana Rd., Ban Mai, Pakkret, Nonthaburi 11120

*E-mail : Kedit.j@dti.or.th, Tel : 0 2980 6198 ext. 2805

Abstract

This research aims to develop a Virtual Reality (VR) application for learning how to assemble and install an Electro-Optical Tracking System (EOTS), a complex device that requires regular practice and review. The development of this VR application aims to make the learning process more convenient and accessible. The application was developed using EON-XR, making it compatible with both computers and mobile devices. The first step involved creating 3D models of the EOTS components using Sketchup software and preparing the instructional content for assembling and installing the EOTS. These 3D models and content were then developed into a learning application. The results of the application development indicate that the application functions effectively, displaying 3D images along with accompanying information, and is operable on both computers and mobile devices.

Keywords: Virtual Reality, Electro-Optical Targeting System (EOTS), EON-XR

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality หรือ VR) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาวิธีการเรียนรู้และฝึกอบรมในหลากหลายสาขา เนื่องจาก VR สามารถสร้างประสบการณ์เสมือนจริงที่มีปฏิสัมพันธ์ได้ ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการเรียนรู้ระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล (Electro-Optical Tracking System หรือ EOTS)

EOTS เป็นระบบกล้องที่สามารถติดตามบันทึกภาพวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เช่น การติดตามบันทึกภาพการเคลื่อนที่ของจรวด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การประกอบและติดตั้ง EOTS เพื่อใช้งานนั้นต้องการความชำนาญและการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง การฝึกอบรมในรูปแบบเดิม ๆ ที่ใช้คู่มือหรือการบรรยายอาจไม่เพียงพอที่จะสร้างความเข้าใจและทักษะที่จำเป็นให้กับผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชัน VR ที่สามารถช่วยในการฝึกการประกอบและติดตั้ง EOTS ให้เป็นเรื่องง่ายและเข้าถึงได้มากขึ้น โดยใช้เทคโนโลยี EON-XR ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา แอปพลิเคชันนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนได้ทุกที่ทุกเวลา และได้รับประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับการฝึกฝนในสถานการณ์จริง

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนในการฝึกอบรม

การใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (VR) ในการฝึกอบรมมีข้อดีหลายประการและได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในหลากหลายอุตสาหกรรม หนึ่งในข้อดีหลักคือความสามารถในการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนที่ปลอดภัยสำหรับการฝึกฝน ผู้ฝึกสามารถเรียนรู้และทดลองใช้ทักษะต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือความเสียหายต่ออุปกรณ์จริง การฝึกอบรมใน VR สามารถจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนและอันตรายได้อย่างละเอียด ผู้เรียนจึงสามารถฝึกฝนการตัดสินใจและการแก้ไขปัญหาในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ นอกจากนี้ การฝึกอบรมด้วย VR ยังช่วยประหยัดต้นทุน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ หรือสถานที่จริง ผู้เรียนสามารถฝึกฝนการประกอบและติดตั้งระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล (EOTS) โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์จริงซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการทดแทนอุปกรณ์ที่เสียหายจากการฝึกฝน ความยืดหยุ่นเป็นอีกข้อดีหนึ่งของการฝึกอบรมด้วย VR ผู้เรียนสามารถฝึกฝนได้ทุกที่ทุกเวลา โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องเรียนหรือสถานที่ฝึกอบรมเฉพาะ สามารถใช้แว่นตา VR หรืออุปกรณ์พกพาอื่น ๆ เพื่อเข้าถึงสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนจริง ทำให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนตามความสะดวกและความต้องการของตนเอง การทบทวนการฝึกฝนก็ทำได้ง่ายขึ้น ผู้เรียนสามารถกลับไปทบทวนเนื้อหาหรือสถานการณ์ที่เคยฝึกฝนเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและทักษะให้แข็งแรงยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ VR ยังสามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความสมจริงและมีปฏิสัมพันธ์ได้สูง ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุและสภาพแวดล้อมเสมือนจริงได้แบบเรียลไทม์ ทำให้การเรียนรู้มีความ

น่าสนใจและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ การใช้ VR ในการฝึกอบรมจึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับการพัฒนาทักษะในหลากหลายสาขา ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและมีความยืดหยุ่นสูง

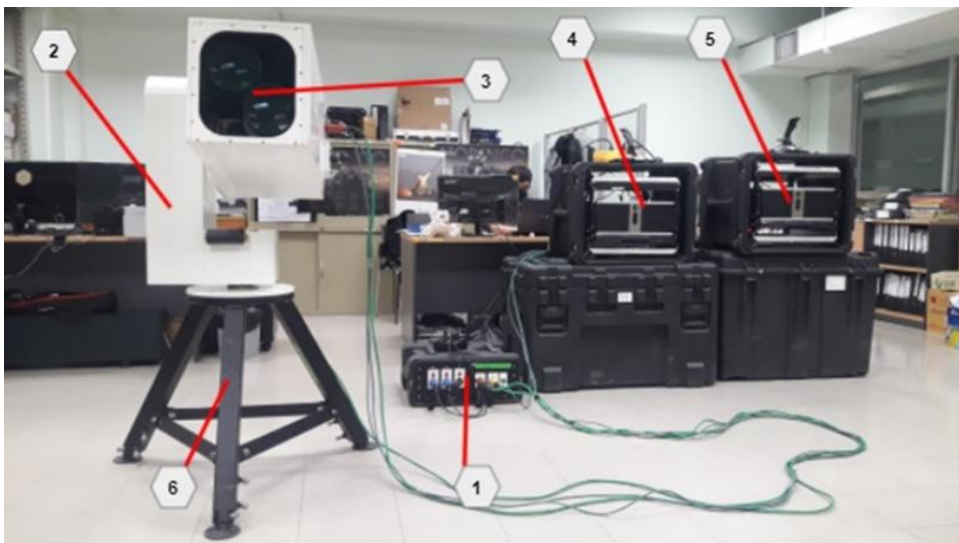
2.2 EON-XR

EON-XR เป็นแพลตฟอร์มที่ใช้สำหรับการสร้างได้ทั้งความเป็นจริงเสมือน (VR) และความเป็นจริงเสริม (AR) โดยเน้นการใช้งานในด้านการศึกษาและการฝึกอบรม มีคุณสมบัติเด่นที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างและจัดการเนื้อหาเสมือนจริงได้อย่างง่ายดายและมีประสิทธิภาพ หนึ่งในองค์ประกอบหลักของ EON-XR คือเนื้อหา 3 มิติ โดยผู้ใช้งานสามารถนำเข้าโมเดล 3 มิติจากซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เช่น Blender , SketchUp หรือโปรแกรมสร้างโมเดล 3 มิติอื่นๆ แล้วปรับแต่งโมเดลเหล่านั้นให้เหมาะสมกับการใช้งานใน VR และ AR ทำให้การสร้างเนื้อหาที่มีความสมจริงและน่าสนใจเป็นเรื่องที่สะดวกและรวดเร็ว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ออกแบบเนื้อหา

เนื้อหาที่พัฒนาขึ้นใหม่คือการสร้างโมเดล 3 มิติของชิ้นส่วนทั้งหมด ซึ่ง EOTS มีส่วนประกอบหลัก 6 ส่วน ได้แก่ (1) แหล่งจ่ายไฟ (2) Pan – Tilt (3) กล้อง (4) คอมพิวเตอร์ประมวลผล (5) คอมพิวเตอร์บันทึกภาพ (6) ขาตั้ง รายละเอียดตามรูปที่ 1

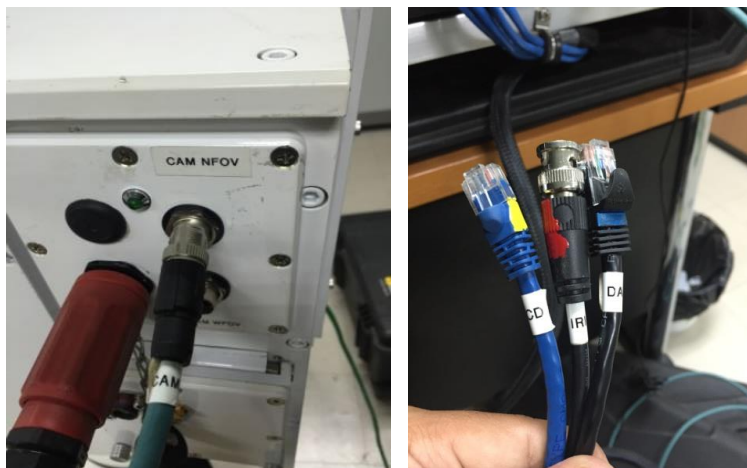


รูปที่ 1 ส่วนประกอบหลักของระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล

ในส่วนของวิธีการประกอบ,ติดตั้งและการเชื่อมต่อสายสัญญาณ จะใช้ข้อมูลจากคู่มือการปฏิบัติงานของ EOTS ซึ่งรายการประกอบและติดตั้งที่ใช้พัฒนาลงในแอปพลิเคชันเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการประกอบและติดตั้ง

ที่	รายการ
1	การประกอบขาตั้ง (Tripod)
2	การประกอบชุดขับเคลื่อนกล้อง (Pan-Tile) เข้ากับชุดขาตั้ง (Tripod)
3	การประกอบชุดกล้อง (Camera Enclosure) เข้ากับชุดขับเคลื่อนกล้อง (Pan-Tile)
4	การเชื่อมต่อสายไฟและสายสัญญาณ



รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพเนื้อหาการเชื่อมต่อสายไฟและสายสัญญาณ

3.2 พัฒนาโมเดล 3 มิติ

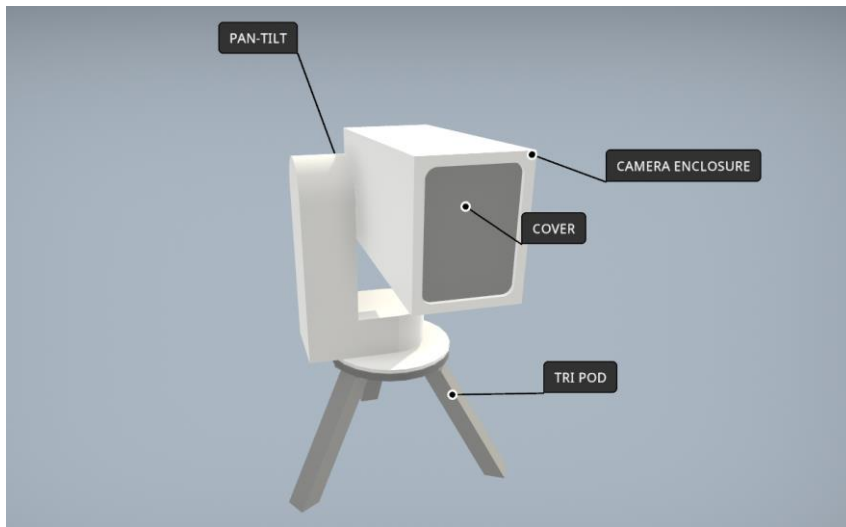
จัดทำโมเดล 3 มิติของส่วนประกอบของระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล โดยวัดขนาดจากอุปกรณ์จริง และสร้างโมเดลโดยใช้โปรแกรม SketchUp

3.3 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

ใช้ EON-XR แพลตฟอร์มในการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยโมเดล 3 มิติ ที่สร้างจากโปรแกรม Sketchup ได้บันทึกในรูปแบบไฟล์ fbx จากนั้นทำการอัปโหลดไฟล์ 3 มิติไปยังเว็บไซต์ sketchfab.com ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของส่วนประกอบหลักทั้ง 6 ส่วนของ EOTS จากนั้นจึง Import ไฟล์เข้ามาใน EON-XR และเชื่อมโยงเนื้อหาการประกอบขาตั้ง, การประกอบชุดขับเคลื่อนกล้อง (Pan-Tile), การประกอบชุดกล้อง (Camera Enclosure), การเชื่อมต่อสายไฟและสายสัญญาณ แบบ รูปภาพ, PDF กับโมเดล จากนั้นจะทำการทดสอบการใช้งานกับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา

4. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการฝึกการประกอบและติดตั้งระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล (Electro-Optical Tracking System: EOTS) โดยใช้แพลตฟอร์ม EON-XR ได้ผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ มีความสามารถในการแสดงภาพสามมิติของโมเดล EOTS อย่างคมชัดและมีความละเอียดสูง



รูปที่ 3 ภาพการแสดงส่วนประกอบของ EOTS บนแอปพลิเคชันที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์

การใช้งานของแอปพลิเคชันไม่มีปัญหาและสามารถทำงานได้บนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา ผลการทดสอบการใช้งานเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน

อุปกรณ์ / OS	ฟังก์ชันการทำงาน			
	Annotations	Exploded View	Transparency	Content
คอมพิวเตอร์ (Windows)	/	/	/	/
อุปกรณ์พกพา(Android)	/	/	/	/

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้สรุปได้ว่าผลการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการฝึกการประกอบและติดตั้งระบบกล้องติดตามถ่ายภาพระยะไกล (EOTS) โดยใช้แพลตฟอร์ม EON-XR ได้ผลลัพธ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพ สร้างความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ในการศึกษาและฝึกฝนทักษะการใช้งาน EOTS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีปัญหาใด ๆ เกิดขึ้นในกระบวนการใช้งานทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ส่วนทดสอบและประเมินผล ฝ่ายมาตรฐานและความปลอดภัย สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

1. รจนา ศรีพัฒนาพันธุ์เลิศ และคณะ. (2564). สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเรื่องระบบสุริยะสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารครุศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (2564), 51-62.
2. อุไรวรรณ ศรีไชยเลิศ และ สรเดช ครุฑจ้อน. (2560). การพัฒนาสื่อการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง 2 มิติ แบบมีปฏิสัมพันธ์เรื่องปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. นครปฐม:มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
3. เกศรินทร์ โชคเพิ่มพูน. (2560). การผลิตสื่อมัลติมีเดียเพื่อพัฒนากระบวนการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง: กรณีศึกษาพิพิธภัณฑ์ เมืองนครราชสีมา. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 43(2), 217-235.
4. จักรพันธ์ นิลพัฒน์. 2561. สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
5. อัครเทพ อัครคีเดช. (2563). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเรื่อง เครื่องดนตรีสากล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
6. Aati, K., Chang, D., Edara, P., and Sun, C. (2020). Immersive Work Zone Inspection Training Using Virtual Reality. *Transp. Res. Rec.* 2674 (12), 224–232.
7. Akdere, M., Acheson, K., and Jiang, Y. (2021a). An Examination of the Effectiveness of Virtual Reality Technology for Intercultural Competence Development. *Int. J. Intercult. Relat.* 82, 109–120.
8. Bao, X., Mao, Y., Lin, Q., Qiu, Y., Chen, S., Li, L., et al. (2013). Mechanism of Kinect-Based Virtual Reality Training for Motor Functional Recovery of Upper Limbs after Subacute Stroke. *Neural Regen. Res.* 8, 2904–2913.
9. Bossard, C., Kermarrec, G., Buche, C., and Tisseau, J. (2008). Transfer of Learning in Virtual Environments: a New Challenge?. *Virtual Real.* 12, 151–161.
10. Sacks, R., Perlman, A., and Barak, R. (2013). Construction Safety Training Using Immersive Virtual Reality. *Constr. Man.. Econ.* 31, 1005–1017.

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอินทรีย์ เปรียบเทียบกับสูตรอาหารเชิงพาณิชย์

สุดาพร ตงศิริ* จงกล พรหมยะ และ นิสรา กิจเจริญ

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร
อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
*sudap2515@gmail.com, 081-1113162

บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรอาหารอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด โดยสร้างสูตรอาหารจากวัตถุดิบพื้นบ้าน คือ ถั่วเหลือง รำ และ ปลายข้าว ให้มีโปรตีน 25 (on-farm25) และ 30 (on-farm30) เปอร์เซ็นต์ เทียบกับอาหารที่มีขายในท้องตลาด (com25, com30) เลี้ยงปลาน้ำจืดขนาด 50 กรัม เลี้ยงในกระชังที่กางในบ่อดิน กระชังขนาด 1X1 เมตร โดยใช้ความหนาแน่นกระชังละ 30 ตัวต่อกระชัง ให้อาหารปลาน้ำจืด 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลอง พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และ อัตรารอดของทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ใน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ปลาน้ำจืดที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ผลิตเองที่มีโปรตีนแตกต่างกัน 2 สูตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่มีขายในท้องตลาด พบว่าการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ ปลาน้ำจืดอินทรีย์ อาหารสัตว์น้ำอินทรีย์ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

Growth Performance of *Pangasianodon gigas* fed with organic feed compared to commercial feed

Sudaporn Tongsirir* Jongkon promya and Nissara Kitcharoen

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University Nong Han Subdistrict,
San Sai District, Chiang Mai Province 50290
*sudap2515@gmail.com, 081-1113162

Abstract

The study of organic feed suitable for *Pangasianodon gigas* cultivation. The formulation of feed from local ingredients, soybeans, rice bran, and broken rice, to contain 25 (on-farm25) and 30 (on-farm30) percent protein. To compare with commercial feed in the market (com25, com30). The fish size 50 grams, cultivation in cage size 1X1 meter. The density of 30 fish per cage was used. The fish were fed 5 percent of body weight, twice a day, morning and evening. The experiment was carried out for 60 days. The resulted were found that fish fed with 25 percent and 30 percent protein were not significantly different ($p>0.05$) in weight gain, average daily gain, feed conversion rate and survival rate. It can be concluded that *Pangasianodon gigas* fed with 2 on-farm formula feeds different proteins contains were found that as the same growth performance compared with commercial feed.

Keywords: Organic *Pangasianodon gigas*, organic fish feed, weight gain

1. บทนำ

ปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ ต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนานกว่าจะโตเต็มวัย ปัจจุบันปลาบึกจัดอยู่ในบัญชีสัตว์คุ้มครองของอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง (CITES) บัญชีหมายเลข 1 คือ ห้ามมิให้ทำการค้าขายปลาบึกธรรมชาติโดยเด็ดขาด และประเทศไทยได้มีการออกกฎหมายห้ามจับปลาบึกตั้งแต่เมื่อปี 2549 เป็นต้นมา (ประชาสัมพันธ์ กรมประมง, 2562) จึงทำให้มี การเพาะเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเลี้ยงปลาบึกต้องใช้ระยะเวลาเลี้ยงนาน 5 - 6 ปี จึงจะได้ปลาตัวเต็มวัย ต้นทุนค่าอาหารจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเลี้ยง การนำแนวทางการเพาะเลี้ยงแบบอินทรีย์ซึ่งมีการใช้อาหารธรรมชาติ เช่น สาหร่าย และ แพลงก์ตอน จะเหมาะสมกับปลาบึกเพราะตามธรรมชาติปลาบึกมักจะกินพวกแพลงก์ตอนและสาหร่ายหรือบางครั้งก็เป็นพวกตัวอ่อนของแมลงในน้ำหรือตามโขดหินได้ (เกรียงศักดิ์, 2548) นอกจากนี้แล้วยังมีการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารสำเร็จรูป ที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ (Tongsiri *et al.*, 2010) และ 32 เปอร์เซ็นต์ (Panase *et al.*, 2018) รวมถึงมีการเลี้ยงปลาบึกร่วมกับปลานิลแปลงเพศ โดยให้อาหารที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์เลี้ยง (สุทัศน์ และคณะ, 2565) ซึ่งแนวทางหนึ่งเพื่อให้เกิดการเพาะเลี้ยงปลาบึกอย่างยั่งยืน คือ การเพาะเลี้ยงโดยใช้อาหารจากธรรมชาติ ร่วมกับการหาวัตถุดิบที่ผลิตได้ในพื้นที่อินทรีย์ เช่น ถั่วเหลือง รำ ปลายข้าว และ ผลผลิตเกษตรอื่นๆ สามารถนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์ มาใช้ในสูตรอาหารเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ จากเหตุผลปัจจัยข้างต้นจึงนำมาสู่การวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อสร้างสูตรอาหารและศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของการเลี้ยง ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอินทรีย์เปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาด

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แผนพัฒนาประเทศไทยปี พ.ศ.2560-2564 รัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาการเกษตรสู่ความเป็นเลิศด้านอาหารที่ครอบคลุมประเด็นปริมาณการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารเพียงพอและความหลากหลายต่อความต้องการในการบริโภคมีคุณภาพมาตรฐานเทียบเท่าระดับสากล และมีความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง และพบว่าพื้นที่เกษตรอินทรีย์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเพิ่มขึ้นเป็น 500,000 ไร่ในปี 2564 โดยการเร่งพัฒนาและขับเคลื่อนการผลิตเกษตรอินทรีย์อย่างจริงจัง เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองทางด้านอาหาร มีหลักประกันมั่นคงด้านอาชีพและมีคุณภาพชีวิตที่ดี รวมทั้งเกษตรกรรุ่นใหม่เข้าสู่ภาคเกษตรอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2560) แนวทางหนึ่งซึ่งส่งเสริมเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือ การผลักดันให้มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบอินทรีย์ให้เพิ่มมากขึ้น

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบอินทรีย์ ต้องใช้แนวทางและวัตถุดิบอาหารอินทรีย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ ซึ่งมีมาตรฐานการผลิตอาหารอินทรีย์สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ตามข้อกำหนดของเกษตรอินทรีย์ (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2560) โดยมีข้อกำหนดดังนี้ คือ องค์ประกอบของอาหารได้จากวัตถุดิบธรรมชาติหรือเกษตรอินทรีย์หรือได้รับการยินยอมจากกรมประมง ให้มีส่วนประกอบที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติหรือเกษตรอินทรีย์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และได้รับการอนุมัติจากกรมประมงให้มีส่วนประกอบอาหารสัตว์ที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติหรือเกษตรอินทรีย์ ปริมาณที่ต่ำกว่าร้อยละ 60 ในช่วงเวลาที่จำกัด ช่วงหนึ่ง การใช้วิตามินหรือแร่ธาตุสังเคราะห์ในส่วนผสมของอาหาร ต้องได้รับการยินยอมจากกรมประมง และไม่ใช่สารเคมีและวัสดุต่อไปนี้เป็นอาหารสัตว์น้ำ คือ เคมีภัณฑ์กลุ่มเบตาอะโกนิสท์ เคมีภัณฑ์ชนิดคลอแรมเฟนิคอล ฟูราโซลิโดน อะโวพาร์ซิน ไนโตรฟูราโซน ยูเรีย กรดอะมิโนบริสุทธิ์ สารสังเคราะห์ที่กระตุ้นการกินอาหาร วัสดุหรือผลผลิตที่มีการดัดแปรพันธุกรรม สีสผสมอาหารสังเคราะห์ และ สารที่ห้ามใช้ในอาหารสัตว์น้ำตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาหารสัตว์ ในขณะที่ ถ้าเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีการจับมาจากธรรมชาติหรือรวบรวมวัตถุดิบจากธรรมชาติจะต้องมีความรับผิดชอบ โดยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาบึกที่มีการจับเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณกลับลดลงทุกปี และข้อกำหนดอีกข้อคือ องค์ประกอบอย่างน้อยร้อยละ 50 ของโปรตีนต้องมาจากส่วนเหลือใช้หรือวัสดุอื่นที่ไม่เหมาะสมสำหรับการบริโภคของมนุษย์ (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2560) จากหลักการของเกษตรอินทรีย์ หากต้องการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์จะต้องมีการเตรียมวัตถุดิบอาหารให้เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยง ซึ่งการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้หาแนวทางในการผลิตอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์โดยใช้วัตถุดิบอินทรีย์ที่มีในท้องถิ่น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ในเพิ่มมากขึ้น และเป็นแนวทางไปสู่การผลิตอาหารปลอดภัยที่เป็นที่ต้องการของตลาดในอนาคตด้วย

งานวิจัยเบื้องต้นโดยมีการใช้พืชโปรตีนอินทรีย์ทดแทนปลาป่นซึ่งสามารถทดแทนปลาป่นได้ที่ 47% ซึ่งผลที่ได้พบว่าการเจริญเติบโตของปลาเทราต์อินทรีย์ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Lund *et al.*, 2011) เช่นเดียวกับ Lunger *et al.* (2007) ได้ศึกษาผลของการเจริญและคุณภาพเนื้อของลูกปลาช่อนทะเลที่เลี้ยงด้วยแหล่งโปรตีนเสริมอินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่า ในสูตรอาหารที่ลดปลาป่นลงถึง 8% และไม่มีการเสริมโปรตีนอินทรีย์ มีการเจริญเติบโตต่ำ ในขณะที่ ปลาที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมโปรตีนอินทรีย์ มีการเจริญเติบโต และมีคุณภาพเนื้อใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม เช่นเดียวกันกับปลาเรนโบว์เทราต์ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดแทนปลาป่นด้วยโปรตีนจากมันฝรั่งอินทรีย์ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาหาวัตถุดิบอินทรีย์ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ในเพิ่มมากขึ้น และเป็นแนวทางไปสู่การผลิตอาหารปลอดภัยที่เป็นที่ต้องการของตลาดในอนาคตด้วยและนำไปสู่การพัฒนาเป็นอาหารสัตว์น้ำอินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีการนำแหล่งโปรตีนจากสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบอินทรีย์ชนิดอื่น นอกเหนือจากปลาป่นมาใช้ในสูตรอาหาร เช่น หนอนแมลงวันลาย ซึ่งมีการนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะมีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งพบว่า มีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ 34-74 เปอร์เซ็นต์ (Maulu *et al.*, 2022) การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลาย พบว่า เป็นแหล่งของโปรตีนสูง และมีกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบสูงด้วยเช่นกัน (Mohan *et al.*, 2022) ซึ่งพบกรดอะมิโนในกลุ่มของ อะลานีน อาร์จินีน กรดแอสปาดิก กรดกลูตามิก ฮีสติดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมทไทโอนีน เมทไทโอนีน ฟินิลอะลานีน โพรลีน ซีลีน ทรีโอนีน ทริปโตฟาน และ ไทโรซีน (Mohan *et al.*, 2022) และยังพบว่า มีส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า มี ส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (PUFAs) เป็นองค์ประกอบด้วย จากคุณสมบัติที่กล่าวมา หนอนแมลงวันลายจึงมีการศึกษาเพื่อใช้ในการเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Lalander *et al.*, 2019) และพบว่า มีการนำมาทดแทนในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล โดย Tippayadara *et al.* (2021) ได้ศึกษาการทดแทนปลาป่นด้วยหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของปลานิลไม่มีความแตกต่างกัน และสามารถใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนปลาป่นได้ 100 เปอร์เซ็นต์

ปลาบึก สามารถทำการเลี้ยงได้ทั้งในบ่อ คอก และกระชัง (เกรียงศักดิ์, 2548) ความหนาแน่นในการเลี้ยงปลาบึกเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมาก จากข้อมูลการเลี้ยงในบ่อดิน พบว่า ปลาบึกจะสามารถโตเฉลี่ย 4 - 5 กิโลกรัม/ปี (เกรียงศักดิ์, 2539) การเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารสำเร็จรูป พบว่า มีการใช้อาหารที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ (Tongsiri *et al.*, 2010) และ 32 เปอร์เซ็นต์ (Panase *et al.*, 2018) รวมถึงมีการเลี้ยงปลาบึกร่วมกับปลานิลแปลงเพศ โดยให้อาหารที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์เลี้ยง (สุทัศน์ และ คณะ, 2565) จากการเพาะเลี้ยงปลาบึกโดยใช้สูตรอาหารที่กล่าวมา สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงปลาบึกเชิงพาณิชย์ โดยการสร้างสูตรอาหารอินทรีย์ที่มีโปรตีนเหมาะสมต่อการเจริญของปลาบึก ซึ่งเป็นการผลักดันให้มีการเลี้ยงปลาบึกในรูปแบบอินทรีย์ต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง

ใช้ปลาบึกขนาด 50 กรัม เลี้ยงในกระชังที่กางในบ่อดิน กระชังขนาด 1X 1 เมตร โดยใช้ความหนาแน่นกระชังละ 30 ตัว ปริมาณน้ำที่ใช้เป็นแหล่งน้ำจากธรรมชาติที่มีการปล่อยเข้าในบ่อทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์

การสร้างสูตรอาหารอินทรีย์และวางแผนการทดลอง

การสร้างสูตรอาหารโดยใช้ วัตถุดิบอาหารพื้นบ้านอินทรีย์ ในกลุ่ม ถั่วเหลือง รำ และ ปลาช่อน สร้างสูตรอาหารอินทรีย์เพื่อเลี้ยง ปลาบึกอินทรีย์ ที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และ 30 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ โดยการสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำ มีการใช้วัตถุดิบ คือ ถั่วเหลือง รำ ปลาช่อน ที่ได้ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบทั้ง 3 พบว่า ถั่วเหลืองมีโปรตีน 44.09 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ รำ มีโปรตีน 16.89 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ และ ปลาช่อน มีโปรตีน 10.21 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ ของถั่วเหลือง รำ และ ปลาช่อน มีค่าดังนี้ ความชื้นมีค่าเท่ากับ $10.08 \pm 0.80, 10.29 \pm 0.18$ และ 10.74 ± 0.40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้ามีค่าเท่ากับ $4.35 \pm 0.06, 11.37 \pm 0.21$ และ 1.14 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับ $20.73 \pm 0.83, 3.28 \pm 0.18$ และ 0.58 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใยมีค่าเท่ากับ $9.50 \pm 0.26, 18.07 \pm 0.32$ และ 1.58 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ จากคุณค่าทางโภชนาการที่วิเคราะห์ได้ โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนของวัตถุดิบแต่ละตัว ได้นำมาสร้างสูตรอาหารที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่วนวัตถุดิบ (ตารางที่ 1) เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารที่ผลิตเองทั้งสองสูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ได้ 24.50 ± 0.77

เปอร์เซ็นต์ และสูตรอาหารที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ได้ 30.41 ± 0.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนที่กำหนดไว้ในส่วนของค่าวิเคราะห์อื่น ๆ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สูตรอาหารเลี้ยงปลาบิกที่มีโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์

วัตถุดิบอาหาร	25 เปอร์เซ็นต์	30 เปอร์เซ็นต์
ถั่วเหลือง	42	65
รำ	37	14
ปลายข้าว	20	20
วิตามิน	1	1
โปรตีน	25	30
Proximate analysis		
โปรตีน	24.50 ± 0.77	30.41 ± 0.96
ความชื้น	13.24 ± 0.25	9.14 ± 0.80
เถ้า	12.38 ± 0.33	11.18 ± 0.48
ไขมัน	10.27 ± 0.31	8.65 ± 0.67
ไฟเบอร์	6.17 ± 0.16	4.75 ± 0.66

การวางแผนการทดลองเป็นการเปรียบเทียบอาหารอินทรีย์ ที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และ 30 เปอร์เซ็นต์ กับสูตรอาหารที่มีขายในท้องตลาด แบ่งเป็น 4 ชุดทดลอง ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารชนิดเม็ดโปรตีน 25% (com25)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารชนิดเม็ดโปรตีน 25% (on-farm25)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารชนิดเม็ดโปรตีน 30 % (com30)

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารชนิดเม็ดโปรตีน 30% (on-farm30)

อาหารทดลอง ทั้ง 4 ชุดการทดลอง นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารตามวิธีการของ AOAC (1990)

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์(CRD) ในทุกชุดทดลอง ให้อาหารปลาบิก 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตรวจวัดความยาวและน้ำหนักของปลาบิกทุกๆ 14 วัน จนครบระยะเวลาของการทดลอง

เก็บข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

1. น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Mean weight gain)
2. อัตรารอด (Survival rate)
3. อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)
4. น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth)
5. ความยาวเพิ่มเฉลี่ยของปลา (Length gain)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละ ทริตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทริตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองเลี้ยงปลาบึกด้วยสูตรอาหารตามชุดทดลองทั้ง 4 ชุดทดลอง เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 285.15 ± 1.49 , 287.45 ± 1.60 , 286.55 ± 3.20 และ 288.25 ± 1.03 กรัม ส่วนความยาวที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 25.50 ± 0.04 , 25.52 ± 0.06 , 25.50 ± 0.09 และ 25.57 ± 0.02 เซนติเมตร ในด้านของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่ามีค่า 0.3325 ± 0.02 , 0.3475 ± 0.01 , 0.3425 ± 0.03 และ 0.3425 ± 0.02 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่า 2.81 ± 0.10 , 2.92 ± 0.10 , 2.83 ± 0.10 และ 2.88 ± 0.10 ตามลำดับ และ อัตรารอดในทุกชุดการทดลองเท่ากับ 100 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองจะเห็นได้ว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และ อัตรารอดของทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และ พบว่า ปลาบึกที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ผลิตเอง เปรียบเทียบกับอาหารที่มีขายในท้องตลาดไม่มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผลิตเองเทียบกับอาหารที่มีขายในท้องตลาด

ชุดการทดลอง	น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ความยาวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	อัตราการรอด (%)
com25	286.55 ± 3.20	25.50 ± 0.09	0.34 ± 0.03	2.81 ± 0.10	100 ± 0.00
on-farm 25	285.15 ± 1.49	25.50 ± 0.04	0.33 ± 0.02	2.92 ± 0.10	100 ± 0.00
com30	288.25 ± 1.03	25.57 ± 0.02	0.34 ± 0.02	2.83 ± 0.10	100 ± 0.00
on-farm 30	287.45 ± 1.60	25.52 ± 0.06	0.34 ± 0.01	2.88 ± 0.10	100 ± 0.00

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย \pm SE ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Turkey's Test

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึกที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอินทรีย์และสูตรอาหารเชิงพาณิชย์ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และ อัตรารอด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับ Tongsir et al., (2010) ที่เลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และ Panase et al., (2018) เลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ และ Saikaew et al., (2013) ได้ศึกษาปลาบึกลูกผสม และได้เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 28-30 เปอร์เซ็นต์ด้วยเช่นกัน ซึ่งได้มีการศึกษา ของ สุทัศน์ และ คณะ (2565) ได้เลี้ยงปลาบึกผสมปลานิลแปลงเพศ มีการให้อาหารที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และ มีการเลี้ยงปลาบึกในบ่อดินโดยให้อาหารแตกต่างกัน พบว่า อาหารปลาตุ๊กเล็ก โปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ วันละ 1 มื้อ มีความเหมาะสม ในส่วนของปลากดอเมริกัน พบว่า มีการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากับ 33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญ (Nguyen et al., 2022) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Liu et al., (2022) มีการให้อาหารลูกพันธุ์ปลาสวย โดยให้ที่ระดับโปรตีน 34 เปอร์เซ็นต์ เหมือนกันกับการศึกษาของ Phuong et al. (2023) ที่เลี้ยงปลาตุ๊กลายด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ จากงานวิจัยที่กล่าวมาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของปลาบึก และ ปลาบึก มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

จากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า สูตรอาหารอินทรีย์ที่ผลิตเองที่มีโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับอาหารเชิงพาณิชย์สามารถใช้อาหารอินทรีย์ที่ผลิตเองในระดับโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ในการเพาะเลี้ยงปลาบึกอินทรีย์ได้ และ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากอาหารปลาเชิงพาณิชย์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของทุนวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสูตรอาหารเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์” ซึ่งเป็นโครงการภายใต้ งานวิจัย มจ.1-67-11-002.1: การผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์เพื่อผลิตอาหารปลอดภัยในเขตจังหวัดเชียงใหม่และภาคเหนือตอนบน ได้รับ ทุนสนับสนุนจากทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ปี 2567 มหาวิทยาลัยแม่โจ้

7. เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. (2539). แนวทางการเพาะปลาน้ำจืดและปลาตู้ในบ่อดิน. รายงานการวิจัยสำนักงานวิจัยและส่งเสริม การเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 32 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. (2548). การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง. คณะผลิต กรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 152หน้า.
- ประชาสัมพันธ์ กรมประมง, (2562). ประกาศ ขอความร่วมมือ “งดปล่อยปลาน้ำจืดลงแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาน้ำ”. สืบค้นจาก [facebook.com/227334884050780/photos/a.571529886297943/2329048970546017/?paipv=0&eav=AfYbv36GqO_2eOXLStteZM2IK034bkT7U0oeVcU0feERsmjdK25vSKr7JzfczyEo_U&_rdr](https://www.facebook.com/227334884050780/photos/a.571529886297943/2329048970546017/?paipv=0&eav=AfYbv36GqO_2eOXLStteZM2IK034bkT7U0oeVcU0feERsmjdK25vSKr7JzfczyEo_U&_rdr)
- สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. (2560). มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ Organic Standard 2016. สืบค้นจาก <http://www.actorganic-cert.or.th/download/organic-standards>
- สุทัศน์ เผือกจัน จารึก นาชัยเพิ่ม และ ยุทธนา พิลาคง. (2565). การเลี้ยงปลาน้ำจืดร่วมกับปลานิลแปลงเพศเชิงพาณิชย์ในบ่อดิน. เอกสารเผยแพร่ 1/2565, สำนักงานประมงจังหวัดหนองคาย. กรมประมง. 38 หน้า.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Vol. II, 15th ed. Sec.985.29. The Association: Arlington, VA.
- Lalander C., Diener, S. Zurbrugg, C. & Vinerås, B.. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences
- Liu, Y., Fu, X., Huang, H., Fan, J., Zhou, H., Deng, J., & Tan, B. (2022). High dietary histamine induces digestive tract oxidative damage in juvenile striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Antioxidants*, 11(11), 2276.
- Lund, M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., & Estévez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular nutrition & food research*. 55(1), 83-95.
- Lunger, A. N., McLean, E., & Craig, S. R. (2007). The effects of organic protein supplementation upon growth, feed conversion and texture quality parameters of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*. 264(1-4), 342-352.
- Maulu, S., Langi, S., Hasimuna, O. J., Missinhoun, D., Munganga, B. P., Hampuwo, B. M., ... & Dawood, M. A. (2022). Recent advances in the utilization of insects as an ingredient in aquafeeds: A review. *Animal Nutrition*.
- Mohan K., Rajan D. K., Muralisankar T., Ganesan A. R., Sathishkumar P., Revathi N., (2022). Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. *Aquaculture*, Volume 553: 738095.
- Nguyen, K. Q., Bruce, T. J., Afe, O. E., Liles, M. R., Beck, B. H., & Davis, D. A. (2022). Growth performance, survival, blood chemistry, and immune gene expression of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed probiotic-supplemented diets. *Veterinary Sciences*, 9(12), 701.
- Panase P., Uppapong S., Tuncharoen S., Tanitson J., Soontornprasisit K., Intawicha P., (2018). Partial replacement of commercial fish meal with Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* meal in diets for juvenile Mekong giant catfish *Pangasianodon gigas*, *Aquaculture Reports*, Volume 12 :25-29.

- Phuong, N. T., Ha, N. T., & Huong, D. T. (2023). Growth and feed intake of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings reared in different salinities. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 16(1), 496-507.
- Saikaew, P., Mengamphan, K., Whangchai, N., Amornlertpisan, D. & Tongsi, S. (2013). The Selection of Raw Feed Ingredients by Digestive Enzymes of Juvenile Hybrid Catfish. *Journal of Fisheries Technology Research*, 7(S1), 113-126.
- Tippayadara, N., Dawood, M.A.O., Krutmuang, P., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H., Paolucci, M., (2021). Replacement of fish meal by Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal: effects on growth, haematology, and skin mucus immunity of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Animals* 11, 193.
- Tongsi, S., Meng-Amphan, K. & Peerapompisal, Y. (2010). Effect of Replacing Fishmeal with *Spirulina* on Growth, Carcass Composition and Pigment of the Mekong Giant Catfish. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 2(3), 106-110.

ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของพริก (*Capsicum spp.*)

นัยนา คำสว่าง^{1,2} และ อรพินธุ์ สฤณีดีนำ^{1,2*}

¹ สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เลขที่ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เลขที่ 1 หมู่ 6 ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

*orapin_s@mju.ac.th, Tel. 088-2511243

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยใช้วิธีการเหนี่ยวนำการกลายพันธุ์มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ ซึ่งการฉายรังสีแกมมาเป็นหนึ่งในวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการสร้างการกลายพันธุ์ โดยผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของพริก (*Capsicum spp.*) เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมและผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพริก จากการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0, 100, 200, 300, 400, 500 และ 600 เกรย์ พบว่า ปริมาณรังสีแกมมาส่งผลต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของพริก โดยพริกที่ได้รับรังสีแกมมา 100 เกรย์ มีความสูงมากที่สุด คือ 73.3 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด คือ 6.8 มิลลิเมตร ในส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม พบว่า พริกที่ได้รับการฉายรังสี 100 200 และ 300 เกรย์ มีขนาดมากที่สุด คือ 56.9 51.4 และ 49.3 ตามลำดับ พริกที่ได้รับการฉายรังสี 600 เกรย์ มีจำนวนผลมากที่สุด คือ 4 ผล พริกที่ได้รับการฉายรังสี 500 เกรย์ มีน้ำหนักสดต่อผลมากที่สุด คือ 1.5 กรัม พริกที่ไม่ได้รับการฉายรังสี มีความกว้างผลมากที่สุด คือ 7 มิลลิเมตร สำหรับน้ำหนักผลผลิตต่อต้น และความยาวผล พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การฉายรังสีแกมมาสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของพริกได้ แต่ยังไม่สามารถจำแนกได้ชัดเจน ซึ่งการชักนำด้วยรังสีแกมมาสามารถสร้างความแปรปรวนของพริกเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ได้ต่อไป

คำสำคัญ : พริก รังสีแกมมา ปรับปรุงพันธุ์

Effects of gamma radiation on morphology of chili pepper (*Capsicum* spp.)

Naiyana Khamsawang^{1,2} and Orapin Saritnum^{1,2*}

¹ Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University
63, Moo 4, Nonghan, Sansai, Chiangmai 50290

² Center of Excellence on Agricultural Biotechnology, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus
1, Moo 6, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhonpathom 73140

*orapin_s@mju.ac.th, Tel. 088-2511243

Abstract

Plant breeding using the method of induced mutation aims to increase genetic diversity in order to obtain new varieties. Gamma irradiation is one of the most widely used methods for creating mutations. The effect of gamma radiation on the morphology of chili peppers (*Capsicum* spp.) was investigated in order to increase genetic diversity and impact on pepper growth. Gamma irradiation doses 0, 100, 200, 300, 400, 500 and 600 grays, it was found that the amount of gamma radiation affected the morphology of chili peppers. The chili peppers that received 100 gray gamma irradiation had the greatest height, which was 73.3 centimeters, and the greatest stem diameter, which was 6.8 millimeters. As for the canopy diameter, it was found that the chili peppers that received 100, 200, and 300 gray irradiation had The largest sizes are 56.9, 51.4, and 49.3, respectively. Chili peppers that received 600 gray irradiation had the highest number of fruits, 4 fruits. Chili peppers that received 500 gray irradiation had the highest fresh weight per fruit, 1.5 grams. Chili peppers that were not irradiated The greatest fruit width was 7 millimeters. As for the weight of produce per plant and fruit length, it was found that there were no significant statistical differences. From the experimental results, it can be concluded that Gamma irradiation can change the morphology of chili peppers. But still cannot be clearly classified. Induction with gamma radiation can create variations in chili peppers for further breeding purposes.

Keywords: chilli, gamma radiation, breeding

1. บทนำ

พริกอยู่ในวงศ์ Solanaceae และเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทย มีการเพาะปลูกอย่างกว้างขวาง และสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอย่างมาก ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตพริกสูง เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม และสามารถปลูกพริกได้ตลอดทั้งปี พริกมีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ นอกจากนี้พริกยังใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น ประุงรสอาหาร และใช้เป็นยา

การปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์พืช โดยการใช้รังสีในการเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม เพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เพิ่มความหลากหลายและลักษณะบางประการให้ดีขึ้นได้ โดยรังสีแกมมาเป็นหนึ่งในรังสีที่มีการนำมาใช้ เนื่องจากมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงถึงระดับพันธุกรรม และการเปลี่ยนแปลงนั้นสามารถส่งต่อไปยังรุ่นลูกได้ ผลของรังสีต่อพันธุกรรม ปฏิกริยาจากรังสีโดยตรง เป็นผลกระทบจากรังสีที่เกิดขึ้น เมื่อรังสีทำให้เกิด ionization และถูกดูดกลืนในแมโครโมเลกุลภายในเซลล์ (เช่น DNA, RNA, โปรตีน, เอนไซม์ เป็นต้น) ทำให้โครงสร้างของแมโครโมเลกุลเกิดความผิดปกติ ชักนำและเป็นจุดเริ่มต้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา ส่วนปฏิกริยาจากรังสีโดยอ้อม คือ ผลกระทบเมื่อรังสีทำให้โมเลกุลโปรตีนในเซลล์เกิด ionization โมเลกุลที่เกิดปฏิกริยาทางอ้อมมากที่สุด คือ น้ำ ทำให้เกิดปฏิกริยาเคมีเป็นอนุมูลอิสระ (free radicals) และเกิดสารประกอบ peroxide เมื่อมีปฏิกริยาจำนวนมากจะเกิดการทำลายเซลล์ (AOED, 2019) การศึกษารังสีจึงมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์พริกเพื่อให้รองรับกับความต้องการของตลาดในลักษณะที่แตกต่างกันทางรูปร่าง สี สัน รวมถึงทางด้านผลผลิตที่มากขึ้น เพื่อให้มีความหลากหลายตรงความต้องการของผู้บริโภค โดยใช้เทคนิคที่ทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์โดยใช้รังสีแกมมาเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รังสีแกมมามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของพืชโดยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเซลล์วิทยา พันธุกรรม ชีวเคมี สรีรวิทยา และสัณฐานวิทยาในเซลล์และเนื้อเยื่อการสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมเป็นข้อได้เปรียบหลักของการผสมพันธุ์แบบกลายพันธุ์ซึ่งช่วยเพิ่มขอบเขตในการคัดเลือกอย่างมาก (Verma et al., 2017) การฉายรังสีแกมมาแก่พืชจัดเป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพืชได้ ซึ่งการนำรังสีแกมมามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์พืช จะนำไปสู่การเกิดลักษณะตามวัตถุประสงค์ของนักปรับปรุงพันธุ์ จากนั้นจึงนำพืชที่ผ่านการฉายรังสีไปคัดเลือกลักษณะต่างๆ ตามที่ต้องการ (Ahloowalia and Maluszynski, 1972) การนำรังสีแกมมาใช้ในการสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพืช จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมของชนิดพืช และปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของพริกเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พริก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

นำเมล็ดพริกที่มีความชื้นประมาณ 8 - 10 เปอร์เซ็นต์ ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute gamma irradiation) ได้แก่ 0, 100, 200, 300, 400, 500 และ 600 เกรย์ โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีแกมมาจากโคบอลต์ - 60 (Cobalt-60, ⁶⁰Co (มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่) จากนั้นนำไปเพาะในถาดเพาะเมล็ด เมื่อครบ 8 สัปดาห์ ย้ายปลูกใส่ในถุงดำ ขนาด 8*16 ทำการดูแลรักษา โดยการให้น้ำและรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 7 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น เมื่อครบ 16 สัปดาห์ (หลังการย้ายปลูก) ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. ความสูงต้น หน่วยเป็น เซนติเมตร (ซม.)
2. เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม หน่วยเป็น เซนติเมตร (ซม.)
3. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น หน่วยเป็น มิลลิเมตร (มม.)
4. จำนวนผลต่อต้น หน่วยเป็น ผล
5. น้ำหนักผลผลิตต่อต้น หน่วยเป็น กรัม
6. น้ำหนักสดต่อผล หน่วยเป็น กรัม
7. ความกว้างผล หน่วยเป็น มิลลิเมตร (มม.)
8. ความยาวผล หน่วยเป็น มิลลิเมตร (มม.)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiply Range Test (DMRT)

4. ผลการวิจัย

การศึกษาผลของรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโตของพริกซูเปอร์ฮอต หลังได้รับการฉายรังสี จำนวน 10 ต้นต่อระดับปริมาณรังสี บันทึกข้อมูลหลังย้ายปลูก 16 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า พริกที่ได้รับรังสีแกมมา 100 เกรย์ มีความสูงมากที่สุด คือ 73.3 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด คือ 6.8 มิลลิเมตร พริกที่ได้รับการฉายรังสี 100 200 และ 300 เกรย์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มมากที่สุด คือ 56.9, 51.4 และ 49.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ พริกที่ได้รับการฉายรังสี 600 เกรย์ มีจำนวนผลต่อต้นมากที่สุด คือ 4 ผล พริกที่ได้รับการฉายรังสี 500 เกรย์ มีน้ำหนักสดต่อผลมากที่สุด คือ 1.5 กรัม พริกที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีความกว้างผลมากที่สุด คือ 7 มิลลิเมตร สำหรับน้ำหนักผลผลิตต่อต้นและความยาวผล พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพริกที่ฉายรังสีแกมมา (ระยะหลังย้ายปลูก 16 สัปดาห์)

Treatment	ความสูงต้น (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (มม.)	จำนวนผลต่อต้น (ผล)	น้ำหนักผลผลิตต่อต้น (กรัม)
Control (0 Gy)	54.8 ^{cd}	39.8 ^b	5.3 ^{cd}	2.8 ^{ab}	3.0
100 Gy	73.3 ^a	56.9 ^a	6.8 ^a	2.4 ^{ab}	2.4
200 Gy	66.6 ^{ab}	51.4 ^a	6.1 ^b	3.6 ^{ab}	3.9
300 Gy	60.8 ^{bc}	49.3 ^a	6.0 ^{bc}	2.3 ^{ab}	2.7
400 Gy	43.5 ^e	30.9 ^c	5.4 ^{cd}	2.9 ^{ab}	3.5
500 Gy	57.7 ^{bcd}	37.9 ^{bc}	5.1 ^d	1.4 ^b	1.9
600 Gy	49.3 ^{de}	34.3 ^{bc}	5.7 ^{cd}	4.0 ^a	2.9
F-test	*	*	*	*	ns
CV %	50.24	40.05	3.46	12.33	12.32

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P < 0.05$) โดยวิธีการ Duncan's Multiply Range Test (DMRT)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลผลิตพริกที่ฉายรังสีแกมมา (ระยะหลังย้ายปลูก 16 สัปดาห์)

Treatment	น้ำหนักสดต่อผล (กรัม)	ความกว้างผล (มม.)	ความยาวผล (มม.)
Control (0 Gy)	1.0 ^{bc}	7.0 ^a	43.3
100 Gy	0.8 ^c	5.2 ^b	39.7
200 Gy	1.0 ^{bc}	5.8 ^{ab}	45.2
300 Gy	1.3 ^{ab}	5.3 ^b	43.6
400 Gy	1.2 ^{ab}	5.7 ^{ab}	46.4
500 Gy	1.5 ^a	6.1 ^{ab}	41.3
600 Gy	1.1 ^{bc}	6.1 ^{ab}	46.3
F-test	*	*	ns
CV %	1.84	6.47	39.23

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P < 0.05$) โดยวิธีการ Duncan's Multiply Range Test (DMRT)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นพริกหลังการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 100 - 600 เกรย์ พบว่ารังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความแตกต่างในด้านความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ซึ่งมีการรายงานว่าการฉายรังสีแกมมามีผลต่อลักษณะสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ ชีวเคมี และสรีรวิทยาของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณของการฉายรังสี (Hameed et al, 2008) พริกที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา 500 เกรย์ มีน้ำหนักสดต่อผลมากที่สุด และยังพบว่าพริกที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา 600 เกรย์ มีจำนวนผลต่อต้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีต่างๆ สอดคล้องกับ Arumingtyas et al, (2022) และ Aisha et al, (2018) แสดงให้เห็นว่า การกลายพันธุ์จากรังสีแกมมา สามารถกระตุ้นให้เกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรมได้ ความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาตลอดจน DNA polymorphisms ระหว่างสายพันธุ์กลายพันธุ์ของพริก สำหรับน้ำหนักผลผลิตต่อต้นและความยาวผล ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และจากข้อมูลการรอดชีวิตของต้นพริกในงานทดลองนี้ ได้ทำการหาปริมาณของรังสีแกมมาที่ทำให้ถึงความตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LD₅₀) คือ 300 เกรย์ ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า รังสีแกมมาสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของพริกได้ แต่ยังไม่สามารถจำแนกได้ชัดเจน ซึ่งการชักนำด้วยรังสีแกมมาสามารถสร้างความแปรปรวนของพริกเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และขอขอบคุณ สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ ฝายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานต่างๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- Ahloowalia, B.S., and Maluszynski, M. (2001). Induced mutations – A new paradigm in plant breeding. *Euphytica*, 118: 167-173.
- Aisha, A., Rafii, M., Rahim, H., Juraimi, A. and Misran, A. 2018. Radio-Sensitivity Test of Acute Gamma Irradiation of Two Variety of Chili Pepper Chili Bangi 3 And Chili Bangi 5. *International journal of science and thehnology research*. 7(12): 91-95.
- AOED. (2019). ความรู้เกี่ยวกับรังสีเบื้องต้น. สืบค้น 22/6/2567
จาก <https://www.aoed.org/articles/2020/september/radiation/>
- Arumingtyas, E.L. and Ahya, A.N. (2022). Genetic diversity of chili pepper mutant (*Capsicum frutescens* L.) resulted from gamma-ray radiation. 2 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.
- Hameed, A., T.M. Shah, B.M. Atta, M.A. Haq, and H. Sayed. (2008). Gamma irradiation effect on seed germination and growth, protein content, peroxidase and protease activity, lipid peroxidation in desi and kabuli chickpea. *Pak. J. Bot.*, 40(3), 1033-1041.
- Verma, R. C., Bhala, V. P., and Khah, M. A. (2017). Studies on mutagenic effects of gamma irradiation on chilli (*Capsicum annum* L.). *Chromosome Botany*, 12(1), 13- 16.

งานวิจัยด้าน เทคโนโลยีเกษตร และอาหาร

การทดสอบเมล็ดพันธุ์การค้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่การปลูกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน

กิตติพันธ์ เพ็ญศรี^{1*} ศิริพร อ่ำทอง¹ เมทินี นาคดี² และชิตี ศรีตันทิพย์¹

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 ม.17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 200 ม.17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

*kit_kittiphan@hotmail.com , 082-1633135

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การทดสอบเมล็ดพันธุ์การค้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่การปลูกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ภายใต้แผนโครงการวิจัย เรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ปาล์มตามมาตรฐานเกษตรปลอดภัย : พืชทางเลือกใหม่จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสายพันธุ์เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีเหมาะสมกับสภาพพื้นที่การปลูกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน และเพื่อศึกษาข้อมูลการปลูกเมล็ดพันธุ์ปาล์มผลทางเลือกที่ใช้ระยะเวลาในการปลูกสั้น ให้ผลผลิตดี ราคาต่อหน่วยสูง ที่เหมาะสมกับการปลูกในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้ดำเนินการประชุมหารือร่วมกับสำนักงานเกษตรจังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อคัดเลือกพันธุ์เมล็ดพันธุ์การค้ำที่มีศักยภาพการผลิตในเขตจังหวัดแม่ฮ่องสอนและตรงกับความต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกเมล็ดพันธุ์และผู้บริโภค โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ดำเนินการปลูกเมล็ดพันธุ์การค้ำจำนวน 10 พันธุ์ ทั้งหมด 4 ซ้ำการทดลอง ๆ ละ 10 ต้น รวมทั้งหมด 400 ต้น ในโรงเรือนระบบปิด ณ ศูนย์บริการและพัฒนาลุ่มน้ำปายตามพระราชดำริ (ท่าโป่งแดง) ในช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม 2566 ผลการวิจัยพบว่าสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตด้านน้ำหนักต่อผลมากที่สุด จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์มิโดริ และพันธุ์ไฮโดโนเสาร์ เท่ากับ 2.1 กิโลกรัม/ผล ด้านความแน่นเนื้อสามารถคัดเลือกพันธุ์ไฮโดโนเสาร์มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เท่ากับ 10.1 นิวตัน และด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ สามารถคัดเลือกพันธุ์ไฮโดโนเสาร์มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด เท่ากับ 12.8 °brix โดยสามารถสรุปผลหลักการในการคัดเลือกพันธุ์เมล็ดพันธุ์ต่าง ๆ ได้ว่า เมล็ดพันธุ์ต้องเป็นพันธุ์ที่ปลูกง่าย ทนโรคต่อโรค และสภาพแวดล้อม ลักษณะผลรูปทรงกลม ผิวตาข่ายแต่ไม่หนูน รสหวานจัด กรอบ อร่อย และเก็บผลเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นาน โดยผลเมล็ดพันธุ์ที่เป็นความต้องการของตลาด คือมีผลใหญ่ ขนาดและน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1.8-2.0 กิโลกรัม/ผล มีสีเขียว สีส้ม หรือสีขาว ตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นจึงสามารถแนะนำพันธุ์เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกให้แก่เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนได้ต่อไป

คำสำคัญ : พันธุ์การค้ำ การทดสอบผลผลิต การคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่

Testing commercial melon varieties suitable for growing areas in Mae Hong Son Province

Kittiphan Phensri^{1*} Siriporn Umthong¹ Methini Nakdee² and Chiti Sritanathip¹

¹ Agricultural Technology Research Institute Rajamangala University of Technology Lanna
202 Moo 17, Phichai Subdistrict, Mueang District, Lampang Province 52000

² Faculty of Agricultural Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna
200 Moo 17, Phichai Subdistrict, Mueang District, Lampang Province 52000

*kit_kittiphan@hotmail.com , 082-1633135

Abstract

Research on “Testing commercial melon varieties suitable for growing areas in Mae Hong Son Province” Under the research project “Good agricultural practices (GAP) production of Sai Nam Pai melon : A new alternative of Mae Hong Son” The objective to study good quality melon suitable for growing areas in Mae Hong Son Province. Create prototype innovators in Mae Hong Son Province to have knowledge of melon production in greenhouses and to study information on growing melons Alternative fruit plants that take a short time to grow that gives good yield High unit price. Meeting and discuss with the Mae Hong Son Provincial Agriculture Office to select commercial melon varieties that have production potential in Mae Hong Son Province and needs of melon farmers. The experiment was planned in a Completely Randomized Design (CRD), planting 10 commercial melon varieties by planting 10 plants of each variety, 4 replicates of the experiment, for a total of 400 plants. In a closed system greenhouse at the Pai River Basin Service and Development Center under the Royal Initiative, During June - August 2023. The research results found that two varieties that yield the highest weight per fruit are the Midori variety and the Dinosaur variety, equal to 2.1 kilograms/fruit. Firmness: Dinosaur variety can be selected to have the highest firmness, equal to 10.1 newtons. Amount of dissolved solids The Dynolon variety was selected to have a maximum dissolved solid content of 12.8 °brix. The principles for selecting different melon varieties can be summarized as follows: Melon must be a variety that is easy to grow. Resistant to diseases and environmental conditions in the area. The fruit is round in shape. The skin is lattice but not convex. The taste is very sweet, crisp, delicious, and melon can be stored for a long time. The fruit is large. The size and weight are between 1.8-2.0 kg/fruit. They are green, orange or white according to the needs of consumers. Therefore, the selected melon varieties can be introduced to farmers in Mae Hong Son province.

Keywords : Commercial varieties, Yield trial, Selection varieties suitable for area

1. บทนำ

เมล่อนเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เจริญเติบโตได้ดีในเขตอบอุ่นและเขตร้อน จัดเป็นพืชที่ใช้ส่วนผลสดในการบริโภค เนื่องจากมีความหวาน กลิ่นหอม และรสชาติดี สีของเนื้อผลมีความหลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ ทั้งสีครีม เหลือง เขียว ส้ม เป็นต้น และมีแนวโน้มความต้องการของตลาดสูงขึ้น เมล่อนสามารถปลูกได้ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย แต่เมล่อนอ่อนแอต่อโรค-แมลงศัตรูพืช และสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน จึงทำให้ผลผลิตต่ำและไม่มีคุณภาพ เมล่อนจึงมีวิธีการปลูกดูแลรักษาต่างกับพืชอื่นอยู่หลายขั้นตอน ต้องการการดูแลเอาใจใส่มากกว่าพืชอีกหลายชนิด โดยเฉพาะการปลูกเมล่อนในภาคเหนือที่มีอากาศหนาวเย็น ความชื้นสัมพัทธ์สูง ง่ายต่อการเกิดโรคและแมลง (ภาณุเดช, 2562) ดังนั้นการปลูกในโรงเรือนจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะโรงเรือนช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติให้เป็นไปในระดับที่เหมาะสม โดยเฉพาะลม ฝน และลดการรบกวนจากแมลงศัตรูพืชได้

ปัญหาด้านการปลูกเมล่อนของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน คือพื้นที่ทำการเกษตรมีจำกัด ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ขาดความรู้และเทคโนโลยีด้านการจัดการ และยังมีข้อจำกัดด้านพื้นที่การเพาะปลูกอื่น ๆ จึงทำให้ผลผลิตเมล่อนของเกษตรกรแต่ละรายมีปริมาณผลผลิตน้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และคุณภาพของผลผลิตยังไม่คงที่ รวมไปถึงเกษตรกรที่ยังขาดองค์ความรู้และทักษะต่าง ๆ ในเรื่องการผลิตเมล่อน ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีการผลิตเมล่อนโดยการดำเนินการเป็นกลุ่มย่อยเล็ก ๆ ของกลุ่ม Young Smart Farmer และ Smart Farmer ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกเมล่อนในระบบโรงเรือนมากขึ้น เนื่องจากสามารถลดต้นทุนด้านสารเคมี การจัดการดูแล และควบคุมสภาพแวดล้อมได้ง่ายกว่าการปลูกในสภาพธรรมชาตินอกโรงเรือน เนื่องจากเมล่อนเป็นพืชที่มีอายุสั้น ผลผลิตมีมูลค่าสูง (แผนพัฒนาจังหวัดแม่ฮ่องสอน, 2566) ดังนั้นจึงต้องมีความพิถีพิถันในการจัดการดูแล และโดยเฉพาะการเลือกพันธุ์เมล่อนให้เหมาะสมต่อการปลูกในสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่มีสภาพอากาศค่อนข้างหนาวเย็นในเขตภาคเหนือจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของเมล่อน 10 พันธุ์ และทำการคัดเลือกพันธุ์เมล่อนที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพดี ตรงกับตามความต้องการของผู้บริโภค และเหมาะสมกับพื้นที่การปลูกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การปลูกเมล่อนในประเทศไทย (Jantaku, N., et.al., 2016)

เมล่อนพันธุ์การค้าที่มีการปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมที่นำเข้ามาและอยู่ในกลุ่ม *Cucumis melo cantalupensis* Naud. มีกลิ่นหอม และเป็นผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (Climacteric fruits) ส่วนกลุ่ม *Cucumis melo inodorus* Naud. เป็นผลไม้ที่บ่มให้สุกไม่ได้ (non-climacteric fruits) จึงเก็บไว้ได้นาน *Cucumis melo cantalupensis* Naud. และ *Cucumis melo inodorus* Naud. เป็นกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เมล่อนพันธุ์การค้ามักมีลักษณะดีด้านรสชาติการบริโภคและลักษณะของผลรวมทั้งสีของเนื้อผลที่น่ารับประทานสด แต่พื้นที่ปลูกในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก เนื่องจากปัญหาโรคและแมลง รวมไปถึงการดูแลอย่างดีจึงจะทำให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จากข้อจำกัดเรื่องโรคและแมลงทำให้ต้องมีการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่อง

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกเมล่อน (Jantaku, N., et.al., 2016)

เมล่อนเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบ ร้อนของทวีปแอฟริกา จึงไม่ชอบอากาศหนาวเย็นจัด แต่ชอบอากาศอบอุ่น แต่ไม่ร้อนจัด อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแดงอยู่ที่ 25-30 องศาเซลเซียส ในเวลากลางวัน และในเวลากลางคืน 18-20 องศาเซลเซียส ดังนั้นฤดูกาลที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเมล่อนในประเทศไทยจึงเป็นปลายฤดูฝนหรือฤดูฝนหนาว ในเขตที่อากาศไม่หนาวจัด เช่น ภาคกลาง ภาคตะวันตกและภาคตะวันออก รวมทั้งภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่อากาศไม่หนาวจัดจนเกินไป หากเมล่อนกระทบกับอากาศหนาวเย็นจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า การออกดอกติดผลจะล่าช้า และถ้าอากาศยังหนาวจัด ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ต้นเมล่อนจะหยุดการเจริญเติบโต ในทำนองกลับกันต้นเมล่อนก็ไม่ชอบอากาศที่ร้อนจัดเกินไป ถ้าอุณหภูมิเกินกว่า 30 องศาเซลเซียส เมล่อนมักจะสร้างแต่ดอกตัวผู้ ไม่มีดอกตัวเมีย หรือถ้ามีดอกตัวเมียแต่จะร่วงง่ายไม่ติดผล

ดังนั้นในการปลูกเมล่อนในสภาพแวดล้อมที่ไม่ค่อยเหมาะสมนั้น จะต้องมีการดูแลรักษา ให้น้ำ ปุ๋ย และการป้องกันกำจัดโรคแมลงอย่างใกล้ชิดเป็นพิเศษ จึงจะได้ผลดี ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเมล่อน ควรเป็นดินร่วนปนทราย ที่มีการระบายน้ำ ได้ดี ควรหลีกเลี่ยงการปลูกเมล่อนในพื้นที่ที่เป็นดินเหนียวจัด ที่มีการระบายที่ไม่ดี ทำให้มีโอกาสเกิดโรคเน่าในระบบรากได้ง่าย และยัง

เป็นที่สะสมของโรคทางดิน ติดต่อไปยังฤดูต่อไป รวมทั้งยากต่อการลดความชื้นในดินก่อนเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตามถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ในการปลูกเมล่อนในดินชนิดนี้ควรยกแปลงให้สูง 30- 40 ซม. มีร่องน้ำกว้างเพื่อการระบายน้ำที่ดี และไม่ควรถูกน้ำที่เดิมในฤดูติดกัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินควรอยู่ที่ 6.0-6.5 มิฉะนั้นจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคเน่าของระบบรากในดิน ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ไม่แนะนำให้ปลูกเมล่อนซ้ำในพื้นที่เดิมในฤดูติดกัน ควรปลูกพืชในวงซ้อนกัน ก่อนที่จะกลับมาปลูกในที่เดิม เพื่อหลีกเลี่ยงการระบาดของโรคทางดินที่สะสมอยู่จากการปลูกในฤดูที่ผ่านมา (จุมพล และคณะ, 2539)

ชนิดและพันธุ์เมล่อน (Department of Agriculture Extension, 2017)

เมล่อนเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในต่างประเทศในแถบทวีปแอฟริกา นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นเวลานานแล้ว เป็นพืชที่อยู่ในพืชวงศ์แตง และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* L. ซึ่งมีอยู่หลายวาไรตี้ (variety) หรือ ชนิด (group) แต่ที่ปลูกเป็นพืชเพื่อการบริโภคมีอยู่ 3 วาไรตี้ ได้แก่

1. วาไรตี้ แคนตาลูปเพนซิส (Cantaloupensis) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *C. Melo* L. Var.cantaloupensis มีชื่อเรียกทั่วไปว่า ร็อคเมลลอน (Rock melon) เพราะผลมีผิวแข็ง ขรุขระ ไม่เป็นร่างแห
2. วาไรตี้ เรติคูลาตัส (Reticulatus) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *C. Melo* L. Var. Reticulatus มีชื่อเรียกทั่วไปว่า เน็ตท์เมลลอน (netted melon) มัสค์เมลลอน (muskmelon) หรือเปอร์เซียเมลลอน (persian melon) เป็นชนิดที่ผิวนอกของผลลักษณะขรุขระเป็นร่างแห และผลมีกลิ่นหอมเนื้อผลเป็นสีเขียว หรือสีส้ม
3. วาไรตี้ อินอดอรัส (Inodorous) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *C. Melo* L. Var. Inodorous ผิวของผลเรียบ และมักไม่มีกลิ่นหอม สำหรับพันธุ์ที่มีปลูกในประเทศไทยโดยการปรับปรุงพันธุ์ของบริษัทเมล็ดพันธุ์ภายในประเทศและวางจำหน่ายในท้องตลาด เป็นที่รู้จักกันดีและเป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้

การจำแนกสายพันธุ์ตามลักษณะของผิวเปลือก

1. Reticulata ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. Var. Reticulata เรียกทั่วไปว่า เน็ตท์เมลลอน (netted melon) มัสค์เมลลอน (musk melon) หรือเปอร์เซียเมลลอน (persian melon) เปลือกมีผิวขรุขระ แข็ง เป็นร่างแห เนื้อมีสีเขียวปนเหลือง หรือสีส้ม
2. Cantaloupensis ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. Var. Cantaloupensis เรียกทั่วไปว่า ร็อคเมลลอน (rock melon) เปลือกมีผิวขรุขระ แข็ง ไม่เป็นร่างแห แต่มีร่องลึกเป็นทางยาวจากขั้วจรดท้ายผล
3. Inodorous ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. Var. Inodorous L เปลือกมีผิวเรียบ ไม่เป็นร่างแห พันธุ์ที่นิยมได้แก่ พันธุ์ฮันนี่ดีว (honeydew)
4. Flexuosus ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. Var. Flexuosus เรียกทั่วไปว่า สเนคเมลลอน (snake melon) ผลมีขนาดเล็ก เปลือกเรียบสีขาว ขนาดผลเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว ผลอาจตรงหรือโค้ง
5. Conomon ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. Var. Conomon เรียกทั่วไปว่า ปิกลิงเมลลอน (pickling melon) ผลมีขนาดเล็ก เรียวยาว เปลือกผิวเรียบ มีหลายสี เนื้อมีสีขาวหรือสีน้ำตาลปนขาว
6. Chito ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. Var. Chito เรียกทั่วไปว่า แมงโกเมลลอน (mengo melon) ผลมีขนาดเล็ก เปลือกผิวเรียบ มีหลายสี เนื้อมีรสเปรี้ยว นิยมนำทำเป็นผลไม้ดอง
7. Dudaim ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. Var. Dudaim เรียกทั่วไปว่า โปมกราเน็ต เมลลอน (pomegranate melon) ผลมีขนาดเล็กเท่าผลส้ม รูปร่างกลมหรือรูปไข่ เปลือกผิวเรียบ มีกลิ่นคล้ายโคลน

การจำแนกสายพันธุ์ตามลักษณะของสีเนื้อ

1. เนื้อมีสีเขียวหรือเขียวขาว เป็นเมล่อน ที่มีทั้งเปลือกผิวเรียบ และแบบขรุขระเป็นร่างแห ผลสุกมีสีเปลือกเป็นสีเขียวครีม สีเหลือง หรือสีเหลืองทอง ส่วนเนื้อผลมีสีเขียวหรือเขียวขาว กรอบนุ่ม มีรสหวาน และกลิ่นหอม ได้แก่ พันธุ์เจตดีว (Jade Dew) วินัสไฮบริด (Venus hybrids) ฮันนี่ดีว (Honey dew) และฮันนี่เวิลด์ (Honey world)
2. เนื้อมีสีส้ม เป็นเมล่อน ที่มีทั้งเปลือกผิวเรียบ และแบบขรุขระเป็นร่างแห ผลสุกจะมีสีเปลือกเป็นสีครีม หรือสีเหลือง ส่วนเนื้อมีสีส้ม กรอบนุ่ม มีรสหวาน และกลิ่นหอม ได้แก่ พันธุ์ซันเลดี้ (Sun lady) ท็อปมาร์ค (Top mark) และนิวเซนจูรี่ (New cenjury)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. สายน้ำหยดระยะน้ำหยด 0.60 เมตร
2. ลวดสำหรับทำค้างแตง
3. อุปกรณ์สำหรับวางระบบน้ำ และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำหยด
4. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. ปุ๋ยหมัก/ปุ๋ยคอก
7. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 46-0-0, 0-0-60
8. เชือกฟาง
9. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช
10. พลาสติกคลุมแปลง
11. เมล่อนพันธุ์การค้า จำนวน 10 พันธุ์

วิธีการทดลอง

1. การปลูกและเปรียบเทียบความแตกต่างการเจริญเติบโตทางลำต้น การพัฒนาของผล และระยะเก็บเกี่ยวของเมล่อน พันธุ์การค้าแต่ละพันธุ์ จำนวน 10 พันธุ์ ทั้งหมด 4 ซ้ำการทดลอง ๆ ละ 10 ต้น แล้วทำการวัดค่าการเจริญเติบโตทางลำต้น การพัฒนาของผล ในระยะเก็บเกี่ยวดังนี้

1.1 วัดความสูงต้น จากโคนต้นจนถึงยอดของต้น หลังย้ายกล้า 45 วันโดยใช้ตลับเมตร

1.2 ความกว้างและความยาวใบ

1.3 จำนวนดอกตัวผู้ และจำนวนดอกตัวเมีย

1.3 วัดลักษณะของผล ได้แก่ น้ำหนักผล เส้นรอบวงผล ความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก ความแน่นเนื้อ ปริมาณไนเตรท และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

1.4 คำนวณผลผลิตต่อไร่ของเมล่อนแต่ละพันธุ์

2. การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 10 พันธุ์ ทั้งหมด 4 ซ้ำ การทดลอง ๆ ละ 10 ต้น รวมทั้งหมด 400 ต้น โดยทำการปลูกทดสอบในโรงเรือนพลาสติกและตาข่าย และนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

ข้อมูลลักษณะทางการเกษตร

จากการการปลูกเมล่อนพันธุ์การค้าจำนวน 10 พันธุ์ ในโรงเรือนระบบปิด ณ ศูนย์บริการและพัฒนาอุษาคเนย์ตามพระราชดำริ (ท่าโป่งแดง) ในช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม 2566 พบว่า พันธุ์ไดโนลอน และพันธุ์อากาเนะ มีความสูงของต้นมากที่สุด เท่ากับ 200.4 และ 196.0 เซนติเมตร ตามลำดับ ด้านความกว้างใบ พบว่า พันธุ์ฮิคาริมีความกว้างใบมากที่สุด เท่ากับ 22.6 เซนติเมตร ด้านความยาวใบของทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ด้านการออกดอกเพศผู้ พบว่า พันธุ์ซูเปอร์มิโดริมีจำนวนดอกเพศผู้มากที่สุด เท่ากับ 16.6 ดอก/ต้น รองลงมาคือพันธุ์อากาเนะ มีจำนวนดอกเพศผู้ เท่ากับ 16.4 ดอก/ต้น ด้านการดอกเพศเมียของเมล่อนในแต่ละพันธุ์ พบว่า พันธุ์อากาเนะ มีจำนวนดอกเพศเมียมากที่สุด เท่ากับ 11.0 ดอก/ต้น รองลงมาคือพันธุ์ซูเปอร์มิโดริมีจำนวนดอกเพศเมีย เท่ากับ 10.8 ดอก/ต้น และด้านลักษณะของผลเมล่อน พบว่าลักษณะส่วนใหญ่ของพันธุ์เมล่อนที่ทดสอบมีลักษณะเป็นผลสีเขียวลายตาข่าย ได้แก่ พันธุ์ฮิคาริ พันธุ์โซฟูกุ พันธุ์มิโดริ พันธุ์อากาซายี พันธุ์อากาเนะ พันธุ์อากิระ และพันธุ์ซูเปอร์มิโดริ ส่วนผลเมล่อนที่มีลักษณะเป็นผลสีขาวผิวเรียบลายเขียว ได้แก่ พันธุ์ไดโนลอน และพันธุ์ไซโตโนเสาร์ และผลเมล่อนที่มีลักษณะเป็นผลสีเหลืองลายตาข่าย คือ พันธุ์มิซูกิ (ตารางที่ 1)

ข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

จากการการปลูกเมล็ดพันธุ์การค้ำจำนวน 10 พันธุ์ ในโรงเรือนระบบปิด ณ ศูนย์บริการและพัฒนาลุ่มน้ำปายตามพระราชดำริ (ท่าโป่งแดง) พบว่า พันธุ์ที่ให้น้ำหนักผลมากที่สุด คือ พันธุ์มิโดริ และพันธุ์ไซโดโนเสาร์ เท่ากับ 2.1 กิโลกรัม/ผล ด้านเส้นรอบวงของผลเมล็ด พบว่า พันธุ์มิโดริมีเส้นรอบวงของผลมากที่สุด เท่ากับ 51.4 เซนติเมตร ด้านความหนาเนื้อของผลเมล็ด พบว่า พันธุ์ซูเปอร์มิโดริมีความหนาเนื้อมากที่สุด เท่ากับ 38.7 มิลลิเมตร ด้านความหนาของเปลือก พบว่าพันธุ์อาคิระมีความหนาเปลือกมากที่สุด เท่ากับ 11.5 มิลลิเมตร และพันธุ์ไซโดโนเสาร์มีความหนาของเปลือกน้อยที่สุด เท่ากับ 5.4 มิลลิเมตร ด้านความแน่นเนื้อ พบว่า พันธุ์ไซโดโนเสาร์มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เท่ากับ 10.1 นิวตัน ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า พันธุ์ไดโนลอน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด เท่ากับ 12.8 °brix ด้านปริมาณไนเตรตในผลผลิต พบว่า พันธุ์มิโดริมีปริมาณไนเตรตในผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 616.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และพันธุ์อาซาฮีมีปริมาณไนเตรตในผลผลิตน้อยที่สุด เท่ากับ 204.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และด้านลักษณะสีของเนื้อเมล็ด พบว่าลักษณะเนื้อเมล็ดส่วนใหญ่มีสีเขียว ได้แก่ พันธุ์อิคาริ พันธุ์ไซฟูกุ พันธุ์มิโดริ และพันธุ์ซูเปอร์มิโดริ สีของเนื้อเมล็ดที่มีสีส้ม ได้แก่ พันธุ์อาซาฮี พันธุ์อากาเนะ และพันธุ์อาคิระ สีของเนื้อเมล็ดที่มีสีขาว ได้แก่ พันธุ์ไดโนลอน และพันธุ์ไซโดโนเสาร์ สีของเนื้อเมล็ดที่มีสีเหลืองอมเขียว ได้แก่ พันธุ์มิซึกิ (ตารางที่ 2)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการปลูกเมล็ดพันธุ์การค้ำจำนวน 10 พันธุ์ ในโรงเรือนระบบปิด ณ ศูนย์บริการและพัฒนาลุ่มน้ำปายตามพระราชดำริ (ท่าโป่งแดง) ในช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม 2566 พบว่าสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตด้านน้ำหนักต่อผลมากที่สุด จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์มิโดริ และพันธุ์ไซโดโนเสาร์ เท่ากับ 2.1 กิโลกรัม/ผล ด้านความแน่นเนื้อสามารถคัดเลือกพันธุ์ไซโดโนเสาร์มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เท่ากับ 10.1 นิวตัน และด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ สามารถคัดเลือกพันธุ์ไดโนลอนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเท่ากับ 12.8 °brix

ลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของพันธุ์เมล็ดที่คัดเลือก

พันธุ์มิโดริ มีความสูงต้น 180.2 เซนติเมตร ความกว้างใบ 20.0 เซนติเมตร ความยาวใบ 25.6 เซนติเมตร มีจำนวนดอกตัวผู้ 13.6 ดอก/ต้น จำนวนดอกตัวเมีย 7.4 ดอก/ต้น มีลักษณะผลสีเขียวลาย มีน้ำหนักผล 2.1 กิโลกรัม/ผล เส้นรอบวง 51.4 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 33.5 มิลลิเมตร ความหนาเปลือก 9.4 มิลลิเมตร ความแน่นเนื้อ 3.2 นิวตัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 8.6 °brix ปริมาณไนเตรต 616.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีสีผลเป็นสีเขียวตาข่าย

พันธุ์ไซโดโนเสาร์ มีความสูงต้น 183.8 เซนติเมตร ความกว้างใบ 17.0 เซนติเมตร ความยาวใบ 24.0 เซนติเมตร มีจำนวนดอกตัวผู้ 12.8 ดอก/ต้น จำนวนดอกตัวเมีย 9.2 ดอก/ต้น มีลักษณะผลสีขาวผิวเรียบลายเขียว มีน้ำหนักผล 2.1 กิโลกรัม/ผล เส้นรอบวง 45.2 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 35.7 มิลลิเมตร ความหนาเปลือก 5.4 มิลลิเมตร ความแน่นเนื้อ 10.1 นิวตัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 12.0 °brix ปริมาณไนเตรต 410.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีสีผลเป็นสีขาว

พันธุ์ไดโนลอน มีความสูงต้น 200.4 เซนติเมตร ความกว้างใบ 17.0 เซนติเมตร ความยาวใบ 24.0 เซนติเมตร มีจำนวนดอกตัวผู้ 8.4 ดอก/ต้น จำนวนดอกตัวเมีย 6.2 ดอก/ต้น มีลักษณะผลสีขาวผิวเรียบลายเขียว มีน้ำหนักผล 1.7 กิโลกรัม/ผล เส้นรอบวง 43.4 เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 26.8 มิลลิเมตร ความหนาเปลือก 8.3 มิลลิเมตร ความแน่นเนื้อ 7.3 นิวตัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 12.8 °brix ปริมาณไนเตรต 444.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีสีผลเป็นสีขาว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิจัย จากทุน Fundamental Fund ประเภท Basic Research Fund ปีงบประมาณ 2566 ในการการสนับสนุนงบประมาณและการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณหัวหน้าแผนงานวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.ชิตี ศรีตันทิพย์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือ และข้อชี้แจงต่าง ๆ ในการทำการวิจัย การเขียนและแก้ไขงานวิจัยจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ศิริพร อ่ำทอง อาจารย์เมทินี นาคดี นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดแม่ฮ่องสอน เจ้าหน้าที่ศูนย์บริการและพัฒนาลุ่มน้ำปายตามพระราชดำริ (ท่าโป่งแดง) และผู้เกี่ยวข้องทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ ในการดำเนินโครงการ และการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

จุมพล สารนานา อรพรรณ วิเศษสังข์ และจักรพงษ์ เจริญศิริ. (2539). คู่มือนักวิชาการภาคสนามโรคผัก.

กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร. อักษรสยามการพิมพ์.

ภาณุเดช เทียนชัย วรุฒิ อ้ายดวง มนต์ ทิตยวรรณ และวิพรพรรณ เนื่องเม็ก. (2562). ประสิทธิภาพของสาร ป้องกันกำจัดเชื้อรา
ต่อการยับยั้งการเจริญของรา *Fusarium equiseti* สาเหตุโรคเหี่ยวของแคนตาลูป. วลัยลักษณวิจัย. 11(3) 182-190.

แผนพัฒนาจังหวัดแม่ฮ่องสอน. (2566). แผนพัฒนาจังหวัดแม่ฮ่องสอน 2566 – 2570. สืบค้น 20 มกราคม 2566 .

จาก : <https://www.maehongson.go.th/new/document>.

Department of Agriculture Extension, (2017), Cantaloupe in 2016, Retrieved January 30, 2023.

Available Source: <http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/veget/18.pdf>.

Jantaku, N. , Kaewsopha, T. , Sirisawat, P. , Damna, N. , Nakmai, A. and Tira-umphon, A. , (2016),

Size and shape of container grown for affecting melon yield and fruit quality with substrate culture
and soil culture, Songklanakarin J. Plant Sc. 3 (2): 15-23.

ตารางที่ 1 ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของเมล็ดพันธุ์การค้าในโรงเรือนระบบปิด ณ ศูนย์บริการและพัฒนาภูมิภาคป่าตองตามพระราชดำริ

ลำดับที่	พันธุ์เมล็ด	ความสูงต้น (ซ.ม.)	ความกว้างใบ (ซ.ม.)	ความยาวใบ (ซ.ม.)	จำนวนดอก ตัวผู้ (ดอก)	จำนวนดอก ตัวเมีย (ดอก)	ลักษณะผล
1	พันธุ์ฮิการิ (Hikari)	135.4 D	22.6 A	25.6	10.2 CD	3.0 D	สีเขียวลาย
2	พันธุ์โชฟูกุ (Shofuku)	140.6 D	17.0 BC	24.8	14.0 AB	5.8 C	สีเขียวลาย
3	พันธุ์ไดโนลอน (Dinoron)	200.4 A	17.0 BC	24.0	8.4 D	6.2 C	สีขาวผิวเรียบลายเขียว
4	พันธุ์มิโดริ (Midori)	180.2 AB	20.0 AB	25.6	13.6 B	7.4 BC	สีเขียวลาย
5	พันธุ์อาซาสึ (Asahi)	190.8 AB	16.8 BC	25.8	14.0 AB	7.6 BC	สีเขียวลาย
6	พันธุ์มิซูกิ (Mizuki)	184.0 AB	17.0 BC	22.8	12.8 BC	9.2 AB	สีเหลืองลาย
7	พันธุ์อากาเนะ (Akane)	196.0 A	17.6 BC	25.0	16.4 A	11.0 A	สีเขียวลาย
8	พันธุ์อากิระ (Akira)	150.0 CD	15.2 C	21.8	11.8 BC	6.8 BC	สีเขียวลาย
9	พันธุ์ซูเปอร์มิโดริ (Super Midori)	166.6 BC	18.6 BC	27.0	16.6 A	10.8 A	สีเขียวลาย
10	พันธุ์ไฮโดโมเสาร์ (ML-1954)	183.8 AB	17.0 BC	24.0	12.8 BC	9.2 AB	สีขาวผิวเรียบลายเขียว
	mean	172.8	17.9	24.6	13.1	7.7	-
	F-test	**	**	ns	**	**	-
	C.V. (%)	7.6	11.3	11.4	11.2	20.2	-

ตารางที่ 2 ข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของเมล็ดพันธุ์การดำนาโรงเรือนระบบปิด ณ ศูนย์บริการและพัฒนาภูมิภาคพระราชดำริ

ลำดับที่	พันธุ์เมล็ดต้น	น้ำหนักผล (กก.)	เส้นรอบวง (ซ.ม.)	ความหนา เนื้อ (มม.)	ความหนา เปลือก (มม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความ ทาน (° brix)	ไนเตรท (mg/kg)	สีเนื้อ
1	พันธุ์ฮิคาริ (Hikari)	1.4 C	42.6 C	25.3 E	7.4 B-D	6.0 BC	5.8 E	420.0 B	สีเขียว
2	พันธุ์โชฟูกุ (Shofuku)	1.5 BC	45.6 BC	22.1 E	6.8 B-D	5.0 C	10.0 B-D	420.0 B	สีเขียว
3	พันธุ์ไดโนลอน (Dinoron)	1.7 A-C	43.4 C	26.8 DE	8.3 B-D	7.3 B	12.8 A	444.0 B	สีขาว
4	พันธุ์มิโดริ (Midori)	2.1 A	51.4 A	33.5 A-C	9.4 AB	3.2 D	8.6 D	616.0 A	สีเขียว
5	พันธุ์อาซาฮี (Asahi)	1.9 AB	46.4 BC	32.1 B-D	9.0 A-C	6.4 BC	10.6 B-D	204.0 C	สีส้ม
6	พันธุ์มิซูกิ (Mizuki)	1.8 A-C	47.2 A-C	32.9 A-D	9.8 AB	9.5 A	11.4 AB	372.0 B	สีเหลืองอมเขียว
7	พันธุ์อาคาเนะ (Akane)	1.7 A-C	45.6 BC	33.9 A-C	7.3 B-D	9.1 A	11.0 A-C	384.0 B	สีส้ม
8	พันธุ์อาคิระ (Akira)	1.6 BC	46.6 BC	28.2 C-E	11.5 A	10.0 A	10.2 B-D	410.0 B	สีส้ม
9	พันธุ์ซูเปอร์มิโดริ (Super Midori)	2.0 AB	48.4 AB	38.7 A	6.0 CD	6.0 BC	9.0 CD	484.0 AB	สีเขียว
10	พันธุ์ไฮโดโนเสาร์ (ML-1954)	2.1 A	45.2 BC	35.7 AB	5.4 D	10.1 A	12.0 AB	410.0 B	สีขาว
	mean	1.8	46.2	30.9	8.1	7.3	10.1	416.4	-
	F-test	**	**	**	**	**	**	**	-
	C.V. (%)	14.7	5.2	11.3	20.5	13.9	10.8	20.7	-

การประยุกต์ใช้แผ่นเพลเทียร์กับระบบระบายอากาศด้วยวิธีระเหยน้ำ ในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดเพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

กิตติพงษ์ รื่นวงศ์^{1*} และ ธเนศ ไชยชนะ²

¹ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*E-mail: umkittipong@yahoo.com โทรศัพท์ 097-9205987

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดซึ่งอยู่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้แผ่นเพลเทียร์ร่วมกับระบบระบายอากาศด้วยวิธีระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System: EVAP) ในการควบคุมสภาวะภายในโรงเรือน แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) จะทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของน้ำซึ่งจะไหลผ่านแผงรังผึ้ง อากาศเย็นจะถูกส่งเข้าไปในโรงเรือนด้วยพัดลมดูดอากาศ อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนจะถูกควบคุมผ่านเซนเซอร์ต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่า ชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์สามารถช่วยลดอุณหภูมิของน้ำที่ส่งไปยังแผงรังผึ้งได้เฉลี่ยที่ 6.5 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนมากกว่า 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดอยู่ในช่วงประมาณ 68-72 % อัตราการใช้น้ำในระบบ EVAP ในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดประมาณ 30 ลิตร/ชั่วโมง โรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดในงานวิจัยนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับพืชที่ต้องการปลูกได้ หากเพิ่มชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์หรือเพิ่มจำนวนแผ่นเพลเทียร์ก็น่าจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิของน้ำได้ต่ำลง และอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วมากขึ้น อย่างไรก็ตาม โรงเรือนระบบ EVAP นั้นไม่เหมาะกับสถานที่ที่มีน้ำไม่เพียงพอ เนื่องจากต้องใช้น้ำในปริมาณมาก รวมถึงความจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนระบบด้วยเช่นกัน และโรงเรือนที่ใช้ระบบ EVAP จะมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง อาจไม่เหมาะกับพืชที่ต้องการความชื้น หรือต้องการความชื้นต่ำ

คำสำคัญ: แผ่นเพลเทียร์, อีแวนป์, โรงเรือนอัจฉริยะระบบปิด, การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

Application of Peltier with Evaporative Cooling System in Smart Greenhouse to Reduce the Temperature due to Climate Change

Kittipong Ruenwong^{1*} and Tanate Chaichana²

¹ Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University 63 Moo 4, Nong Han Subdistrict, San Sai District, Chiang Mai Province 50290

² School of Renewable Energy, Maejo University 63 Moo 4, Nong Han Subdistrict, San Sai District, Chiang Mai Province 50290

*E-mail: umkittipong@yahoo.com Tel. 097-9205987

Abstract

This research project aims to reduce temperature in the smart greenhouse under climate change. This work utilized a Peltier cooler module and an evaporative cooling system (EVAP) to control the conditions in the greenhouse. The Peltier module chilled water which was then supplied to the evaporative pad where it flowed through the pad. Cold air was then circulated into the smart greenhouse using fans. Consequently, the temperature and humidity were manipulated by various sensors. Experimental results showed that the cooling system using Peltier could reduce the temperature of water supplied to the cooling pad by an average of 6.5 degrees Celsius within 1 hour, resulting in the temperature inside the greenhouse 10 degrees Celsius lower than the outside. In addition, a constant temperature and humidity could be maintained. The average relative humidity in the greenhouse ranged from 68–72%. The water consumption rate in the EVAP system was approximately 30 liters per hour. The smart greenhouse assembled in this research could control the temperature and humidity suitable for some plants. Moreover, more Peltier cooling modules are required to chill water to a lower temperature with a higher cooling rate. However, the EVAP greenhouse system is not suitable for areas with limited water resources due to its high water consumption and the necessity of using electricity. Additionally, EVAP greenhouses are characterized by high humidity, which may not be suitable for plants that prefer low humidity or do not require much moisture.

Keywords: Peltier, Smart Greenhouse, EVAP, Climate Change

1. บทนำ

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสภาพการณ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก เป็นผลมาจากผลกระทบของมนุษย์ และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นปัญหาที่สำคัญในทุกสังคม โดยเฉพาะปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งในการสร้างความมั่นคงอาหารให้กับชุมชน ดังนั้นการแสวงหาแนวทางในการรับมือจึงต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน รวมถึงการบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ การประเมินความเปราะบางเชิงพื้นที่และผลกระทบต่อระบบนิเวศเกษตรอื่นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้เราทราบถึงบริเวณที่มีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจะนำไปสู่แนวทางในการปรับตัวของทุกภาคส่วนเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงต่อไป (สุโข เสมมหาศักดิ์ และคณะ, 2559) เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามา มีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นในปัจจุบัน ฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ จัดเป็นนวัตกรรมใหม่ของการเกษตรในยุคดิจิทัล มีการนำเอาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศหลายด้านมาใช้ในฟาร์ม โดยผ่านเครือข่ายสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สายในการรับส่งข้อมูล และมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป สามารถเก็บข้อมูล วินิจฉัยข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การปฏิบัติตามแผน และการประเมินผล โดยมีการจัดการฟาร์มในทุกขั้นตอน ส่งผลให้เกิดการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เพิ่มปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพ คุ่มค่าต่อการลงทุน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดต้นทุน ลดการจ้างแรงงาน ประหยัดเวลา และนำไปสู่การเกษตรยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา, 2558) โรงเรือนระบบปิดจะช่วยทำให้สภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือนเป็นแบบไมโครสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (V. Sri Jahnvi and Shaik Fayaz Ahamed, 2015) ปัจจุบันมีการออกแบบโรงเรือนระบบปิดร่วมกับ Evaporative Cooling System ด้วยเช่นกัน Evaporative Cooling System หมายถึง ระบบทำความเย็นแบบที่ใช้การระเหยของน้ำช่วยในการทำความเย็น หลักการทำงานของระบบอีแวป (EVAP) คือ ปล่อยให้กระแสลมไหลผ่านตัวกลางที่มีน้ำไหลผ่านแผ่นคูลิ่งแพด (cooling pad) และการที่อากาศซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าไหลผ่านน้ำจะทำให้ไอน้ำระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งจะเป็นการดึงเอาความร้อนของอากาศออกทำให้ อุณหภูมิของอากาศลดลงจากหลักการนี้ทำให้มีการนำมาออกแบบใช้กับการทำโรงเรือนเลี้ยงสัตว์หรือปลูกพืชได้ โดยมีการติดตั้งแผงความเย็น คูลิ่งแพด ที่ทำจากกระดาษอัดเคลือบน้ำยาชนิดพิเศษ ซึ่งกระดาษอัดชนิดนี้ได้มีการนำมาเรียงเป็นแท่งมีความหนาประมาณ 4-6 นิ้ว และวางเรียงให้มิดพื้นที่ผิวมากที่สุดเพื่อให้มีโอกาสสัมผัสน้ำและอากาศที่ไหลผ่านมากที่สุด จะเป็นการช่วยให้น้ำมีการระเหยได้มากนั่นเอง และมีพัดลมดูดเอาอากาศร้อนข้างนอกผ่านแผงคูลิ่งแพดที่มีน้ำไหลผ่าน (วุฒิพล จันทรสระคู และคณะ, 2565) ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีในการทำความเย็นมีมากมายให้เราได้ออกแบบและสร้างระบบทำความเย็นได้หลากหลายซึ่งเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล หรือที่ทราบกันในชื่อแผ่นเพลเทียร์นั้นก็เป็อีกเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจในการนำไปใช้ทำความเย็นเช่นกันเพราะมีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกับระบบทำความเย็นที่ใช้ระบบคอมเพรสเซอร์ ซึ่งการทำงานของแผ่นเพลเทียร์นั้นไม่จำเป็นต้องใช้คอมเพรสเซอร์หรือส่วนที่เป็นกลไกขับเคลื่อนใด ๆ และไม่ต้องใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพราะการทำงานที่เย็นขึ้นนั้นมาจากการที่ให้ไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปเหนี่ยวนำให้อิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำให้เคลื่อนที่พร้อมกับแลกเปลี่ยนความร้อนไปด้วยซึ่งเป็นข้อดีของการทำความเย็นประเภทนี้เพราะใช้เวลาทำความเย็นไม่นานก็สามารถได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ อีกทั้งแผ่นเพลเทียร์นี้ยังไปใช้งานได้หลากหลายอีกด้วยไม่ว่าจะเป็นตู้เย็น แอร์ขนาดเล็ก หรือระบบทำความเย็นส่วนบุคคลอีกด้วย (จิรายุสวัฒ ประสม และคณะ, 2562)

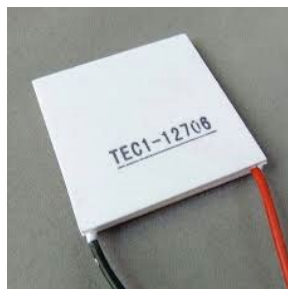
ปัญหาของโรงเรือนระบบปิดที่ใช้ระบบระบายอากาศด้วยวิธีระเหยน้ำ (EVAP) ในปัจจุบันคือ อุณหภูมิของน้ำที่นำมาใช้นั้นไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในหน้าร้อนน้ำก็จะมีอุณหภูมิสูง ทำให้ประสิทธิภาพการลดความร้อนในโรงเรือนลดลง โครงการวิจัยนี้ต้องการประยุกต์ใช้แผ่นเพลเทียร์กับระบบ EVAP ในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิด โดยใช้แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) เป็นตัวให้กำเนิดความเย็นทำให้น้ำเย็นไหลผ่านรังผึ้ง และความเย็นถูกส่งเข้าไปในโรงเรือนด้วยพัดลมดูดอากาศ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ ผ่านเซนเซอร์ต่าง ๆ ในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดเดิม

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อลดอุณหภูมิในโรงเรือนโดยการประยุกต์ใช้แผ่นเพลเทียร์กับระบบระบายอากาศด้วยวิธีระเหยน้ำ (EVAP)
- 1.2 เพื่อศึกษาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน จากการประยุกต์ใช้แผ่นเพลเทียร์กับระบบ EVAP

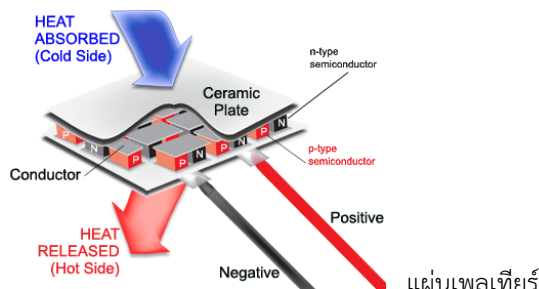
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผ่นทำความเย็นเพลเทียร์ (Peltier)



รูปที่ 1

รูปที่ 2 โครงสร้างภายในแผ่นเพลเทียร์



แผ่นเพลเทียร์

กระบวนการทำความเย็นหรือระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์เป็นตัวดูดสารทำความเย็นถือเป็นเรื่องที่เราต่างก็คุ้นเคยกันอยู่แล้วในชีวิตประจำวัน เพราะไม่ว่าจะเป็นระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรมมาจนถึงระบบแอร์หรือตู้เย็นที่เราใช้งานกันในครัวเรือน ล้วนแล้วแต่เป็นระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์เป็นตัวขับเคลื่อนซึ่งระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์เป็นตัวขับเคลื่อนนี้ ถือว่าเป็นหลักการทำความเย็นที่มนุษย์สร้างขึ้น และใช้งานมานานนับร้อยปี แต่เมื่อไม่กี่ปีให้หลังเริ่มมีการนำเอาอีกหนึ่งรูปแบบของการทำความเย็นมาใช้งานอย่างเป็นจริงเป็นจัง ในลักษณะการใช้งานแบบที่คล้ายคลึงกับระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ ซึ่งการทำความเย็นในรูปแบบนี้ไม่ต้องใช้คอมเพรสเซอร์ หรือส่วนที่เป็นกลไกขับเคลื่อนใด ๆ และไม่ต้องใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในระบบเหมือนเช่นที่เคยทำกัน เพราะเป็นการทำความเย็นที่ได้จากการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านสารกึ่งตัวนำ หลักการดังกล่าวมีชื่อว่า เทอร์โมอิเล็กทริก คูเลอร์ เพลเทียร์ TEC (Thermoelectric Cooler Peltier) ซึ่งเป็นแผ่นที่สามารถสร้างความเย็นได้ที่ด้านหนึ่ง และปล่อยความร้อนออกมาที่อีกด้านหนึ่ง เพียงแค่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปเท่านั้นโครงสร้างเบื้องต้นของแผ่นเพลเทียร์ (Peltier) ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type) และชนิดพี (P-Type) ดังรูปที่ 2 (ธนพล แก้วคำแจ้ง และกัมปนาท บุญคง, 2561)

2.2 Evaporative Cooling System

ระบบอีแวป หรือ Evaporative Cooling System (EVAP) เป็นระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำเป็นการลดอุณหภูมิของอากาศเพื่อให้อากาศมีอุณหภูมิที่ลดลงเหมือนกับที่เราเย็นบริเวณน้ำตกและมีความรู้สึกเย็นสบายเนื่องจากลมได้พัดผ่านละอองน้ำแล้ว ทำให้ลมมีอุณหภูมิที่ลดลง Evaporative Cooler หรือ เครื่องทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ ได้ใช้หลักการข้างต้นมาประยุกต์โดยใช้พัดลมดูดอากาศผ่านแผง Cellulose เพื่อเป็นตัวกลางในการดูดความร้อนของลมก่อนจ่ายลม โดยผ่านทางท่อส่งและจ่ายออกผ่านหัวจ่ายลม ตามบริเวณที่ต้องการ โดยปกตินั้นสามารถลดอุณหภูมิลงได้ถึง 4-10 C° เนื่องจากมีลมพัดผ่านร่างกายเหมือนกับการเปิดพัดลมแล้วรู้สึกเย็นทั้งที่อุณหภูมิไม่ได้ลดลงซึ่งเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Wind Chill Effect หรือ ผลกระทบลมเย็น ซึ่งถ้าพื้นที่เป็นบริเวณที่เป็นพื้นที่ปิดอาจต้องติดตั้งระบบระบายอากาศ เพื่อป้องกันความชื้นสะสมด้วย (Ecoen, 2566)

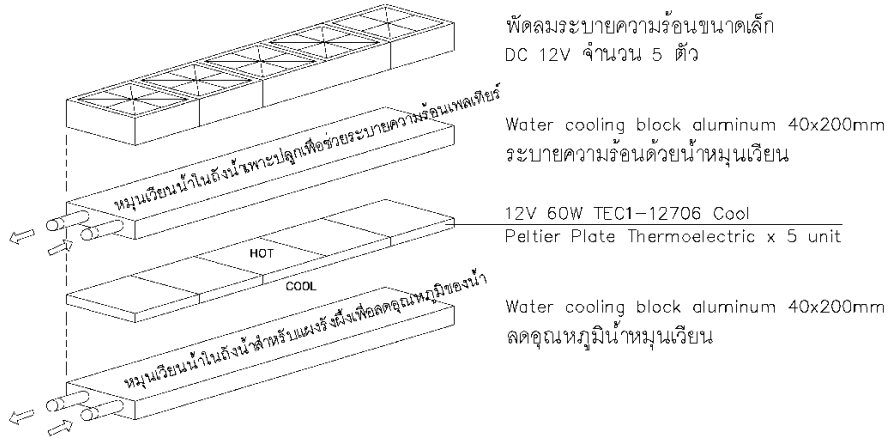
2.3 ระบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) และระบบโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Greenhouses)

ฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ เป็นการนำเอาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยมาใช้ในระบบฟาร์มเพื่อให้เกิดการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เป็นการเปลี่ยนปัจจัยการผลิต (Input) ไปเป็นผลผลิต (Output) ด้วยต้นทุนต่ำที่สุด (ค่าน้ำ ค่าไฟ ปุ๋ย สารเคมี แรงงาน พลังงาน รวมทั้งสิ่งแวดล้อม) เกิดของเสียน้อยที่สุด โดยการออกแบบกิจกรรมต่าง ๆ ให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีให้เหมาะสมสำหรับพื้นที่ สามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เพิ่มรายได้ ลดต้นทุน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สอดคล้องและรวดเร็วสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า นำไปสู่การเกษตรยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ทั้งนี้เกษตรกรควรมีความสามารถ มีความสนใจที่จะเรียนรู้และเข้าถึงข้อมูลข่าวสารในระดับที่เหมาะสม สามารถปรับตัวให้เท่าทันกับความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อให้คนรุ่นใหม่สนใจทำการเกษตรมากขึ้น สนับสนุนการรวมกลุ่มของเกษตรกรรายย่อยเพื่อแก้ไขขนาดการถือครองที่ดินที่มีขนาดเล็กไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในการใช้เทคโนโลยีและสามารถบูรณาการความรู้ให้เป็นประโยชน์และสามารถปฏิบัติได้จริง ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องให้ความสำคัญกับการวิจัยเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดนวัตกรรมทางการเกษตรมากขึ้น (จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา, 2558)

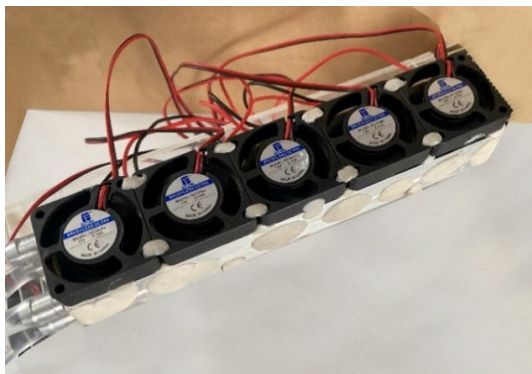
3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและประกอบชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์ แล้วนำไปติดตั้งกับระบบหมุนเวียนน้ำในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิด ซึ่งระบบหมุนเวียนน้ำนั้นเป็นการออกแบบใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของชุดทำความเย็น สถานที่ทำการทดลอง วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เก็บข้อมูลการทดลองลดอุณหภูมิของน้ำในถังที่จะส่งไปยังแผงรังผึ้งด้วยชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์ ในเดือนเมษายน ปี 2566 และเก็บข้อมูลอุณหภูมิกับความชื้นภายในโรงเรือน วันที่ 3 พฤษภาคม – 3 สิงหาคม 2566 (3 เดือน)

3.1 ออกแบบและประกอบชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ดังรูปที่ 3-4

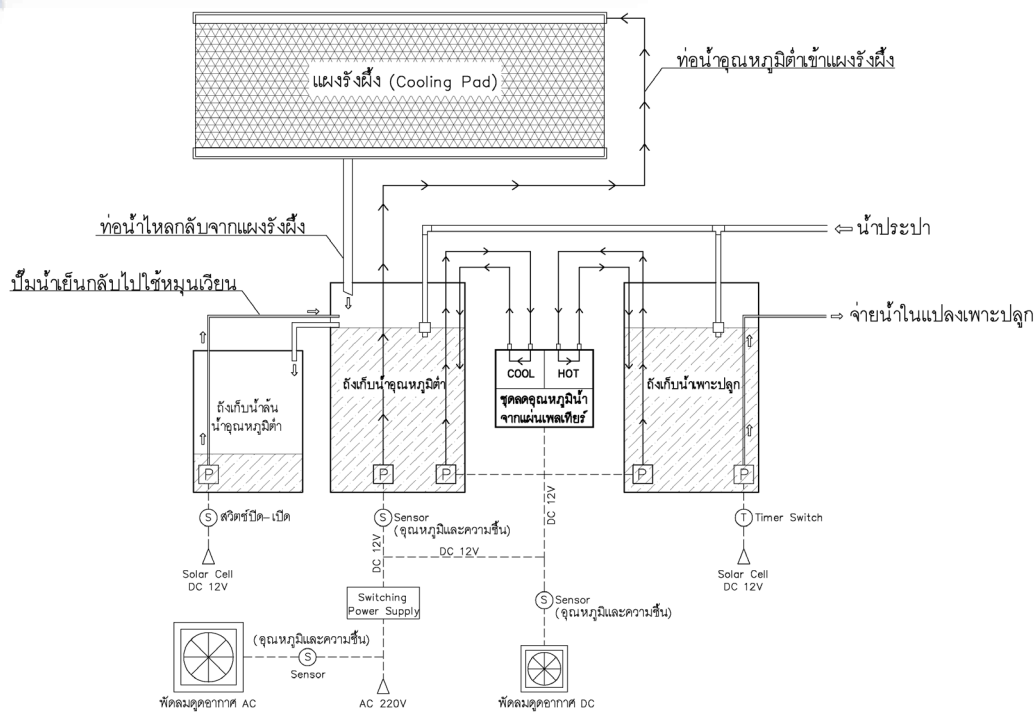


รูปที่ 3 การออกแบบชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์

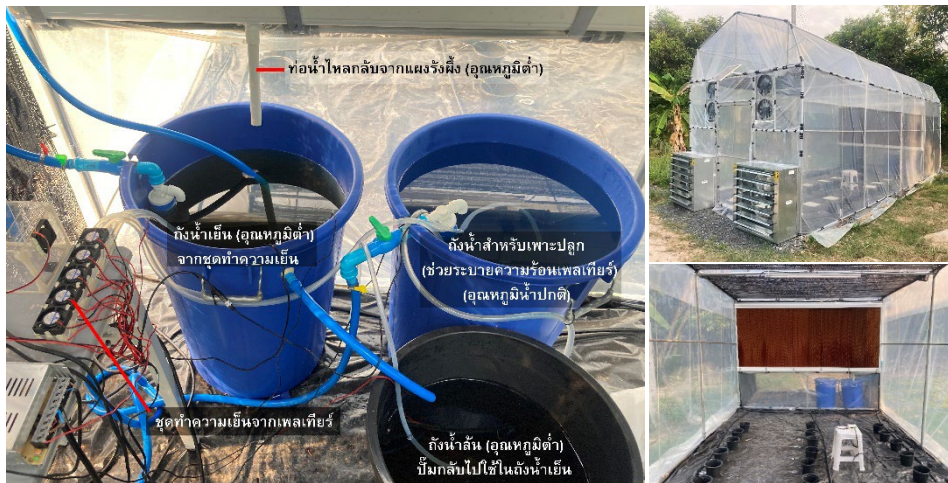


รูปที่ 4 ชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์

3.2 ออกแบบและติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำในโรงเรือนใหม่ เพื่อให้ระบบทำงานสอดคล้องกันระหว่างชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์กับ Evaporative Cooling System ในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดที่มีอยู่เดิม ดังรูปที่ 5-6 จากนั้นจึงวิเคราะห์ผล สรุปผล การลดอุณหภูมิของน้ำที่ส่งไปยังแผงรังผึ้ง(Cooling Pad) ในกระบวนการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยการระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System)



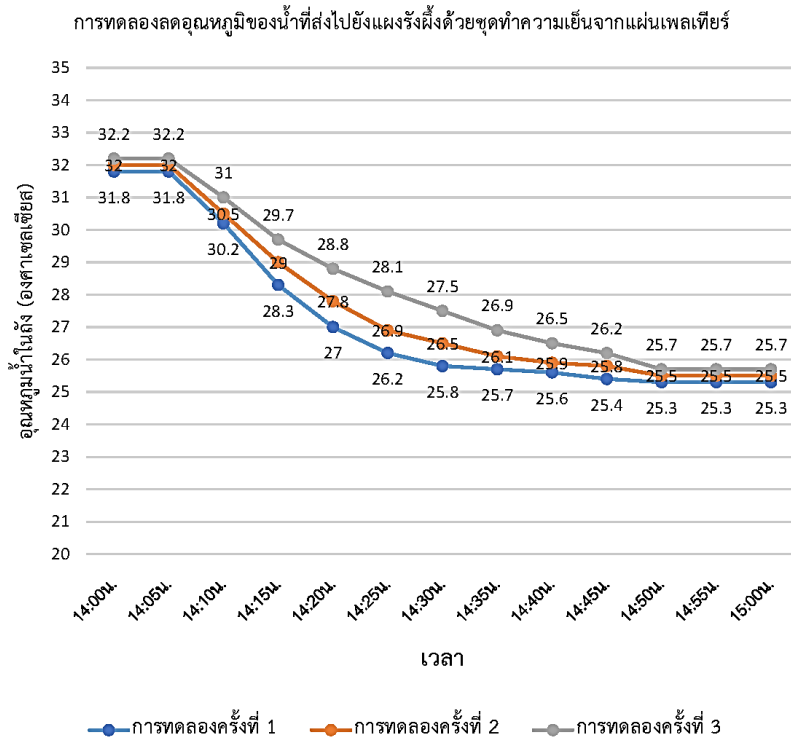
รูปที่ 5 การออกแบบระบบหมื่นน้ำที่ใช้ชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์ร่วมกับระบบ EVAP



รูปที่ 6 การติดตั้งระบบหมื่นน้ำในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดเดิม

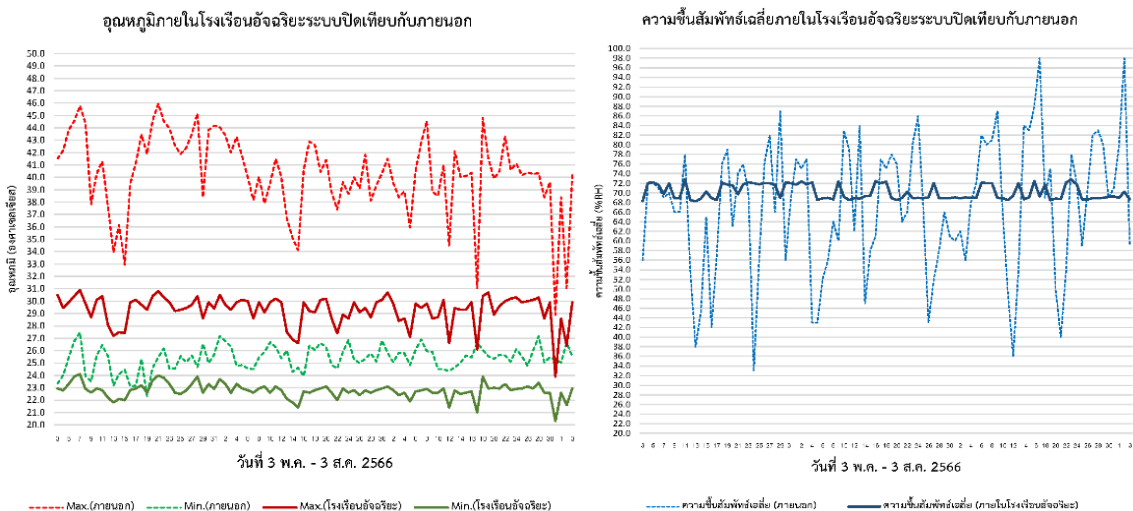
4. ผลการวิจัย

การทดลองลดอุณหภูมิของน้ำในถังที่จะส่งไปยังแผงรังผึ้งด้วยชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์ โดยทำการทดลองในเดือนเมษายน ช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกโรงเรือนสูงสุดของวันคือช่วงเวลาประมาณ 14:00 น. - 15:00 น. โดยมีอุณหภูมิประมาณ 37-38 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเริ่มต้น 31-33 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำในถัง 80 ลิตร เมื่อเปิดระบบชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์และทำการวัดอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 60 นาที ทำการทดลอง 3 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที อุณหภูมิของน้ำจะเริ่มลดอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิของน้ำในถังเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 50 นาที โดยน้ำในถังมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์สามารถช่วยลดอุณหภูมิของน้ำได้ถึงเฉลี่ย 6.5 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง และเมื่อเวลาผ่านไปหลัง 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำจะคงที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยอุณหภูมิที่แผงรังผึ้งมีจะค่าเท่ากับอุณหภูมิของน้ำในถัง ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลอุณหภูมิของน้ำที่ส่งไปยังแผงรังผึ้งด้วยชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลทเทียร์

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดกับภายนอกโรงเรือนพบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดจะมีค่าต่ำกว่าภายนอกโรงเรือน ซึ่งต่ำกว่าได้เกิน 10 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิก่อนข้างสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับภายนอกโรงเรือน และค่าอุณหภูมิต่ำสุดนั้นก็ยังมีค่าต่ำกว่าภายนอกโรงเรือนได้ถึง 3-4 องศาเซลเซียส โดยทั้งภายนอกและภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำสุดค่อนข้างสม่ำเสมอ และเมื่อเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยพบว่าค่าความชื้นเฉลี่ยในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดค่อนข้างมีค่าสม่ำเสมอ ความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 68-72 % ซึ่งจะแตกต่างกับความชื้นเฉลี่ยภายนอกโรงเรือนซึ่งมีค่าไม่คงที่เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในขณะที่โรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดสามารถควบคุมความชื้นได้ (รูปที่ 8) อัตราการใช้น้ำในระบบ EVAP ในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดประมาณ 30 ลิตร/ชั่วโมง



รูปที่ 8 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดเทียบกับภายนอกโรงเรือน

5. สรุปและอภิปรายผล

โรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดที่ใช้ชุดแผ่นเพลเทียร์สำหรับทำความเย็นให้น้ำในระบบ Evaporative Cooling System (EVAP) สามารถลดอุณหภูมิของน้ำที่ส่งไปยังแผงรังผึ้งเฉลี่ยได้ถึง 6.5 องศาเซลเซียส และสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเมื่อเปรียบเทียบกับภายนอกโรงเรือนได้มากกว่า 10 องศาเซลเซียส มากกว่าการทบทวนวรรณกรรมที่สามารถลดอุณหภูมิได้เพียง 4-10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 68-72 % ซึ่งค่อนข้างคงที่ ข้อดีของโรงเรือนในงานวิจัยนี้คือช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับพืชที่ต้องการปลูกได้ แต่ยังมีข้อด้อยคือโรงเรือนระบบ EVAP นั้นต้องใช้น้ำในปริมาณมาก โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

1. หากเพิ่มชุดทำความเย็นจากแผ่นเพลเทียร์หรือเพิ่มจำนวนแผ่นเพลเทียร์ก็น่าจะช่วยลดอุณหภูมิของน้ำได้ถึงต่ำลง และอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วมากขึ้น
2. โรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดที่ใช้ระบบ Evaporative Cooling System (EVAP) ไม่เหมาะกับสถานที่ที่มีน้ำไม่เพียงพอ เนื่องจากต้องใช้น้ำในระบบในปริมาณมาก
3. โรงเรือนอัจฉริยะระบบปิดที่ใช้ระบบ Evaporative Cooling System (EVAP) จะมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง อาจจะไม่เหมาะกับพืชที่ไม่ต้องการความชื้น หรือต้องการความชื้นต่ำ

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาสาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รวมถึงอาจารย์และเจ้าหน้าที่วิทยาลัยพลังงานทดแทนอาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา. (2558). เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ. *วารสารเทคโนโลยีวิชาการ*, 14(2), 202-209.

จิรายุสวัฒน์ ประสม, สิทธิโชค สืบแต่ตระกูล และทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์. (2562). การศึกษาคูณลักษณะของการทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33*, วันที่ 2-5 กรกฎาคม 2562, ณ โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชัน เซ็นเตอร์ อุดรธานี.

ชนพล แก้วคำแจ้ง และกัมปนาท บุญคง. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ถึงทำความเย็นจากแผ่นทำความเย็น Peltier. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 2(1), 39-46.

วุฒิพล จันทร์สระคู, เอกภาพ ป่านภูมิ, รัตติกาล ยุทธศิลป์, เวียง อากรชี่, มงคล ตุ่นเฮ้า, วิชรพงษ์ ตามโธสง, สรวุฒิ ปานทน, วรรณชนะ สมนึก, ภิรมย์ แก้วเพ็ญ, อุทัย ธานี, จารุวรรณ รัตนสกุลธรรม, สัจจะ ประสงค์ทรัพย์, ปาริชาติ พจนศิลป์, อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. (2565). *วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตพืชในโรงเรือนระบบปิดแบบอัจฉริยะ*. กรมวิชาการเกษตร, หน้า 5.

สุโข เสมมหาคักดี, อัถถ์ อัจฉริยะมนตรี และชุติวลัยชน์ เสมมหาคักดี. (2559). *การประเมินความ เปราะบางเชิงพื้นที่ และผลกระทบต่อระบบนิเวศเกษตรอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาลุ่มน้ำแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่*. เอกสารเผยแพร่ผลการวิจัยสำนักงาน ประสานงานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ (สพภ.-วช.)

Ecoen. (2566). ความรู้เกี่ยวกับระบบบ่อแวน หรือ EVAPORATIVE COOLING SYSTEM (EVAP). สืบค้น 28 กันยายน 2566, จาก <https://www.ecoen.co.th/news-events/knowledge/5/>

V.Sri Jahnvi & Shaik Fayaz Ahamed (2015). Smart Wireless Sensor Network for Automated Greenhouse. *IETE Journal of Research*, 61(2), 1-6, DOI: 10.1080/03772063.2014.999834.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผง

สุภาวดี แชมม์^{1*} ภัทธารภรณ์ ศรีสมรรถการ² สกุลตนา แหวนเพชร² และ พัชราภา คฤหบดี²

¹สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตำบล พิชัย อำเภอ เมือง จังหวัด ลำปาง 52000

*chamsupawadee@gmail.com, +66899399136

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) นำผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งมาตรวจสอบคุณภาพการหุงต้ม ได้แก่ เวลาในการทำให้สุก (Cooking Time) ปริมาณการสูญเสียของแข็ง ระหว่างการทำให้สุก (Cooking Loss) อัตราการดูดน้ำคืน (Rehydration ratio) ลักษณะทางเนื้อสัมผัสได้แก่ ค่าแรงต้านการดึง (Tensile strength) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมกล้วยดิบผงร้อยละ 15 ใช้เวลาในการทำให้สุก 8 นาที มีอัตราในการดูดน้ำกลับสูงเส้นสามารถคืนรูปได้ดี เท่ากับ 4.24 มีความเหนียวยืดหยุ่น เส้นมีลักษณะคงรูป ผิวหน้าไม่เหนียว โดยมีปริมาณการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้มสุก ร้อยละ 12.32 มีค่าแรงต้านการดึงขาดที่ดี มีค่าเท่ากับ 11.06 กรัมแรงและมีค่าความแน่นเนื้อมากเท่ากับ 4071.23 กรัมแรง เส้นมีความเหนียวยืดหยุ่น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากเส้นหลังการคืนรูปมีลักษณะเหนียวนุ่ม ผิวหน้าเรียบ

คำสำคัญ : เส้นก๋วยเตี๋ยว กล้วยดิบผง แป้งข้าวเจ้า

Product Development of Dried Rice Noodles Supplemented with Raw Banana Powder

Supawadee Cham^{1,*} Pattharaporn Srisamattakarn² Sakultana Waenphet² and Patcharapa Kharuhabodee²

¹Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Pichai, Muang, Lamphang

*Corresponding author: chamsupawadee@gmail.com, +66899399136

Abstract

The development of dried noodle products supplemented with 0%, 10%, 15%, and 20% raw banana powder was conducted using a Complete Randomized Design (CRD) experimental. The quality of the dried noodles was assessed based on cooking time, cooking loss, rehydration ratio, and texture properties such as tensile strength and firmness. The results showed that noodles supplemented with 15% raw banana powder had a cooking time of 8 minutes, a high rehydration ratio with excellent shape recovery at 4.24, high toughness and elasticity, a non-sticky surface, and maintained their form. The cooking loss for these noodles was 12.32%, and they exhibited good tensile strength at 11.06 grams-force and high firmness at 4071.23 grams-force. The noodles were tough and elastic, with testers rating the texture and overall preference from moderate to very high. After rehydration, the noodles were soft and smooth.

Keyword : Rice Noodle Raw Banana Powder Rice Flour

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภค ให้ความสำคัญในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการแปรรูป ต้องมีคุณภาพทางโภชนาการสูง ปลอดภัยและมีอายุการเก็บที่นาน เส้นก๋วยเตี๋ยวมียมีส่วนประกอบหลักเป็นข้าว จัดเป็นอาหารที่ให้ คุณค่าทางโภชนาการต่ำ เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง ไขมันสูง วิตามินแร่ธาตุและปริมาณใยอาหารต่ำ ดังนั้นผู้บริโภคอาจจะ ขาดคุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ อีกทั้งเส้นก๋วยเตี๋ยวยังมีอายุการ เก็บรักษาสั้น ดังนั้น จึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้ง เสริมกล้วยดิบผง กล้วยดิบผงประกอบด้วยสารพฤกษเคมี (Phytochemical) ที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระและป้องกันมะเร็งได้ เช่น สารประกอบแคโรทีนอยด์ และวิตามินเอ กล้วยยังอุดมไปด้วยเยื่อใยและกากอาหาร และยังมีวิตามินและแร่ธาตุนานาชนิดที่มี ประโยชน์ต่อร่างกาย กล้วยมีโพแทสเซียมสูง ช่วยในการขับ โซเดียมซึ่ง เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความดันเลือดสูงของปัสสาวะ จึงลด การบวมของร่างกาย มีวิตามินบี 1 และบี 2 ช่วยเร่งการเผาผลาญน้ำตาลและไขมัน มีแมกนีเซียมช่วยควบคุมความดันเลือด ให้ พลังงานน้อย มีโปรตีนและเส้นใยทั้งที่ย่อยได้และย่อยไม่ได้ ช่วยระบบการขับถ่ายของร่างกายให้ดีขึ้น กล้วยดิบผงมีคุณค่าทาง โภชนาการ เช่น มีสมบัติ การเป็นสตาร์ที่ทนต่อการย่อย (resistant starch) ที่ให้พลังงานต่ำ และยังมีสารประกอบฟีนอล เป็น องค์ประกอบ สารซีโตอินโดไซด์ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย ต้านโรคมะเร็ง ทำให้มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นรักษา โรคระเพาะ เพราะในกล้วยน้ำว้ามีสารแทนนินอยู่มาก ช่วยรักษาอาการท้องเสีย (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย, 2563) นอกจากนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผง เป็นการเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์กล้วยน้ำว้า และผลิตภัณฑ์ เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเพิ่มความหลากหลายและเสริมสุขภาพให้กับผู้บริโภคมากขึ้น รวมทั้งช่วยยืนอายุการเก็บรักษาเส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งให้นานขึ้น มีน้ำหนักเบา สะดวกในการขนส่งและพร้อมจำหน่าย (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2565) ดังนั้นจึงมีการ พัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่เหมาะสม ที่มีคุณภาพการหุงต้ม ได้แก่ เวลาในการทำให้สุก (Cooking Time) ปริมาณการสูญเสียของแข็ง ระหว่างการทำให้สุก (Cooking Loss) อัตราการดูดน้ำคืน (Rehydration ratio) ลักษณะทาง เนื้อสัมผัสได้แก่ ค่าแรงต้านการดึง (Tensile strength) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี เป็นที่ ยอมรับของผู้บริโภคและตลาดต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้ง เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่เกิดจากแป้งข้าวเจ้าหรือมีแป้งจากพืชอื่นผสมอยู่ ด้วยการรีดเนื้อแป้งให้เป็นแผ่น บางๆ แล้วนำมาทิ้งให้สุก ก่อนจะตัดเป็นเส้นให้มีความยาวเหมาะสมซึ่งจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเป็นเส้นบางๆ เส้นมีสีขาวนวล ไม่มีกลิ่น หิน และเมื่อนำไปลวกน้ำร้อนจะนิ่มอ่อนตัวลง เนื้อเส้นเหนียว แต่ไม่เกาะติดกัน ก๋วยเตี๋ยวบ (noodle) เป็นหนึ่งในอาหารประเภท เส้นของจีนที่มาจากแป้งข้าวเจ้าโดยส่วนมากจะลวกให้สุกในน้ำเดือด สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาใส่เครื่องปรุงชนิดต่างๆ นิยมรับประทาน ทั้งแบบน้ำและแบบแห้ง นิยมใช้ตะเกียบเป็นเครื่องมือช่วยรับประทาน เส้นก๋วยเตี๋ยวบที่ผลิตขายในปัจจุบันมีทั้งจากระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรมที่ใช้บริโภคในประเทศ และส่งออกไปยังหลายประเทศโดยเฉพาะตลาดในเอเชียที่นิยมมากที่สุด อาทิ ฮองกง เกาหลี และญี่ปุ่น ส่วนประเทศอื่นๆ อาทิ สหรัฐอเมริกา และบางประเทศในยุโรป

แป้งกล้วย หรือกล้วยดิบผง (banana powder) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้จากกล้วยดิบ การผลิตแป้งกล้วยจะนิยมใช้ กล้วยในระยะความแก่ประมาณร้อยละ 90 โดยกล้วยดิบมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยน้ำ แป้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย วิตามิน เกลือ แร่ต่างๆ โดยมีปริมาณ แป้ง แคลเซียม เหล็ก และโปแตสเซียม สูงกว่าแป้งหลายชนิด เช่น แป้งข้าวโพด และแป้งมัน สำปะหลัง แป้งกล้วยหรือกล้วยดิบผงจัดเป็นวัตถุดิบทางอุตสาหกรรมเกษตรที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณส่วนประกอบคุณค่า ทางอาหารของกล้วยในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ให้พลังงาน 122.00 แคลอรี โปรตีน 1.20 กรัม คาร์โบไฮเดรต 26.10 กรัม ไขมัน 0.30 กรัม วิตามินเอ 375.00 ยูนิต วิตามินบีหนึ่ง 0.30 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.04 มิลลิกรัม วิตามินบีสามหรือไนอาซิน 0.60 มิลลิกรัม วิตามินซี 14.00 มิลลิกรัม แคลเซียม 12.00 กรัม ฟอสฟอรัส 32.00 กรัม ธาตุเหล็ก 0.80 มิลลิกรัม นอกจากนี้ ใน กล้วยยังอุดมไปด้วยเยื่อใยและกากอาหาร และยังมีวิตามินและแร่ธาตุนานาชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย กล้วยน้ำว้าหอมและสุกมี ธาตุเหล็กแคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินซีสูง เนื้อกล้วยมีเบต้าแคโรทีน ไนอาซินและใยอาหารสูง สามารถนำไปเป็นส่วนประกอบ ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ได้หลากหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ อาหารว่าง (snack) เช่น ข้าวเกรียบ ขนมปังกรอบ และ ผลิตภัณฑ์ขนมไทย แป้งกล้วยจะมีกลิ่นเฉพาะตัว และมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี สามารถรวมตัวกับน้ำได้ดีโดยเมื่อได้รับความร้อน จะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้น เนื่องจากแป้งกล้วยเป็นแป้งที่มีอะไมโลสสูง จึงทำให้มีคุณสมบัติพิเศษเหมาะ

ที่จะนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ดี โดยผลิตภัณฑ์ขนมอบบางชนิด สามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนได้สูงถึงร้อยละ 50 (Zandonadi และคณะ, 2012)

Tiboonbun และคณะ (2021) ได้ศึกษาผลของการทดแทนแป้งกล้วยดิบเพื่อปรับปรุงปริมาณของแป้งที่ทนต่อการย่อย (resistant starch) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยใช้แป้งกล้วยดิบทดแทนแป้งข้าวเจ้าในเส้นก๋วยเตี๋ยว 6 ระดับ คือร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 พบว่า การใช้แป้งกล้วยดิบทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ส่งผลอย่างมากต่อคุณสมบัติทางกายภาพและค่า resistant starch ของก๋วยเตี๋ยว โดยการทดแทนแป้งกล้วยดิบมากขึ้นทำให้ค่า a^* , b^* , cooking loss ปริมาณ resistant starch และความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นแต่เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีคล้ำลง จึงมีค่า L^* ลดลง ดังนั้นการนำแป้งกล้วยดิบไปทดแทนแป้งข้าวเจ้า สามารถเพิ่มปริมาณแป้งที่ทนการย่อย (resistant starch) ซึ่งมีคุณสมบัติของการเป็นสารพรีไบโอติกส์ (prebiotics) มากขึ้น และมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงมาก แต่การทดแทนแป้งกล้วยดิบมากกว่าร้อยละ 80 ส่งผลเสียต่อคุณภาพและคุณสมบัติด้านอื่นๆ โดยเฉพาะเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้แป้งกล้วยดิบทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ร้อยละ 100 มีการสูญเสียน้ำหนักจากการต้มมากขึ้น แต่ค่าความขาวของเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณการเสริมกล้วยดิบผงที่เหมาะสมในการแปรรูปเส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผง โดยแปรปริมาณกล้วยดิบผง 4 ระดับ ที่ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด (ปริมาณที่ใช้ได้จากการผลการทดลองเบื้องต้น) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ขั้นตอนในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผง (ดัดแปลงจาก ธรรมนูญ, 2553) ขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมน้ำแป้ง (แป้งข้าวเจ้าต่อกล้วยดิบผง) ในอัตราส่วน 40:60 โดยมีปริมาณกล้วยดิบผงที่ร้อยละ (0, 10, 15, 20) โดยน้ำหนัก ที่น้ำแป้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง โดยทำการคนทุก 30 นาที
2. นำส่วนผสมของสารละลายเจลาตินผสมคาร์ราจีแทนที่ซึ่งเตรียมไว้ไปให้ความร้อนจนเกิดเจลใสๆ แล้วพักไว้สักครู่ แล้วนำไปปั่นกับน้ำแป้งที่แช่ทิ้งไว้
3. ตวงน้ำแป้งปริมาณ 90 กรัม เทใส่ถาดอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 25x35 ตารางเซนติเมตร
4. ทำการเอียงถาดไปมาจนน้ำแป้งกระจายทั่วถาดอย่างสม่ำเสมอ วางถาดให้ได้แนวระดับหม้อหนึ่ง ที่อุณหภูมิน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ปิดฝาทำการนึ่งเป็นเวลา 8 นาทีและ 10 นาที ตามลำดับ
5. นำถาดออกทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องลอกแผ่นก๋วยเตี๋ยวบแห้ง ผึ่งลมบนตะแกรงลวดประมาณ 5 นาที และบ่มทิ้งไว้ที่ตู้เย็น 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง
6. นำแผ่นเส้นมาตัดครึ่ง และนำเส้นก๋วยเตี๋ยวไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง (หลังอบแห้ง)
2. ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผง มาตรตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังต่อไปนี้

2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มเส้นก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking Time) โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยว 50 กรัม ต้มในน้ำเดือดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มเส้นก๋วยเตี๋ยวให้สุกโดยทำการทดลองทั้งหมด จำนวน 3 ซ้ำ สังเกตลักษณะตรงกลางของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เป็นจุดสีขาวหายไปถือว่าเป็นเวลาในการต้มที่เหมาะสม

2.2 ปริมาณการสูญเสียของแข็งระหว่างการทำให้สุก (Cooking Loss) โดยชั่งเส้นก๋วยเตี๋ยว 20 กรัม ต้มในน้ำเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้มเส้นก๋วยเตี๋ยวให้สุกจากข้อ 1 จากนั้นตักเส้นก๋วยเตี๋ยวขึ้นมาสะเด็ดน้ำ 15 นาที นำน้ำที่เหลือหลังจากการต้มเส้นก๋วยเตี๋ยวไประเหยให้แห้ง แล้วอบที่ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักหลังการอบ คำนวณผลตั้งสมการ

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{Residue in cooking water}}{\text{Weight of Noodles before cooking}} \times 100$$

2.3 อัตราการดูดน้ำกลับ (Rehydration ratio) โดยการวัดค่าน้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งก่อนคืนรูปที่มีปริมาตรค่าหนึ่งแล้วนำเส้นก๋วยเตี๋ยวไปทำการคืนรูปจากนั้นนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่คืนรูปแล้วมาทำการวัดค่าน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง

20 กรัม ใส่ลงในน้ำเดือด 200 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้มเส้นก๋วยเตี๋ยวให้สุกจากข้อ 1 จากนั้นตักเส้นก๋วยเตี๋ยวขึ้นมาสะเด็ดน้ำ 15 นาที แล้วนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักสุดท้าย (Prakash และคณะ, 2004) คำนวณค่าดังสมการ

$$\text{Rehydration ratio} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวที่คืนรูปแล้ว (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (กรัม)}}$$

2.4 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analyzer) ได้แก่ ค่าแรงต้านการดึงขาด (Tensile strength) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) นำผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวไปคืนรูปในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเส้นก๋วยเตี๋ยวขนาด 4-5 เซนติเมตร จำนวน 4 เส้น ใส่ใน เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (TA.XT plus, Stable Micro System, ประเทศอังกฤษ) วัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) หัววัด P35 กำหนดค่า pre-test speed 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที test-speed 3.0 มิลลิเมตรต่อวินาที สำหรับหัววัด P/35 กำหนดระยะที่กดลงบนเส้นก๋วยเตี๋ยว ร้อยละ 50 ของความสูงตัวอย่าง

3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งและพัฒนาให้เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยศึกษาการรับรู้โดยยอมรับด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ทำการทดสอบคุณลักษณะ ได้แก่ ด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

4. การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

นำข้อมูลคุณภาพทางกายภาพและเคมีไปวิเคราะห์นำข้อมูลจากการทดสอบไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Science: SPSS)

4. ผลการวิจัย

4.1 คุณภาพทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง

ผลการวิจัยการเสริมกล้วยดิบผงในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง โดยเสริมกล้วยดิบผงที่ร้อยละ 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพการหุงต้มแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพการหุงต้มของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่ต่างกันหมายเหตุ a,b,c,d หมายถึงมีความ

Banana Powder (%)	Cooking Time (min.)	Cooking loss (%)	Rehydration ratio
0	6 ± 0.39 ^a	8.81 ± 1.91 ^{ab}	3.49 ± 0.37 ^b
10	7 ± 0.35 ^b	12.32 ± 2.93 ^b	4.24 ± 0.26 ^a
15	8 ± 0.10 ^c	7.36 ± 0.72 ^a	4.20 ± 0.23 ^a
20	9 ± 0.07 ^d	7.39 ± 1.37 ^a	3.75 ± 0.11 ^{ab}

แตกต่างกัน
อย่างมี
นัยสำคัญ
ทางสถิติ
(p≤0.05)
ระยะเวลา
ในการต้ม

เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกล้วยดิบผงให้สุก (Cooking Time)

เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยพบว่าเมื่อมีการเสริมกล้วยดิบผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาในการทำให้สุกเพิ่มขึ้น เท่ากับ 6, 7, 8 และ 9 นาที ตามลำดับ ในการเสริมแป้งกล้วยในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งที่มีเส้นใยสูง ทำให้เส้นมีความแข็งกระด้างมากยิ่งขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นยิ่งทำให้เวลาในการทำให้สุกเพิ่มขึ้น ในการเสริมแป้งกล้วยในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งที่มีเส้นใยสูง ทำให้เส้นมีความแข็งกระด้างมากยิ่งขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นยิ่งทำให้เวลาในการทำให้สุกเพิ่มขึ้น

การสูญเสียของแข็งระหว่างการทำให้สุก (Cooking Loss)

เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่ร้อยละ 15 และ 20 มีการสูญเสียของแข็งระหว่างการทำให้สุกน้อยที่สุด คือ 7.36 ถึง 7.39 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับที่เสริมกล้วยดิบผงร้อยละ 10 แต่ไม่มีความแตกต่างกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่เสริมกล้วยดิบผง เมื่อปริมาณกล้วยดิบผงเพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างความเป็นผลึกของกล้วยดิบผงทำให้มีความสามารถในการจับน้ำ มีน้ำหนักหลังการต้มเพิ่มขึ้น

อัตราการดูดน้ำกลับ (Rehydration ratio)

อัตราการดูดน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบ พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงร้อยละ 10 และ 15 มีอัตราการดูดน้ำกลับมากที่สุด คือ 4.20-4.24 เท่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่เสริมกล้วยดิบผง แต่ไม่มีความแตกต่างกับที่ร้อยละ 20 โดยพบว่าสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Supaluck และคณะ (2019) พบว่า อัตราการคืนรูปบ่งบอกถึงการดูดน้ำกลับ เข้าไปในผลิตภัณฑ์อาหารแห้งโดยพบว่าหากมีอัตราการดูดน้ำกลับมาก อาหารแห้งมีการขยายตัวได้มาก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่คืนรูปมีลักษณะพองตัวขึ้น จากการของน้ำในโครงสร้างของแป้งโดยพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีกล้วยดิบผงที่ร้อยละ 10 และ 15 มีอัตราการดูดน้ำกลับสูง ทำให้เส้นมีลักษณะพองและนุ่ม

ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากผลการตรวจวิเคราะห์ที่คุณลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Profile Analyzer ตรวจวัดค่าแรงต้านการดึงขาด (Tensile strength) และวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่ต่างกัน

Banana Powder (%)	Tensile strength (g-force)	Firmness (g-force)
0	13.55 ± 2.62 ^a	2416.88 ± 1017.69 ^b
10	14.19 ± 2.17 ^a	4052.19 ± 674.64 ^a
15	11.06 ± 1.87 ^b	4071.23 ± 831.37 ^a
20	10.02 ± 1.49 ^b	3775.85 ± 511.36 ^a

หมายเหตุ a,b,c หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าแรงต้านการดึงขาด (Tensile strength)

ค่าแรงต้านการดึงขาดของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่คืนรูปแล้ว พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งที่เสริมกล้วยดิบผงที่ร้อยละ 10 มีแรงต้านการดึงขาดมากที่สุด คือ 14.19 กรัมแรงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับที่เสริมกล้วยดิบผงร้อยละ 15 และ 20 แต่ไม่มีความแตกต่างกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่เสริมกล้วยดิบผง พบว่า เมื่อปริมาณกล้วยดิบผงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าแรงต้านการดึงขาดลดลง เป็นผลจากสมบัติหน้าที่ของกล้วยดิบผง โดยกล้วยดิบผงมีเส้นใยสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า ทำให้มีความกระด้าง เส้นเปาะและมีแรงต้านการดึงขาดง่าย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วิภา (2545) พบว่า เมื่อปริมาณกล้วยดิบผงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าแรงต้านการดึงขาดลดลง เป็นผลจากสมบัติหน้าที่ของกล้วยดิบผง โดยกล้วยดิบผงมีเส้นใยสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าทำให้ มีความกระด้าง เส้นเปาะและมีแรงต้านการดึงขาดง่าย

ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

ค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่คืนรูปแล้ว พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งเสริมกล้วยดิบผงที่ร้อยละ 15 มีความหนาแน่นมากที่สุดเท่ากับ 4071.23 แรงกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเส้นก๋วยเตี๋ยวบแห้งที่ไม่เสริมกล้วยดิบผง แต่ไม่มีความแตกต่างกับที่ร้อยละ 10 และ 15 เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ผิวหน้าของเส้นไม่เหนียวเหนอะ พบว่า เมื่อปริมาณกล้วยดิบผงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากองค์ประกอบและสมบัติเชิงหน้าที่ของกล้วยดิบผงที่แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้า ความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้ม ($p < 0.01$)

2. คุณภาพคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกล้วยดิบผง

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกล้วยดิบผงในรูปของเส้นคินรูปในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมโดยการทดสอบความชอบ 9 ระดับคะแนน (9 Point Hedonic Scaling Test) ใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ได้ผลการศึกษา แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเสริมกล้วยดิบผงเส้นคินรูปแล้ว

Banana Powder (%)	Color	Odor ^{ns}	Flavor	Elasticity	Overall acceptability
0	6.60 ± 1.16 ^b	6.63 ± 0.92	6.90 ± 0.88 ^{ab}	6.93 ± 0.94 ^a	7.06 ± 0.73 ^a
10	7.03 ± 0.92 ^a	6.76 ± 0.81	7.26 ± 0.86 ^a	7.13 ± 0.97 ^a	7.16 ± 0.83 ^a
15	6.80 ± 0.80 ^{ab}	6.83 ± 0.94	6.93 ± 1.01 ^{ab}	6.96 ± 1.12 ^a	7.06 ± 1.08 ^a
20	7.10 ± 0.95 ^a	6.63 ± 1.06	6.60 ± 0.81 ^b	6.36 ± 0.88 ^b	6.56 ± 0.97 ^b

หมายเหตุ: a,b,c หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(p<0.05)

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมแป้งกล้วยดิบผงในปริมาณร้อยละ 15 มีอัตราในการดูดน้ำกลับสูง เส้นสามารถคินรูปได้ดีเท่ากับ 4.24 ตามลำดับ มีความเหนียว ยืดหยุ่น เส้นมีลักษณะคงรูป ผิวหน้าไม่เหนียว โดยมีปริมาณการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้มสุก เท่ากับร้อยละ 12.32 มีค่าแรงต้านการดึงขาดที่ดี มีค่าเท่ากับ 14.19 และ 11.06 กรัมแรงและมีค่าความแน่นเนื้อสูงเท่ากับ 4,071.23 กรัมแรง เส้นมีความเหนียวและยืดหยุ่น ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวคินรูปผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเส้นก๋วยเตี๋ยวคินรูปในด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง เนื่องจากเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังการคินรูปมีลักษณะเหนียวนุ่ม ผิวหน้าเรียบ ดังนั้น การพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจึงสามารถเสริมกล้วยดิบผงได้ในปริมาณร้อยละ 15

5. สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งเสริมกล้วยดิบผง พบว่าสามารถเสริมแป้งกล้วยดิบผงในเส้นก๋วยเตี๋ยวปริมาณร้อยละ 15 มีอัตราในการดูดน้ำกลับสูงเส้นสามารถคินรูปได้ดี มีความเหนียว เส้นมีลักษณะคงรูป ผิวหน้าไม่เหนียว โดยมีปริมาณการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้มสุกค่อนข้างต่ำ มีค่าแรงต้านการดึงขาดที่ดี และมีค่าความแน่นเนื้อมาก เส้นมีความเหนียวยืดหยุ่น และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเส้นก๋วยเตี๋ยวคินรูปในด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริม ววน. และหน่วยบริหารและจัดการทุนวิจัยด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยและนวัตกรรมแผนงานสำคัญ โครงการริเริ่มสำคัญ (Flagship Project) ปีงบประมาณ 2565 โปรแกรม 17 การแก้ปัญหาวิกฤติของประเทศ: ตัวแบบเชิงธุรกิจเพื่อสร้างเศรษฐกิจฐานรากรองรับการเปลี่ยนแปลงและวิกฤตด้านเศรษฐกิจ ในการดำเนินงานในโครงการวิจัยเรื่อง "ตัวแบบกระบวนการพัฒนาธุรกิจภายใต้สถานการณ์วิกฤตด้านเศรษฐกิจ "กล้วยน้ำว้ารักษำบ้านเกิด" สินค้าเกษตรสำคัญของจังหวัดสุโขทัยด้วยนวัตกรรม"

7. เอกสารอ้างอิง

- ชญานภรณ์ ศิริเลิศ. (2553). การพัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไฉว วารสารเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. (2545). การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อการควบคุม คุณภาพ. อาหาร, 32(2), 86-91.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, (2565). ประวัติความเป็นมาของมันสำปะหลัง. แหล่งที่มา <https://kmtapiocachip.wordpress.com>. วันที่สืบค้น 30 กันยายน 2565
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย.(2563) รายงานประจำปี 2563 สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย. กระทรวงสาธารณสุข. Online: www.skto.moph.go.th/document_file/raynganyear63.pdf (สืบค้นวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565).
- Supaluck Kraithong, Suyong Lee, and Saroat Rawdkuen. (2019). Effect of red Jasmine rice replacement on rice flour properties and noodle qualities, Food Sci Biotechnol. 28(1):25–34
- Tiboonbun, W., Sungsir-in, M. and Moongngarm, A. (2011). Effect of replacement of unripe banana flour for rice flour on physical properties and resistant starch content of rice noodle. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Technology, 5(9), 558-561.
- Zandonadi, R.P., Botelho, R.B.A., Gandolfi, L., Ginani, J.S., Montenegro, F.M., and Pratesi, R. (2012). Green Banana Pasta: An Alternative for Gluten-Free Diets. J Acad Nutr Die. 112(7): 1068-1072.<https://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=30&chap>.

ผลของสาร เอทิลีน เอ็นเอเอ และจิบเบอเรลลินต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดง

รุ่งนภา ช่างเจรจา^{1*} หงส์ชัย พงษ์ขาว² ศิริพร อำทอง¹ และ สันติ ช่างเจรจา¹

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 200 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง
จ.ลำปาง 52000

*E-mail:changgeraja@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ผลของสาร เอทิลีน เอ็นเอเอ จิบเบอเรลลิน ต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดงศึกษาในช่วงเดือน มีนาคม-สิงหาคม 2566 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของเอทิลีนต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง กำหนดระดับความเข้มข้นของเอทิลีน 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของ NAA ต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง กำหนดระดับความเข้มข้นของ NAA 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของ GA₃ ต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง กำหนดระดับความเข้มข้นของ GA₃ 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบสารควบคุมการเจริญเติบโตก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับเอทิลีน มีความกว้างผล และความยาวผล ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มากกว่าต้นที่ได้รับเอทิลีน ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ไม่ได้รับเอทิลีนและต้นที่ได้รับเอทิลีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ปริมาณเอทิลีนที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโทไซยานิน ต้นที่ไม่ได้รับ NAA มีความกว้างและความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับ NAA ต้นที่ได้รับ NAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับ NAA 50 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้นที่ได้รับ NAA ในระดับที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโทไซยานิน ต้นที่ไม่ได้รับ และต้นที่ได้รับจิบเบอเรลลิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากรรมวิธีอื่น การได้รับจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผลหนามแดง ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโทไซยานิน

คำสำคัญ เอทิลีน เอ็นเอเอ จิบเบอเรลลิน แอนโทไซยานิน หนามแดง

Effect of ethylene, NAA and GA₃ on Anthocyanin Content in *Carissa carandas* Linn. Fruit

Abstract

The effect of Ethylene, NAA, Gibberellin on the amount of anthocyanin in *Carissa carandas* Linn. fruits was studied during March-August 2023 at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang Province. It was divided into 3 experiments, the experiment was designed in a completely randomized design (CRD) with 10 replications, 1 plant per replication. The first experiment studied the effect of ethylene on the amount of anthocyanin in *Carissa carandas* Linn. fruits and 4 levels of ethylene concentrations: 0, 50, 100 and 200 milligrams per liter. Experiment 2 studied the effect of NAA on anthocyanin content in *Carissa carandas* Linn. fruits. and four NAA concentration levels: 0, 50, 100, and 200 mg/L. Experiment 3 studied the effect of Gibberellin on anthocyanin content in *Carissa carandas* Linn. fruits. and four concentrations of Gibberellin were set: 0, 50, 100, and 200 mg/L. Growth regulators were sprayed 1 month before harvesting. It was found that plants that did not receive ethylene had fruit width and length, and pH values higher than plants that received ethylene. The water soluble solids of red thorn fruits that did not receive ethylene and plants that received 100 mg/L ethylene were higher than other treatments. Different amounts of ethylene did not affect the amount of citric acid and anthocyanin. Plants that did not receive NAA had fruit width and length higher than those treated with NAA. Plants that received 100 mg/L NAA had higher water soluble solids than those treated with 50 and 200 mg/L NAA. Plants that received different levels of NAA did not affect the pH, citric acid content and anthocyanin content. Plants that did not receive and plants that received 100 mg/L gibberellin had higher amounts of water soluble solids than other treatments. Exposure to gibberellin at different concentrations did not affect the width and length of red thorn fruits, pH, citric acid content and anthocyanin content.

Keywords: Ethylene, NAA, Gibberellin, *Carissa carandas* Linn., anthocyanin

1. บทนำ

หนามแดง (*Karanda* : *Carissa carandas* Linn.) ในประเทศไทยบางที่เรียกว่า มะม่วงไม่รู้หำ (นิจศิริ, 2547) เป็นผลไม้ประเภทที่มีลักษณะสีผลแดงถึงม่วงเข้มผลสามารถนำมาใช้แปรรูปอาหารได้หลากหลาย หนามแดงมีฤทธิ์ทางชีวภาพคือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และต้านการเกิดมะเร็ง ในผลหนามแดงพบว่ามีธาตุเหล็ก วิตามินซี และเพกทินจำนวนมาก ชนิดของแอนโทไซยานินที่พบให้ผลหนามแดงในปริมาณมากคือ cyanidin-3-O-rhamnoside, pelargonidin-3-O-glucoside และ cyanidin-3-O-glucoside มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Kamlesh, 2010) แอนโทไซยานินเป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ เป็นรงควัตถุที่พบได้ใน cell sap และ epidermis ของพืช (จริงแท้, 2537) แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาและชีววิทยาที่หลากหลาย เช่น คุณสมบัติในการช่วยต้านอนุมูลอิสระ การลดอาการอักเสบในทางเดินปัสสาวะ การลดความเสี่ยงของตาที่มีผลต่อโรคเบาหวาน โรคต่อหิน และโรคต่อกระดูก ลดอาการสูญเสียความทรงจำระยะสั้น การลดคอเลสเตอรอลและลดความเสี่ยงของการเป็นโรคมะเร็งและต้านไวรัส แต่คุณสมบัติที่สำคัญที่สุด คือ การมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (สัมพันธ์, 2546) พบทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบหรือลำต้นของพืชบางชนิด มีการใช้สารในกิจกรรมต่างๆ เช่น ทำขนม สีย้อมผ้า และใช้ในเครื่องสำอาง ปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการสร้างแอนโทไซยานินของพืชนอกจากพันธุกรรมแล้ว ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ได้แก่ แสง อุณหภูมิต่ำ ธาตุอาหาร และการขาดน้ำ เป็นต้น (Chalker-Scott, 1999) เอทีฟอนสามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในพืชหลายชนิดได้เช่น ในมะม่วงพันธุ์มหาชนก (ธนาภรณ์และคณะ, 2549) แอปเปิ้ล การพ่นสารเอทีฟอนทำให้ปริมาณแอนโทไซยานิน ฟลาโวนอลและโพรแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น และทำให้ activity ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ได้แก่ phenylalanine ammoni-lyase (PAL) และ chalcone isomerase (CHI) เพิ่มขึ้น (Li et al., 2002) ซึ่งเอทีฟอนใช้เร่งการสุกและการเร่งสีของผลไม้ โดยกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (พีรเดช, 2537) และกระตุ้น activity ของเอนไซม์ PAL ที่เป็นเอนไซม์สำคัญในการเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกต่างๆ รวมทั้งแอนโทไซยานินด้วย (Camm and Towers, 1973) ในหนามแดง การศึกษาทางด้านปัจจัยการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารเอทีฟอน เอ็นเอเอ จิบเบอเรลลิน ต่อปริมาณสารแอนโทไซยานิน เพื่อใช้เป็นประโยชน์และพื้นฐานในการนำไปใช้ในเชิงการผลิตอาหารสุขภาพและในเชิงอุตสาหกรรม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากแนวคิดการบริโภคของผู้คนในสังคมปัจจุบัน ได้เปลี่ยนแปลงไปตามโลกยุคกระแสโลกาภิวัตน์ ยุคและการสื่อสารกันแบบไร้พรมแดนผ่านอินเทอร์เน็ต พฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบันจึงเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ความต้องการความสะดวกและรวดเร็วเป็นเรื่องที่จำเป็นในทุกๆ กิจกรรม รวมถึงการบริโภคอาหาร ทำให้กลุ่มอาหารสุขภาพเป็นทางเลือกที่ผู้บริโภคในยุคปัจจุบันหันมาใส่ใจและมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ ผักและผลไม้ที่มีสารพฤกษเคมี หรือ Phytochemicals หมายถึง สารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในพืช สารพฤกษเคมีเหล่านี้หลายชนิดถูกกล่าวอ้างว่ามีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด รวมถึงโรคมะเร็ง ที่เชื่อว่าสารกลุ่มนี้ช่วยป้องกันได้ ตัวอย่างของพฤกษเคมีเช่น แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอล ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชต่างๆ (Castañeda-Ovando et al., 2009) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) รายงานว่าผักและผลไม้สีแดงและม่วงมักมีสาระสำคัญในกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสีใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหาร มีสมบัติเป็นโคซิมูเลชั่นต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสี่ยงของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษ หนามแดงเป็นพืชที่น่าสนใจสามารถใช้ประโยชน์พัฒนาสู่การเป็นผลิตภัณฑ์เด่นได้ ผลการวิเคราะห์ในปริมาณแอนโทไซยานินในผลหนามแดงพบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินรวมในผลสูงสูง นอกจากนี้ยังมีสารฟีนอลิกและวิตามินซีสูง ปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการสร้างแอนโทไซยานินของพืช นอกจากพันธุกรรมแล้ว สิ่งแวดล้อมก็มีผลต่อการสร้างแอนโทไซยานินอย่างมาก เช่น แสงจะมีคุณสมบัติต่อการเพิ่มความเข้มสีผิวมากขึ้น ในสภาพอะครีไดน การใส่สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิด ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน จากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแอนโทไซยานินดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้มีความน่าสนใจนำมาใช้เพื่อการจัดการผลิตหนามแดงให้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคม 2566 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของเอทิลีนต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น กำหนดระดับความเข้มข้นของเอทิลีน 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของ NAA ต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น กำหนดระดับความเข้มข้นของ NAA 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของ GA₃ ต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น กำหนดระดับความเข้มข้นของ GA₃ 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองมีการควบคุมสภาพแวดล้อมของต้นหนามแดงโดยในช่วงการเจริญทางกิ่งใบมีการควบคุมปัจจัยการผลิตด้านต่างๆ เหมือนกันทุกต้น พันสารควบคุมการเจริญเติบโตก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ความกว้างและความยาวผล ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้รีแฟรกโตมิเตอร์ ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธี spectrophotometry (Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2005)

4. ผลการวิจัย

ความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับเอทิลีนในระดับที่แตกต่างกัน พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับเอทิลีน มีความกว้างผลมากกว่าต้นที่ได้รับเอทิลีน 50 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ย 16.59 มิลลิเมตร และความยาวผลของต้นที่ไม่ได้รับเอทิลีนมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับเอทิลีน โดยมีค่าเฉลี่ย 20.81 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของเอทิลีนต่อความกว้างและความยาวผล

ระดับความเข้มข้นเอทิลีน (mg/L)	ความกว้างผล (mm.)	ความยาวผล (mm.)
0	16.59a	20.81a
50	15.77b	19.18b
100	16.30ab	19.16b
200	15.50b	18.86b
F-test	*	*
Cv. (%)	5.60	5.50

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของผลหนามแดงที่ไม่ได้รับเอทิลีน มีค่ามากกว่าต้นที่ได้รับเอทิลีน 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ย 3.29 ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ไม่ได้รับเอทิลีนและต้นที่ได้รับเอทิลีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย 11.67 และ 11.63 °brix ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณเอทิลีนที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโธไซยานิน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.17-0.19 แอปอร์เซ็น และ 8.80-11.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ได้รับเอทิลีนในระดับที่
แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้น เอทิลีน (mg/L)	ค่า pH	ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าของแข็งที่ละลาย น้ำได้ (°brix)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/g)
0	3.29a	0.17	11.67a	8.80
50	3.21bc	0.18	11.00b	11.97
100	3.16c	0.19	11.63a	11.17
200	3.25ab	0.19	10.07c	10.71
F-test	*	ns	*	ns
Cv. (%)	0.97	9.44	2.25	22.53

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

: * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.05$)

ความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับ NAA ในระดับที่ต่างกัน พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับ NAA มีความกว้างและความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับ NAA โดยมีค่าเฉลี่ย 16.83 และ 20.70 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของ NAA ต่อความกว้างและความยาวผล

ระดับความเข้มข้น NAA (mg/L)	ความกว้างผล (mm.)	ความยาวผล (mm.)
0	16.83a	20.70a
50	16.04b	18.64b
100	15.58b	19.24b
200	15.58b	19.10b
F-test	*	*
Cv. (%)	5.00	6.49

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.05$)

หนามแดงที่ได้รับ NAA ในระดับที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโทไซยานิน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.27-3.31, 0.17-0.19 เปอร์เซ็นต์ และ 7.52-9.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าต้นที่ได้รับ NAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับ NAA 50 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ได้รับ NAA ในระดับที่
แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้น NAA (mg/L)	ค่า pH	ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/g)
0	3.29	0.19	12.47ab	7.52
50	3.27	0.19	11.00bc	9.52
100	3.28	0.19	12.83a	7.53
200	3.31	0.17	10.33c	9.76
F-test	ns	ns	*	ns
Cv. (%)	0.79	12.94	7.16	30.44

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

: * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.05$)

การได้รับ GA₃ ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผลหนามแดง โดยมีค่าเฉลี่ย 17.02-17.71 และ 20.66-21.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของ GA₃ ต่อความกว้างและความยาวผล

ระดับความเข้มข้น GA ₃ (mg/L)	ความกว้างผล (mm.)	ความยาวผล (mm.)
0	17.59	21.44
50	17.02	20.76
100	17.54	21.53
200	17.71	20.66
F-test	ns	ns
Cv. (%)	5.05	6.17

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

หนามแดงที่ได้รับ GA₃ ในระดับที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโธไซยานิน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.25-3.37, 0.15-0.21 เปอร์เซ็นต์ และ 6.62-8.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ได้รับ และกรรมวิธีที่ได้รับ GA₃ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่า 12.40 และ 12.47 °brix ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ได้รับจิบเบอเรลลินในระดับที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้น GA ₃ (mg/L)	ค่า pH	ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix)	ปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/g)
0	3.37	0.15	12.40a	6.85
50	3.36	0.17	10.97b	8.02
100	3.25	0.19	12.47a	6.62
200	3.36	0.21	10.13b	8.36
F-test	ns	ns	*	ns
Cv. (%)	1.94	25.89	4.90	28.54

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

: * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.05)

5. สรุปและอภิปรายผล

ต้นที่ไม่ได้รับเอทิลีน มีความกว้างผล และความยาวผล ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มากกว่าต้นที่ได้รับเอทิลีน ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ไม่ได้รับเอทิลีนและต้นที่ได้รับเอทิลีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ปริมาณเอทิลีนที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโธไซยานิน ต้นที่ไม่ได้รับ NAA มีความกว้างและความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับ NAA ต้นที่ได้รับ NAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับ NAA 50 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้นที่ได้รับ NAA ในระดับที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณแอนโธไซยานิน ต้นที่ไม่ได้รับ และต้นที่ได้รับจิบเบอเรลลิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากรรมวิธีอื่น การได้รับจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผลหนามแดง ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

ปริมาณกรดซิดริก และปริมาณแอนโทไซยานิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดารณี (2559) ที่พบว่า GA₃ ความเข้มข้น 25, 50 และ 75 ppm ไม่มีผลต่อการเพิ่มขนาดผล แต่ทำให้ผลเหมือนแก่และร่วงเร็วกว่าปกติ ประมาณ 12 วัน ผลจึงมีขนาดเล็กและปริมาณ TSS ต่ำกว่าปกติ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณงานมูลฐานตามพันธกิจของหน่วยรับงบประมาณ (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้สนับสนุนและการอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2537. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ดารณี เกียรติสกุล. 2559. การศึกษาการพ่นจิบเบอริลลิน และเบนซิลอะดีนีนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่. 28 หน้า.
- ธนาภรณ์ ศรีศิริพันธุ์ ยุทธนา จันทรชารา จ่านงค์ อุทัยบุตร และ กอบเกียรติ แสงนิล. 2549. ผลของเอทีฟอนและกรดแอบไซซิกต่อปริมาณของแอนโทไซยานินและเอกทิวิตีของพินิลอะลานีนแอมโมเนีย-ไลเอส ในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37: 5 (พิเศษ): 156-159.
- นิจศิริ เรื่องรังสี. 2547. สมุนไพรไทย. ปีเฮลท์ดี O, กรุงเทพฯ.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอโรโมนพืชและสารสังเคราะห์: แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 196 หน้า.
- สัมพันธ์ คัมภีรานนท์. 2546. แอนโทไซยานิน. สีสันเพื่อโลกสวย. 53-56.
- Camm, E.L. and Towers, G.H.N. 1973. Phenylalanine ammonia-lyase. *Phytochem.* 12 : 961-973.
- Castañeda-Ovando A, Pacheco-Hernández M, Páez-Hernández, et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry.* 2009; 113(4): 859-871.
- Chalker-Scott, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses.
- Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV- visible spectroscopy, pp. 19-31. In R. E. Wrolstad, T. E. Acree, E. A. Decker, M. H. Penner, D. S. Reid, S. J. Schwartz, C. F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. *Handbook of food analytical chemistry: Pigments, colorants, flavors, texture, and bioactive food components.* Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.
- Kamlesh. P.,R. Jale, M. Singh and R. Kumar. 2010. Non-destructive evaluation of dimensional properties and physical characterization of Carissa carandas fruits. *International Journal of Emerging Sciences.* 2: 321-327.
- Li, Z.H., S. Sugaya, H. Gemma and S. Iwahori. 2002. Stimulation of 'Fuji' apple skin color by ethephon and phosphorus-calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. *Scientia Horticulture.* 94: 193-199.

การศึกษาวัสดุเพาะกล้าที่เหมาะสมในการเพาะกล้าผักบุ้งและกล้าพริกคิริราชฎ์เพื่อทดแทนการใช้พีทมอส

สันติ ช่างเจรจา¹ หงส์ชัย พงษ์ขาว² ศิริพร อ่ำทอง¹ และ รุ่งนภา ช่างเจรจา^{1*}

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

*E-mail: changjeraja@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวัสดุเพาะกล้าที่เหมาะสมในการเพาะกล้าผักบุ้งและกล้าพริกคิริราชฎ์เพื่อทดแทนการใช้พีทมอส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยการใช่วัสดุทางการเกษตร ซี้เลื้อยไม้ไผ่ ฮิวมัส ขุยมะพร้าว และแกลบดำ ผสมเป็นวัสดุเพาะในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ส่วนผสมของวัสดุเพาะที่นำมาทดแทนพีทมอส ส่งผลให้การงอกของผักบุ้งจีนและพริกคิริราชฎ์มีการงอกของเมล็ด (%) การรอดตาย (%) เวลาเฉลี่ยในการงอก และดัชนีการงอกของเมล็ดน้อยกว่าการเพาะเมล็ดด้วยพีทมอส ในส่วนการเจริญเติบโตของต้นกล้า การใช่วัสดุเพาะกล้าที่ผสมด้วยซี้เลื้อยไม้ไผ่ ฮิวมัส และขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของกล้าผักบุ้ง ค่าไม่แตกต่างกัน แต่วัสดุเพาะกล้าทดแทนพีทมอสช่วยเพิ่มความยาวรากของต้นกล้าผักบุ้ง 3.33 – 3.69 เซนติเมตร ในส่วนของกล้าพริกคิริราชฎ์ การใช่วัสดุเพาะกล้าทดแทนพีทมอส ในอัตราส่วน 3:1:1:1 ช่วยเพิ่มความสูงของต้นกล้า 3.30 เซนติเมตร ความกว้างใบ 0.48 เซนติเมตร ความยาวใบ 1.13 เซนติเมตร และความยาวราก 1.50 เซนติเมตร วัสดุทดแทนในอัตราส่วน 3:1:1:1 นี้ช่วยให้กล้าพริกคิริราชฎ์มีการเจริญได้ดีเทียบเท่ากับการใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะกล้า

คำสำคัญ : วัสดุเพาะ ผักบุ้งจีน พริกกะเหรียงคิริราชฎ์ วัสดุเกษตร

Abstract

The Study on suitable seedlings for growing water spinach and Kiri-Rat chili seedlings as a substitute for peat moss was conducted using a completely randomized design with 4 treatments and 3 replications. The agricultural materials used were bamboo sawdust, humus, coconut coir, and black rice husk, mixed in different ratios as seedling media. The results showed that the substitute media combinations led to seed germination percentage, seedling survival rate, average germination time, and germination index compared to peat moss. For the growth of water spinach seedlings, using mixtures of bamboo sawdust, humus, and coconut coir in various ratios resulted in non-significant differences in plant height, leaf width, leaf length, and stem diameter. However, the substitute media improved the root length of water spinach seedlings by 3.33-3.69 centimeters. For Kiri-Rat chili seedlings, using the substitute media in a 3:1:1:1 ratio increased the height of the seedlings by 3.30 centimeters, leaf width by 0.48 centimeters, leaf length by 1.13 centimeters, and root length by 1.50 centimeters. This substitute media ratio of 3:1:1:1 supported the growth of Kiri-Rat chili seedlings as effectively as peat moss.

Keywords: Growing Media, Chinese Water Spinach, Karen Kirirat Chili, agricultural materials

1. บทนำ

ปัจจุบันการเพาะกล้า นับเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในกระบวนการเพาะปลูก เนื่องด้วยสถานการณ์ในปัจจุบันการนำพันธุ์พืชชนิดหนึ่งมาปลูกนั้นล้วนมีต้นทุนในการจัดซื้อเมล็ดพันธุ์พืช ยิ่งเป็นพืชที่หายาก พันธุ์พืชที่มีการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้ผลผลิตสูง ต้านทานต่อโรค หรือพันธุ์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ล้วนมีต้นทุนสูง ปัจจัยการงอกของเมล็ดพืชนั้นหลักๆประกอบด้วย น้ำ อุณหภูมิ ออกซิเจน และแสง ที่เมล็ดพืชต้องใช้ในกระบวนการงอก เมล็ดพันธุ์พืชที่มีอัตราการงอกและอัตราการรอดที่ต่ำนั้นต้องมาจากคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชที่ดี ซึ่งมีองค์ประกอบหลายประการ คือ ความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม ความบริสุทธิ์ทางกายภาพ ความงอก และความแข็งแรง (วัลลภ สันติประชา, 2538) เมล็ดพันธุ์ฝักที่จะงอกและต้นกล้าเจริญเติบโตได้ดีเพียงใด นอกจากการใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพแล้ว ยังขึ้นอยู่กับวัสดุเพาะกล้าอีกด้วยซึ่งในวัสดุเพาะกล้านั้นมีความสำคัญในการเพิ่มคุณภาพในด้านความสม่ำเสมอและความแข็งแรงของกล้า ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายและคุณภาพผลผลิตของพืชชนิดนั้นสูงขึ้นเมื่อย้ายลงปลูกในสภาพพื้นที่จริง อีกทั้งยังเป็นการลดการสิ้นเปลืองเมล็ดพันธุ์กว่า 4-5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรหว่านหรือหยอดเมล็ดพืชในพื้นที่โดยตรง (ชัยสิทธิ์ ทองจุ และคณะ, 2541) การงอกของเมล็ดพันธุ์ (Seed germination) ในด้านสรีรวิทยาของพืชเป็นการกลับคืนด้านการเจริญเติบโตของพืช ด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช และสัณฐานวิทยาโดยการที่เมล็ดเริ่มต้นการดูดน้ำหรือความชื้น และสิ้นสุดเมื่อเกิดการยึดตัวของแกนต้นอ่อนซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นการยึดตัวของรากแรกเกิด (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544)

วัสดุเพาะกล้ามีความสำคัญต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า ซึ่งในปัจจุบันการเพาะกล้ามีความสำคัญต่อการผลิตพืชผักเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดมีราคาสูง การเลือกใช้วัสดุเพาะกล้าที่มีคุณภาพดีเพาะกล้าก่อนย้ายปลูกจึงเป็นการช่วยให้เกษตรกรประหยัดเมล็ดพันธุ์ ลดความเสียหายของต้นกล้า รวมไปถึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดูแล และทำให้คัดเลือกต้นกล้าที่มีความงอกดี แข็งแรง และมีความสม่ำเสมอเพื่อย้ายปลูกได้ง่ายขึ้น (ภานุมาศ ถือธรรม และคณะ, 2563) วัสดุเพาะกล้านิยมนำมาใช้ในการเพาะเมล็ดและอนุบาลต้นอ่อนของพืชที่ได้รับความนิยมมีหลายชนิด แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ นิยมใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ เนื่องจากพีทมอสมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง สามารถอุ้มน้ำได้ดี มีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช (อภิรยา เทพสุคนธ์, 2566) พีทมอสเป็นวัสดุเพาะกล้าที่มีคุณภาพดี แต่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาที่สูง ทำให้ต้นทุนการเพาะกล้าของเกษตรกรสูงตามไปด้วย มีวัสดุทางการเกษตรหลายชนิดที่หาง่ายและมีราคาถูก เช่น ขุยมะพร้าว แกลบดำ ทราย ที่เกษตรกรนำมาเป็นวัสดุเพาะกล้าทดแทนพีทมอส รวมไปถึงการนำปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก มาเป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะกล้าด้วย ซึ่งวัสดุเหล่านี้เป็นอินทรีย์วัตถุที่มีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า ต้นกล้าที่ได้มีความแข็งแรง ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนในการเพาะกล้าได้อีกด้วย (ปิยาภรณ์ เข็มวิชัย, 2565) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีระบบการปลูกผักปลอดภัยจากเดิมที่ปลูกบนดินปกติโดยการยกแคร่หรือโต๊ะปลูกให้สูงจากระดับพื้นดิน ปรับใช้สูตรวัสดุปลูกที่มีน้ำหนักเบาทดแทนการใช้ดินเพื่อให้เมล็ดพืชมีการเจริญเติบโตที่ดีได้ผลผลิตที่ปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้น การศึกษาวัสดุเพาะกล้าที่เหมาะสมในการเพาะกล้าผักบั้งจีนและพริกศรีราชาเป็นกลุ่มพืชผักอายุสั้นที่นิยมปลูกเพื่อใช้ในการผลิตเพื่อการรับประทานในครัวเรือนสำหรับทดสอบวัสดุเพาะที่เหมาะสมในการทดแทนการใช้พีทมอส โดยเลือกใช้วัสดุเกษตรในพื้นที่ของจังหวัดลำปาง ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตในการซื้อพีทมอส ได้ต้นกล้าที่มีคุณภาพและมีความแข็งแรง เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาวัสดุเพาะกล้าที่มีคุณภาพต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ มีความงอกสูงอย่างสม่ำเสมอ เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตพืชอย่างมีประสิทธิภาพ การเตรียมความพร้อมเมล็ดเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางสรีรวิทยา โดยอาศัยหลักการให้เมล็ดดูดน้ำให้เพียงพอที่จะกระตุ้นการงอกทางสรีรวิทยา แต่ยังไม่ถึงระดับที่ทำให้รากงอก และลดความชื้นของเมล็ดลงให้อยู่ในระดับเริ่มแรก การเตรียมความพร้อมเมล็ด ส่งผลดีต่อการงอกของเมล็ด ทำให้เมล็ดใช้ระยะเวลาในการงอกลดลง มีความงอกสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ต้นกล้าตั้งตัวและเจริญเติบโตได้เร็ว นำไปสู่การได้ผลผลิตมากกว่าการปลูกพืชจากเมล็ดที่ไม่ได้รับการเตรียมความพร้อม ทั้งนี้การผลิตพืชในปัจจุบันมักพบปัญหาสภาพแวดล้อมที่ผันแปรไม่เอื้อต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช เช่น

สภาพความแห้งแล้ง ดินเค็ม อากาศหนาวเย็น เป็นต้นการเตรียมความพร้อมเมล็ดจึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งช่วยให้เมล็ดมีความพร้อมในการงอกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Halmer, 2016) จึงได้นำซีลี้อยู่ไฟและฮิวมัส ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่ อำเภอมะแมะ จังหวัดลำปาง มาใช้เป็นวัสดุเพาะเพื่อทดสอบการงอกของเมล็ด คือ ซีลี้อยู่ไฟ และฮิวมัสจากลีโอเนาร์โดท์ เป็นส่วนผสมร่วมกับขุยมะพร้าว ซีลี้อากลบ เป็นการลดต้นทุนวัสดุเพาะปลูก ช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ และใช้ให้เกิดประโยชน์

โดยในซีลี้อยู่ไฟนั้นมีปริมาณสารอาหารมากกว่าซีลี้อยู่ไฟ ซีลี้อยู่ไฟไม่มีความชื้น 4.22 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่าง 7.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 0.11 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฟอสฟอรัส 0.07 เปอร์เซ็นต์ (สุภาพร พงศ์ธรพุกษ์ และปริญญา ไกรวุฒินันท์, 2558)

ฮิวมัสจากลีโอเนาร์โดท์มีปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ทั้งหมด เท่ากับ 0.59, 0.10 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) มีค่า 2.3, 0.39 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุอาหารเสริม ได้แก่ แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และนิเกิล (Ni) เท่ากับ 11, 92, 64, 40 และ 29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มก./กก.) Pochadom et al. (2013) และลีโอเนาร์โดท์จากเหมืองแม่แมะ อำเภอมะแมะ จังหวัดลำปาง มีการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบสูงถึง 57.96 เปอร์เซ็นต์ ธนรรค สมจันทร์ และอรุวรรณ ฉัตรสีรุ่ง (2557) มีรายงานของ ภาสินี สืบสวน และคณะ (2560) ทำศึกษาผลของการใช้ลีโอเนาร์โดท์กับดาวเรือง พบว่าให้ผลดีเช่นเดียวกับการใช้มูลโคแต่ต้องใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้การใช้ลีโอเนาร์โดท์ยังมีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ส่วนที่สกัดได้ในดินสูงขึ้นด้วย แต่การใช้ลีโอเนาร์โดท์โดยตรงมีผลทำให้เพื่อของดินลดลง เนื่องจากลีโอเนาร์โดท์มีพีเอชต่ำ รายงานของชาญยุทธ รัตนพรหมณี และคณะ (2560) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับลีโอเนาร์โดท์สามารถเพิ่มระดับอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ได้ประมาณสองเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมและการใช้ลีโอเนาร์โดท์ร่วมกับปุ๋ยหมักให้ผลดีกว่าการใช้ลีโอเนาร์โดท์ หรือปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว จึงสรุปได้ว่าการผสมดินด้วยลีโอเนาร์โดท์ร่วมกับปุ๋ยหมักสามารถใช้เป็นทางเลือกทดแทนปุ๋ยเคมีเพื่อให้ผลผลิตข้าวที่สูงได้

ขุยมะพร้าวมีอนุภาคขนาดใหญ่ทำให้ตัววัสดุเพาะโปร่งและมีช่องว่างมากกว่าวัสดุอื่นๆ เจนจิรา ชุมภูคำ และสิริกาญจนา ตาแก้ว (2559) ขุยมะพร้าวมีไนโตรเจน 0.36 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.05 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม 2.94 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 60.13 เปอร์เซ็นต์ pH 6.15 กรมพัฒนาที่ดิน (2540) จากรายงานของ เอกรินทร์ สารีพัว และคณะ (2561) ได้ศึกษาผลของพันธุ์และวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง พบว่าดินผสมที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าวและแกลบดำมีเปอร์เซ็นต์ความงอก ความสูงต้นอ่อน และน้ำหนักผลผลิตสดสูงที่สุด

ซีลี้อากลบมีไนโตรเจน 0.22 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.008 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 0.50 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.05 เปอร์เซ็นต์ กรมพัฒนาที่ดิน (2540) มีรายงานจาก เสนจิต กิตตินานนท์ (2560) ได้ทำการศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าที่มีต่อการงอกและผลผลิตของทานตะวันงอก พบว่าเมล็ดทานตะวันที่เพาะในแกลบดำมีเปอร์เซ็นต์การงอกและให้ผลผลิตสูงที่สุด แตกต่างจากการเพาะด้วยวัสดุชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนเมษายน - พฤษภาคม 2567 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

- กรรมวิธีที่ 1. พีทมอส (control)
- กรรมวิธีที่ 2. ซีลี้อยู่ไฟ : ฮิวมัส : ขุยมะพร้าว : แกลบดำ อัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1
- กรรมวิธีที่ 3. ซีลี้อยู่ไฟ : ฮิวมัส : ขุยมะพร้าว : แกลบดำ อัตราส่วน 2 : 1 : 1 : 1
- กรรมวิธีที่ 4. ซีลี้อยู่ไฟ : ฮิวมัส : ขุยมะพร้าว : แกลบดำ อัตราส่วน 3 : 1 : 1 : 1

โดยใช้เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน และพริกกะเหรียงศรีราชภัฏ ปลูกลงในตะกร้าที่บรรจุวัสดุเพาะกล้าตามกรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด เพาะในตะกร้า กว้าง x ยาว x สูง : 25 x 33 x 8.5 เซนติเมตร ใส่วัสดุเพาะตามกรรมวิธีให้มีความหนา 2 เซนติเมตร แล้วเกลี่ยให้เรียบ จากนั้นจะเรียงเมล็ดเป็นแถวๆ ละ 10 เมล็ด มี 10 แถว แล้วกลบเมล็ดด้วยวัสดุเพาะตามแต่ละกรรมวิธีแล้วรดน้ำให้ชุ่ม จากนั้นนำถุงร้อนคลุมตะกร้าเพื่อเป็นการบ่มเมล็ด

การเพาะเมล็ดผักบุ้งจะบ่มเมล็ดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้ถุงพลาสติกคลุมถาดเพาะเพื่อกระตุ้นการงอก เมื่อครบเวลานำถาดเพาะออกจากถุง ทำการเก็บข้อมูลการงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก หลังจากหลังเพาะเมล็ด 2 วัน จนถึง 8 วัน ส่วนเปอร์เซ็นต์การงอก เปอร์เซ็นต์การรอดตาย และการเจริญเติบโตของผักบุ้ง มีการบันทึกข้อมูล หลังเพาะ 2 วัน จนถึง 10 วัน ทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน

การเพาะเมล็ดพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ จะบ่มเมล็ดพริกโดยใช้ถุงพลาสติกคลุมถาดเพาะเป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบเวลานำถาดเพาะออกจากถุง ทำการเก็บข้อมูลดัชนีการงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก หลังจากหลังเพาะเมล็ด 5 วัน จนถึง 13 วัน ส่วนเปอร์เซ็นต์การงอก เปอร์เซ็นต์การรอดตาย และการเจริญเติบโตของพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ มีการบันทึกข้อมูลหลังเพาะ 5 วัน จนถึง 17 วัน ทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่นัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป
หมายเหตุ – เมล็ดพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ จะแช่น้ำเปล่าก่อนปลูก 12 ชั่วโมง

การเก็บข้อมูลการวิจัย

ทำการบันทึกข้อมูลดัชนีการงอก และระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก โดยนับจากหลังเพาะเมล็ด ผักบุงจีน 2 วัน เป็นระยะเวลา 8 วัน พริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ โดยนับจากหลังเพาะเมล็ด 5 วัน เป็นระยะเวลา 13 วัน สูตรการคำนวณมีดังนี้

1. ทำการบันทึกข้อมูลการงอก และการรอดตาย โดยนับจากหลังเพาะเมล็ด ผักบุงจีน 2 วัน เป็นระยะเวลา 10 วัน พริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ โดยนับจากหลังเพาะเมล็ด 5 วัน เป็นระยะเวลา 17 วัน สูตรการคำนวณมีดังนี้

$$\text{การงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่โผล่พ้นวัสดุเพาะ}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{การรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่โผล่พ้นวัสดุเพาะ}}{\text{จำนวนเมล็ดงอกทั้งหมด}} \times 100$$

2. ดัชนีการงอก (Germination index: GI) เป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดจากอัตราความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ทำการตรวจประเมินเช่นเดียวกับการหาการเปอร์เซ็นต์การงอก แล้วนำข้อมูลมาคำนวณตามสูตรดังนี้ (Zhi, 2000)

$$\text{ดัชนีการงอก} = \text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)} / \text{จำนวนวันหลังเพาะ}$$

3. ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean Germination Time: MGT, day) โดยนำข้อมูลมาคำนวณตามสูตรดังนี้ (Ellis and Roberts, 1981)

$$\text{เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน} \times \text{จำนวนวันที่นับหลังจากวันเพาะเมล็ด}}{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกปกติทั้งหมด}}$$

การวัดข้อมูลความสูงความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวราก และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น โดยใช้ไม้บรรทัดและเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ดิจิตอล

4. ผลการทดลอง

4.1 การงอกผักบุงจีนและพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์

หลังจากเพาะกล้าผักบุงจีนได้ 10 วัน และเพาะกล้าพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ได้ 17 วัน พบว่าการงอกเมล็ดผักบุงจีน กรรมวิธีที่ 1 การงอกมากที่สุด คือ 62 % การงอกเมล็ดพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ พบว่ากรรมวิธีที่ 1, 3 และ 4 มีการงอกสูงสุด อยู่ในช่วง 83.33 - 95.67 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงอัตราความงอกผักบุงเงินหลังปลูก 10 วัน และพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ 1 หลังปลูก 17 วัน

กรรมวิธี	การงอกของเมล็ด (%)	
	ผักบุง	พริก
กรรมวิธีที่ 1	62.00a	83.33ab
กรรมวิธีที่ 2	49.33b	59.67b
กรรมวิธีที่ 3	51.00b	95.67a
กรรมวิธีที่ 4	47.67b	93.00a
F-test	*	*
CV. (%)	10.46	7.77

หมายเหตุ : * - มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

4.2. การรอดตายของต้นกล้าผักบุงเงินและต้นกล้าพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์

หลังจากเพาะกล้าผักบุงเงินได้ 10 วัน และเพาะกล้าพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ ได้ 17 วัน พบว่าการรอดของต้นผักบุงเงิน กรรมวิธีที่ 1 ต้นกล้าผักบุงเงินมากที่สุด คือ 62 % ส่วนอัตราการรอดตายของต้นพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ พบว่ากรรมวิธีที่ 1, 3 และ 4 มีอัตราการรอดของมากที่สุด อยู่ในช่วง 72.33 - 95.67 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงอัตราการรอดตายผักบุงเงินหลังปลูก 10 วัน และพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ หลังปลูก 17 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การรอด (%)	
	ผักบุง	พริก
กรรมวิธีที่ 1	62.00a	72.33ab
กรรมวิธีที่ 2	47.67b	52.33b
กรรมวิธีที่ 3	50.33b	95.67a
กรรมวิธีที่ 4	46.33b	88.33a
F-test	*	*
CV. (%)	8.99	18.19

หมายเหตุ : * - มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

4.3 ดัชนีการงอกของผักบุงเงินและพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์

หลังจากเพาะกล้าผักบุงเงินได้ 8 วัน และพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ได้ 13 วัน พบว่าดัชนีการงอกของผักบุงเงิน กรรมวิธีที่ 1 มีค่าดัชนีการงอกมากที่สุด คือ 7.75 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนดัชนีการงอกของพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ พบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อยู่ระหว่าง 4.56 - 7.36 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงดัชนีการงอกของผักบุงเงินหลังปลูก 8 วัน และพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ หลังเพาะ 13 วัน

กรรมวิธี	ดัชนีการงอก	
	ผักบุง	พริก
กรรมวิธีที่ 1	7.75a	6.46
กรรมวิธีที่ 2	6.17b	4.56
กรรมวิธีที่ 3	6.38b	7.36
กรรมวิธีที่ 4	5.96b	7.15
F-test	*	ns
CV. (%)	10.45	17.88

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

* - มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

4.4 เวลาเฉลี่ยในการงอกของผักบุงเงินและพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์

หลังจากเพาะกล้าผักบุงเงินได้ 8 วัน และพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ได้ 13 วัน พบว่าเวลาเฉลี่ยในการงอกของผักบุงเงิน และพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ พบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เวลาเฉลี่ยในการงอกของผักบุงเงินอยู่ระหว่าง 3.92 – 4.53 วัน และเวลาเฉลี่ยในการงอกของพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์อยู่ระหว่าง 8.54 – 9.85 วัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงเวลาเฉลี่ยในการงอกของผักบุงเงินหลังปลูก 8 วัน และพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ หลังเพาะ 13 วัน

กรรมวิธี	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)	
	ผักบุง	พริก
กรรมวิธีที่ 1	3.92	8.64
กรรมวิธีที่ 2	4.14	8.54
กรรมวิธีที่ 3	4.23	9.85
กรรมวิธีที่ 4	4.53	9.40
F-test	Ns	ns
CV. (%)	15.52	7.02

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.5 การเจริญเติบโตของต้นผักบุงเงิน

การเจริญเติบโตของต้นผักบุงเงิน หลังปลูก 10 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 มีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรากมากที่สุด อยู่ในช่วง 3.33 - 3.69 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงการเจริญเติบโตของต้นผักบุงเงินหลังปลูก 10 วัน

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของผักบุง หลังปลูก 10 วัน				
	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร)
กรรมวิธีที่ 1	10.57	1.26	3.39	2.74b	1.96
กรรมวิธีที่ 2	9.91	1.27	3.32	3.33a	2.02
กรรมวิธีที่ 3	10.12	1.24	3.37	3.68a	1.97
กรรมวิธีที่ 4	9.82	1.21	3.31	3.69a	1.99
F-test	ns	ns	ns	**	ns
CV. (%)	13.70	10.12	11.56	27.18	6.57

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

** - มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.01)

4.6 การเจริญเติบโตของต้นพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์

การเจริญเติบโตของต้นพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ หลังปลูก 17 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ 1, 3 และ 4 มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด อยู่ในช่วง 3.30 - 3.49 เซนติเมตร ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบมากที่สุด อยู่ในช่วง 0.47 - 0.48 เซนติเมตร ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 มีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวใบมากที่สุด อยู่ในช่วง 1.07 - 1.13 เซนติเมตร ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 1 และ 4 มีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรากมากที่สุด อยู่ในช่วง 1.50 - 1.63 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 มี

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด อยู่ในช่วง 0.67 - 0.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงการเจริญเติบโตของต้นพริกกะเหรียงคีรีราษฎร์ หลังปลูก 17 วัน

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของพริกคีรีราษฎร์ หลังปลูก 17 วัน				เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร)
	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	
กรรมวิธีที่ 1	3.36a	0.45b	1.01b	1.63a	0.71a
กรรมวิธีที่ 2	2.90b	0.42c	1.07ab	1.26c	0.69ab
กรรมวิธีที่ 3	3.49a	0.47ab	1.09a	1.42bc	0.67ab
กรรมวิธีที่ 4	3.30a	0.48a	1.13a	1.50ab	0.66b
F-test	**	**	**	**	*
CV. (%)	11.44	12.17	28.97	26.08	13.15

หมายเหตุ : * - มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

** - มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.01)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาวัดเฉพาะกล้าที่เหมาะสมในการเพาะกล้าผักบุ้ง และกล้าพริกคีรีราษฎร์เพื่อทดแทนการใช้พีทมอส พบว่ากรรมวิธีที่ใช้พีทมอสในการเพาะเมล็ดผักบุ้งและพริกคีรีราษฎร์ ช่วยให้ต้นกล้ามีการงอก ต้นรอดตาย และดัชนีการงอกที่ดีที่สุด เนื่องจากพีทมอสมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำดี และยังมีช่องว่างอากาศเหลือมากพอสำหรับการหายใจของราก มีการปรับค่า pH และเติมธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้าในช่วงแรก จึงช่วยให้เมล็ดพืชผักงอกได้ดี เร็ว และสม่ำเสมอมากกว่าวัสดุเพาะกล้าที่ผสมขึ้นโดยใช้วัสดุในท้องถิ่นอื่น ๆ (สุรวิช วรรณไกรโรจน์ และคณะ, 2562) งานวิจัยของ อาทิตยา ดวงสุพรรณ และคณะ (2565) กล่าวว่า การใช้พีทมอสในการเพาะเมล็ดโปรงกิ่งมีแนวโน้มให้ร้อยละการงอกสูงที่สุด และเท็ดศักดิ์ โทณลักษณะ (2566) กล่าวว่า การนำดินอ่อนของข้าวเย็นเหนือที่ผ่านวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เมื่อย้ายปลูกในพีทมอสเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามีอัตราการรอดชีวิต 60 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และ เอกรินทร์ สารีพัฑ และคณะ (2561) กล่าวว่า วัสดุเพาะพีทมอส และดินผสม มีเปอร์เซ็นต์ความงอก สูงที่สุด ครองใจ โสมรักษ์. (2562) กล่าวว่า เมล็ดครามจากฝักสีน้ำตาลไปศึกษาผลของวัสดุปลูกต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าคราม พบว่าการใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด คือ 69.00 เปอร์เซ็นต์

ในส่วนของวัสดุเพาะทดแทนพีทมอส ซึ่งเลือกใช้ : ฮิวมัส : ขุยมะพร้าว : แกลบดำ อัตราส่วน 3 : 1 : 1 : 1 พบว่า ให้การเจริญเติบโตด้านความยาวรากดีที่สุดใผักบุ้ง และการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และความยาวรากดีที่สุด จากรายงานของสุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์ และปริญญา ไกรวุฒินันท์, 2558 ที่รายงานว่าใช้เชื้อไมมีมี pH 7.85 มีธาตุอาหาร (N) และ (P) ทั้งหมดเท่ากับ 0.11, 0.07 เปอร์เซ็นต์ การใช้ฮิวมัสจากลิโอนาร์โดเป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะช่วยให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าดีเทียบเท่าการใช้พีทมอส เนื่องจากฮิวมัสมีปริมาณธาตุอาหาร (N) (P) และ(K) ทั้งหมด เท่ากับ 0.59, 0.10 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ (Ca) (Mg) และ(S) มีค่า 2.3, 0.39 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุอาหารเสริม ได้แก่ (Mn) (Zn) (Cu) และ(Ni) เท่ากับ 11, 92, 64, 40 และ 29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มก./กก.) Pochadom *et al.* (2013) การใช้ขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะช่วยให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าดีเทียบเท่าการใช้พีทมอส เนื่องจากขุยมะพร้าวมีอนุภาคขนาดใหญ่ทำให้ตัววัสดุเพาะโปร่งและมีช่องว่างมากกว่าวัสดุอื่น ๆ มีธาตุอาหาร (N) (P) และ(K) ทั้งหมดเท่ากับ 0.36, 0.05 และ 2.94 เปอร์เซ็นต์ และมีธาตุ (Ca) เท่ากับ 60.13 เปอร์เซ็นต์ pH 6.15 และการใช้ขี้เถ้าแกลบมีคุณสมบัติเป็นวัสดุเพาะที่ดี เพราะมีธาตุอาหาร (N) (P) และ(K) ทั้งหมดเท่ากับ 0.22, 0.008 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ และมีธาตุ (Ca) เท่ากับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ กรมพัฒนาที่ดิน (2540) Chumpookam *et al.* (2016) พบว่าการใช้ขุยมะพร้าวผสมปุ๋ยหมักในอัตราส่วน (2:1) ส่งผลให้ต้นกล้ามีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด ทั้งความสูงของต้น ความกว้างและความยาวใบ

เมื่อเปรียบเทียบพืชมอสกับวัสดุทดแทน พบว่าพืชมอสเหมาะสมในการเพาะกล้าผักบั้งและกล้าพริกศรีราชาพันธุ์มาก ที่สุด วัสดุเพาะทดแทนในอัตราส่วน 3 : 1 : 1 : 1 ในการเพาะกล้าผักบั้งและกล้าพริกศรีราชาพันธุ์นั้นมีความสมบัติเป็นวัสดุเพาะ กล้าทดแทนได้ดีเทียบเท่าการใช้พืชมอส เกษตรกรสามารถใช้วัสดุทดแทนดังกล่าวเป็นทางเลือกในการเพาะกล้าผักบั้งและพริก ศรีราชาพันธุ์ และเป็นแนวทางการลดต้นทุนให้กับเกษตรกรได้ เนื่องด้วยพืชมอสเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศมีราคาสูง คิด เป็นกิโลกรัมละ 14.8 - 18 บาท ขี้เลื่อยไม้ เป็นวัสดุเหลือใช้จากพื้นที่ ฮิวมัสจากเหมืองแม่เมาะ กิโลกรัมละ 8.8 บาท ขุยมะพร้าว กิโลกรัมละ 4.8 บาท แกลบดำ กิโลกรัมละ 10 บาท รวมแล้ววัสดุทดแทนพืชมอสราคา 7.9 บาท/กิโลกรัม เมื่อเทียบกับพืชมอสราคาจะถูกกว่า 6.9 - 10.1 บาท

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนสถานที่วิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2540). การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ. รายงานผลการวิจัย. กรุงเทพฯ: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน.
- ครองใจ โสมรักษ์. (2562). ผลของสีฟักและวัสดุปลูกต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าครามฝักอ. วารสารเกษตร พระวรุณ, 16(2), 375-386.
- เจนจิรา ชุมภูคำ และสิริกัญญา ตาแก้ว. (2559). ผลของวัสดุปลูกต่อการงอกเมล็ด การรอดชีวิต และการเจริญเติบโตของต้น กล้ามัลเบอร์รี่พันธุ์เวียดนาม GQ2. *Thai Journal of Science and Technology*, 5(3): 283-295.
- ชัยสิทธิ์ ทองจู, ก่อเกียรติ ฉายรัศมีกุล และสุภชัย ศรีทันดร. (2541). วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม ประโยชน์ในแง่วัสดุ ปลูกกับไม้กระถางในอนาคต. *วารสารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาาระบบเกษตรในเขตวิฤต*, 5(3): 29-33.
- ชาญยุทธ รัตนพรหมมณี, กวีพร จินะจันตา และอรุวรรณ ฉัตรสีรุ่ง. (2560). ผลของลีโอนาร์ไดต์ต่อการปรับปรุงคุณภาพดินและ ผลผลิตข้าว. *วารสารเกษตร*, 33(2): 215-224.
- ณรรต สมจันทร์ และอรุวรรณ ฉัตรสีรุ่ง. (2557). การปรับปรุงคุณภาพลีโอนาร์ไดต์สำหรับเป็นวัสดุปรับปรุงดิน. *วารสารวิจัย และพัฒนา มจร*, 37(1): 33-43.
- เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์, วชิระ ชุ่มมงคล และธีระพล เสนพันธ์. (2566). การขยายพันธุ์พืชสมุนไพรข้าวเย็นเหนือโดยวิธีการ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. *วารสารเกษตร*, 39(1): 105-115.
- ในระยะอนุบาลของการผลิตต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง (*Nepenthes ampullaria*) เป็นไม้กระถาง. *วารสารแก่นเกษตร*, 47(1), 169-176.
- ปิยาภัทร์ เข้มวิชัย. (2565). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การศึกษาวัสดุเพาะกล้าเพื่อทดแทนการใช้พืชมอสในการเพาะกล้าผัก สลัด. สำนักงานพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (องค์การมหาชน). 24 น.
- ภาณุมาศ ถีอธรรม เกศศิริพันธ์ แสงมณี และอิสระ ตั้งสุวรรณ. (2563). ผลของวัสดุเพาะกล้าจากแทนแดงและถ่านชีวภาพต่อ การงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเปราะ. *วารสารเกษตรนเรศวร*, 17(1): 20-27
- ภาสินี สืบสวน, ศรัณย์ สืบกระแสร, ศตวรรษ บุญมี และสุกัญญา แยมประชา. (2560). รายงานผลการวิจัย ผลของการใช้ลีโอนาร์ไดต์และปุ๋ยมูลโคต่อการเจริญเติบโตผลผลิตของดอกดาวเรือง และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินหลังปลูก. กรุงเทพฯ.
- วัลลภ สันติประชา. (2538). เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 212.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2544). สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุภาพร พงศ์รพฤกษ์ และปริญญา ไกรวุฒินันท์. (2558). รายงานผลการวิจัย การใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยไม้เหลือทิ้งจากการทำ ตะเกียบมาผลิตเป็นวัสดุเพาะเห็ด. *อุตรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*.
- สุรวี วรรณไกรโรจน์, ปริยานุช จุลกะ, วสันต์ หนูนึ่ง และเจนวิทย์ สมอคร. (2562). วัสดุทดแทนพืชมอส

- เสนจิต กิตตินานนท์. (2560). ผลของวัสดุเพาะกล้าที่มีต่อการงอกและผลผลิตของทานตะวันงอก. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร*, 1(2): 21-25.
- อภิรยา เทพสุคนธ์ สุขญา ผสสุข พันธวิทย์ สัจสมล และกมลทิพย์ คำเฝ้า. (2566). ผลของวัสดุปลูกและขนาดถุงปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง. *วารสารแก่นเกษตร*, 51(1): 96-106
- อาทิตยา ดวงสุพรรณ, วสา วงศ์สุขแสง, สมชญา ศรีธรรม, วันเพ็ญ ชลอเจริญยิ่ง และ โสเลีย เรืองมะณี. (2565). การศึกษาวิธีขยายพันธุ์โปร่งกิวเพื่อการอนุรักษ์ไว้ซึ่งพันธุกรรมพืชในท้องถิ่นของจังหวัดสุรินทร์. *วารสาร Technology, and Social Sciences Procedia*, 2022(4), 034.
- เอกรินทร์ สารีพัฑ, ปริญญา แข็งขัน และชยพร แอคะรัจน์. (2561). ผลของพันธุ์และวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง. *วารสารแก่นเกษตร*, 46(3), 543-548.
- Chumpookam, J., Takaew, S. and Chanchula, N. (2016). Effect of growing media on the germination, survival and seeding growth of 'Vietnam GQ2' Mulberry. *Thai J. of Sci. and Tech.* 5(3): 283-295. (in Thai)
- Ellis, R. A. and Roberts, E.H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 373-409.
- Halmer P. (2016). Seed Enhancements. 11B-Seed Biology.osu.edu. Available at: [http://seedbiology.osu.edu/HCS631_files/11B%20Seed%20Enhancements%20\(for%20class\).pdf](http://seedbiology.osu.edu/HCS631_files/11B%20Seed%20Enhancements%20(for%20class).pdf). Accessed: 12/03/2016
- Pochadom, S., Khaokaew, S., Sooksamiti, P., Jutamane, K., and Landrot, G. (2013). Chemical Characterizations of Leonardite from Mae Moh Mine for Agricultural Applications. In *The 51st Kasetsart University Annual Conference*. Bangkok, Kasetsart University.
- Zhi, J.Z. (2000). Germination test. In *Guideline for Agricultural Seed Testing Rules*. (pp.43-51). Beijing: Standards Press of China.

การพัฒนาวิธีตรวจวัดความต้องการน้ำของพืชโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน

ณัฐชัย เทียงบูรณธรรม*¹ อาทิตย์ ยาวุฑฒิ² และอนุสรณ์ ยอดใจเพชร³

1. สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา 202 หมู่ 17 ถ.ลำปาง-งาว ต.พิชัย อ.เมือง ลำปาง 52000
2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนา เชียงใหม่ 128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300
3. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนา เขตพื้นที่เชียงราย 99 ถ. พหลโยธิน ตำบลทรายขาว อำเภอ พาน เชียงราย 57120
silvertrident@outlook.co.th, 0897551641

บทคัดย่อ

การประเมินความต้องการน้ำของพืชเป้าหมาย เป็นแนวทางหนึ่งที่มีประโยชน์มากในอันที่จะช่วยให้ระบบสมาร์ตฟาร์ม ในอนาคตสามารถควบคุมการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพได้ วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือการพัฒนาวิธีตรวจวัดความต้องการน้ำของพืชโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน พืชทดสอบในงานวิจัยนี้คือ กระชายขาว (*Boesenbergia rotunda*) ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata*) และ ฟิโลเดนดรอน (*Philodendron* sp. 'moonlight') นำพืชทดสอบมาแยกปลูกในภาชนะที่มี วัสดุปลูก 3 ชนิด (เพอร์ไลต์ กาบมะพร้าว และสแฟกนัมมอส) ที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความชื้นของวัสดุปลูกด้วย เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน โดยเปรียบเทียบกับอีกภาชนะหนึ่งที่มีวัสดุปลูกอิ่มน้ำมลเท่ากันแต่ไม่มีพืช บันทึกความชื้นทุก 12 ชั่วโมง จนกว่าวัสดุปลูกจะแห้งหรือค่าไม่เปลี่ยนแปลง นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการต่อวันนักพืชต่อวัน ผลการเปรียบเทียบวัสดุปลูกพบว่า เพอร์ไลต์และกาบมะพร้าวไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับการตรวจวัดความต้องการน้ำของพืช เนื่องจากทั้งเพอร์ไลต์และกาบมะพร้าวดูดซับน้ำน้อยเกินไป ทำให้ความชื้นที่ตรวจวัดได้เข้าสู่จุดที่วัสดุแห้งอย่างรวดเร็วจนเห็นผลการดูดซับน้ำของพืชไม่ชัดเจน ส่วนสแฟกนัมมอสถือว่าเหมาะสมที่สุด ผลการประเมินความต้องการน้ำของพืชพบว่า กระชายขาว ฟ้าทะลายโจร และฟิโลเดนดรอนอายุ 1 ปี มีความต้องการน้ำ 376.07 ± 67.30 486.13 ± 97.57 และ 297.63 ± 61.91 มิลลิลิตร ต่อกิโลกรัมต่อวันตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ สามารถใช้วัดความต้องการน้ำของพืชได้ และสามารถใช้เป็นแนวทางวิจัยต่อยอดเพื่อใช้ในฟาร์มอัจฉริยะและงานด้านสรีรวิทยาของพืชได้อย่างกว้างขวางต่อไป

คำสำคัญ ฟาร์มอัจฉริยะ ความต้องการน้ำ ความชื้น วัดความต้องการน้ำ

Development of plant's water demand determination procedure by using the soil moisture sensors

Nathachai Tiengburanatam^{1*}, Artit Yawootti² and Anusorn Yodjaiphet³

1. ATRI, RMUTL, 202 M17 Pichai sub-district, Muang district, Lampang, 52000
2. RMUTL Chiangmai 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300
3. RMUTL Chiangrai 99 Sai Khao, Phan, Chiang Rai, Thailand, 57120

Abstract

Water demand determination of the target plants is a helpful approach to allow future smart farms can effectively control the water supplies. The objective of this study is to develop the water demand determination of plants by using soil moisture sensors. The test plants in this study were finger root (*Boesenbergia rotunda*), *Andrographis paniculata*, and *Philodendron* sp. 'moonlight'. The test plants were separately cultivated in three planting materials; perlite, banana peel and Sphagnum moss; that were saturated with water. Changes of planting material's moistures were measured by moisture sensors by comparison with the other pot that contained equal weight of planting material but without plant. The moistures were recorded every 12 hours until the planting materials went dry or the moisture value were stable. Gained data was taken to calculate for plant's water demand per weight per day. The comparison results indicated that the perlite and coconut peel were not suitable for use in plant's water demand determination since both of them were able to absorb too little of water to make the materials dry quickly so that the obtain water demands were unclear. The sphagnum moss was the most suitable. The results from plant's water demand determination found that the finger root, *Andrographis paniculata* and *Philodendron* required 376.07 ± 67.30 , 486.13 ± 97.57 and 297.63 ± 61.91 ml/kg/day of water respectively. It could be concluded that the developed method could be used in determination and could be used as guideline in further research for widely application in smart farm and plant physiology fields.

Keywords: Smart farm, Water demand, Moisture, Water demand measurement

1. บทนำ

ปัจจุบันฟาร์มอัจฉริยะ (smart farm) กำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ อันเนื่องมาจากประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรน้ำและปุ๋ยที่สูง ใช้แรงงานน้อย ใช้พื้นที่น้อย ผลผลิตสูง ต้นทุนต่อหน่วยผลผลิตต่ำ และคาดการณ์ผลผลิตรวมถึงคุณภาพผลผลิตได้ เนื่องจากเป็นการปลูกในระบบปิดที่สามารถควบคุมปัจจัยได้แทบทั้งหมด อย่างไรก็ตาม น้ำยังคงเป็นปัจจัยสำคัญและเป็นต้นทุนหลักอย่างหนึ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ของระบบฟาร์มอัจฉริยะนี้ด้วย การประมาณปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องใช้ในระบบ มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในพื้นที่ขาดแคลนน้ำ ซึ่งมีต้นทุนค่าน้ำสูง เท่าที่ผ่านมานาแนวทางในการประมาณปริมาณน้ำที่ต้องใช้ มักเป็นการประมาณจากประสบการณ์ จากข้อมูลการทำฟาร์มที่ผ่านมา และเป็นการประมาณแบบเผื่อเหลือเผื่อขาด ซึ่งทำให้ไม่เป็นการประหยัดน้ำเท่าที่ควร อีกทั้งเทคโนโลยีในการตรวจสอบความต้องการน้ำของพืชในปัจจุบัน ยังจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีการลงทุนสูง ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการประมวลผลและแปลผล จึงไม่เหมาะกับการลงทุนของเกษตรกรทั่วไป การพัฒนาเทคโนโลยีที่เกษตรกรในระบบฟาร์มอัจฉริยะสามารถเข้าถึงได้ นำไปใช้ได้ จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่จะช่วยให้กลุ่มเป้าหมายเหล่านี้ สามารถใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพได้อย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้ เป็นเพียงจุดเริ่มต้นในการทดสอบความเป็นไปได้ของการใช้ค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปในดินหรือวัสดุปลูกมาคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชเท่านั้น ผลจากงานวิจัยนี้ จะนำไปสู่การพัฒนากระบวนการตรวจสอบความต้องการน้ำของพืชที่ครอบคลุมปัจจัยอื่น ๆ มากขึ้นในอนาคต อาทิ ปัจจัยด้านชนิดของพืชที่หลากหลายมากขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการน้ำกับช่วงอายุของพืช และความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น และนำไปสู่การปรับใช้ในงาน smart farm อย่างเต็มรูปแบบต่อไป สำหรับงานวิจัยนี้ จะศึกษาเฉพาะปัจจัยหลักที่ห้องปฏิบัติการมีความพร้อมดำเนินการ ซึ่งได้แก่ พืชทดสอบ 3 ชนิด (กระชายขาว ฟักทะลายโจร และ พิโกลเดนดรอน) น้ำหนักพืชทดสอบ วัสดุปลูก (กาบมะพร้าวสับ เพอไลต์ และสแฟกนัมมอส) และความชื้นวัสดุปลูกเท่านั้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การใช้น้ำอย่างประหยัดจริงจึง จำเป็นต้องทราบความต้องการน้ำที่แน่ชัดของพืชที่จะปลูก โดยทั่วไป การประมาณปริมาณน้ำที่ใช้ในงานเกษตรกรรม จะใช้ค่าที่ประกาศไว้ในเอกสารของกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย ซึ่งระบุไว้ที่ 1.07 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี สำหรับการปลูกผัก พืชไร่ และพืชสวนทั่วไป (กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย, 2561) ขณะที่ Seemann J. (1979) ได้ประมาณความต้องการน้ำของพืชในกลุ่มหญ้า มันฝรั่งและหัวบีท และกลุ่มธัญพืชไว้ที่ 20-12.5 48-30 และ 40-25 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 80-50% ตามลำดับ นอกเหนือจากการใช้ค่าเฉลี่ยแบบกว้าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ยังมีวิธีการวัดความต้องการน้ำ (ในรูป evapotranspiration) โดยใช้ lysimeter ซึ่งเป็นการประมาณค่าอย่างหนึ่งที่มีใช้กันมานานแล้ว วิธีนี้จำเป็นต้องมีการก่อสร้างโครงสร้างขนาดใหญ่ มีการลงทุนสูง และมีความยุ่งยากในการคำนวณผล เพราะต้องเกี่ยวข้องกับอัตราการระเหย อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ รวมถึงความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ ณ วันเวลาที่วัด ซึ่งไม่เป็นการสะดวกที่ภาคเอกชนจะนำไปใช้ในระบบ smart farm จริง ในวงการวิชาการยังมีการคำนวณความต้องการน้ำจากข้อมูลการใช้ น้ำของประชากรในพื้นที่ประกอบกับปัจจัยแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ ขนาดของแหล่งน้ำ ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำในแหล่งน้ำ และขนาดท่อส่งน้ำ เป็นต้น โดยอาศัยอัลกอริทึมที่ซับซ้อน (Stantec, 2020) และคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องใช้ (evapotranspiration) ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว จะเห็นว่าต้องใช้ข้อมูลการดูดซึมน้ำของพืชร่วมกับอัตราการระเหยของน้ำในดินสู่อากาศ และการหาค่าความต้องการน้ำด้วยวิธีนี้ค่อนข้างซับซ้อน ตัวอย่างเช่นงานของ Ichwan et., al. (2020) ที่ศึกษาความต้องการน้ำของมะเขือเทศที่ปลูกในหมู่บ้าน Semangat ประเทศอินโดนีเซีย โดยการทำนายเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่พื้นที่ป่าบริเวณใกล้เคียงใช้ แล้วนำมาประมาณความต้องการน้ำของมะเขือเทศอีกทอดหนึ่ง ซึ่งถือว่า ยังเป็นการประมาณแบบกว้าง ๆ ไม่มีความจำเพาะกับพืชปลูกเท่าที่ควร แนวทางหนึ่งที่คณะผู้วิจัยคิดขึ้น เป็นการวัดจากพืชเฉพาะที่สนใจโดยตรง แต่ใช้วิธีประเมินการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินหรือวัสดุปลูก ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินหรือวัสดุปลูกนั้น และความชื้นในดินหรือวัสดุปลูก ก็สามารถติดตาม (monitoring) ได้ด้วยระบบวัดความชื้นดิน (moisture sensor system) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบ smart farm นั่นเอง วิธีนี้ทำให้เกษตรกรที่ทำ smart farm สามารถนำไปประยุกต์วัดความต้องการน้ำของพืชที่ตนปลูกได้ด้วยตัวเอง และเท่าที่มีรายงานมา ยังไม่เคยมีผู้ใช้วิธีการนี้ในการตรวจสอบความต้องการน้ำของพืชมาก่อน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การพัฒนาวิธีตรวจวัดความต้องการน้ำของพืชโดยใช้ระบบเซ็นเซอร์วัดความชื้นดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การประเมินวัสดุปลูกที่เหมาะสมและการวัดการเปลี่ยนแปลงความชื้นของพืช

เตรียมพืชทดสอบ (กระชาย ฟ้าทะลายโจร และพิโลเดนดรอนสายพันธุ์ moonlight) ที่มีอายุประมาณ 1 ปี ขนาดต้นสูง 1.0-1.5 ฟุต โดยการขุดต้นพืชจากดินอย่างระมัดระวัง เลี่ยงการกระทบกระเทือนระบบรากเท่าที่ทำได้ ซึ่งนำหนักพืชทดสอบแล้วบันทึกไว้ นำวัสดุปลูกแต่ละชนิดที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (ได้แก่ เพอร์ไลท์ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ กาบมะพร้าวซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำปานกลาง และสแฟกนัมมอสซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำสูง) มาแช่น้ำนานข้ามคืน เพื่อให้อิ่มตัวไปด้วยน้ำ บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม แล้วนำมาวางบนตะแกรงให้หมาด จากนั้นแบ่งวัสดุปลูกเป็น 2 ส่วน น้ำหนักเท่ากัน แยกบรรจุในภาชนะที่มีขนาดเหมาะสมกับพืชทดสอบ 2 ใบ (ภาชนะต้องมีความลึกของภาชนะไม่น้อยไปกว่าระดับความลึกของรากหลัก) ใบหนึ่งนำพืชทดสอบมาปลูกในวัสดุปลูก ส่วนอีกใบมีเพียงวัสดุปลูกเท่านั้น เสียบโพรบวัดความชื้นดิน (ระบบเซ็นเซอร์วัดความชื้นดินยี่ห้อ GusTron รุ่น module1 ผลิตในประเทศไทย) ซึ่งต่อกับระบบควบคุมแล้วลงในวัสดุปลูกของทั้งสองภาชนะ ให้ห่างจากส่วนที่เป็นรากประมาณ 1 นิ้ว เพื่อไม่ให้ความชื้นจากรากเข้ามารบกวนการวัด เปิดระบบเพื่อติดตามความชื้นของวัสดุปลูกจากทั้งสองภาชนะ (ภาพที่ 1) บันทึกการเปลี่ยนแปลงของทั้งสองภาชนะตั้งแต่เริ่มการทดลองจนค่าความชื้นไม่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้นจากทั้งสองภาชนะโดยใช้ paired t-test และนำค่าความชื้นที่แตกต่างกันนี้มาใช้ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงความชื้นสะสมต่อไป



ภาพที่ 1 แสดงการจัดตั้งระบบวัดการเปลี่ยนแปลงความชื้นแบบเปรียบเทียบ

3.2 การคำนวณความต้องการน้ำของพืชจากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้น

กำหนดให้วัสดุปลูกที่แห้งสนิทมีน้ำอยู่ภายใน 0% (วัดความชื้นได้ 0%) และวัสดุปลูกที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีน้ำอยู่ 100% (วัดความชื้นได้ในช่วง 76-96% ขึ้นกับวัสดุที่ใช้) วัดปริมาณน้ำที่วัสดุปลูกแต่ละชนิดดูดซับไว้จนอิ่มตัว (นำมาคำนวณเป็นค่าสัมประสิทธิ์การอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิด) นำค่าที่ได้มาประกอบการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชต่อไป

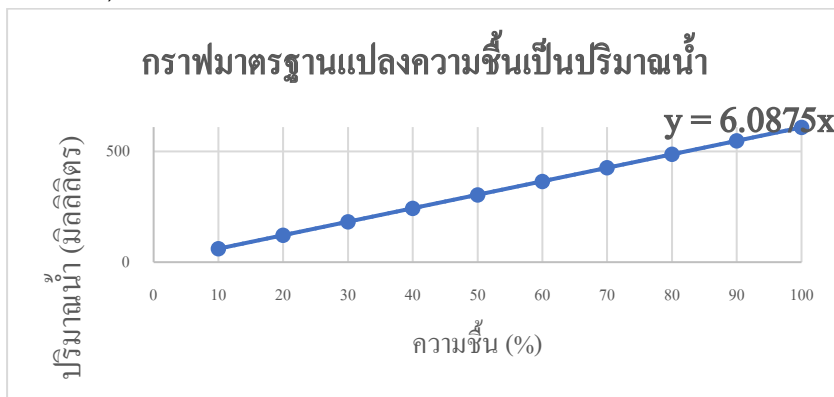
ค่าความแตกต่างของความชื้นระหว่างภาชนะที่มีพืช (อัตราการระเหยของน้ำ+อัตราการดูดซับน้ำของพืช) และไม่มีพืช (อัตราการระเหยของน้ำ) จะทำให้ทราบอัตราความชื้นที่หายไปจากการดูดซับน้ำของพืช นำค่าที่ได้ในแต่ละวัน (ตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่วัสดุปลูกเริ่มแห้งจนพืชดูดซับน้ำไม่ได้) มารวมเข้าด้วยกันเป็น “ค่าความชื้นที่พืชดูดซับสะสมตลอดการทดลอง” นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตรข้างล่างนี้ จะทำให้ทราบค่าความต้องการน้ำของพืชชนิดนั้น (หน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อวัน)

$$\text{ความต้องการน้ำของพืช} = \frac{\text{ค่าความชื้นที่พืชดูดซับสะสม} \times \text{สัมประสิทธิ์การอุ้มน้ำของวัสดุ} \times 1000}{\text{น้ำหนักพืชทดสอบ} \times \text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลองอยู่ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2566-เดือนกันยายน พ.ศ. 2566 อุณหภูมิแวดล้อมอยู่ในช่วง 32-38 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 65-83% ผลการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิด พบว่าสฟกัมน้ำมอสอุ้มน้ำได้ 608.75 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม กาบมะพร้าวอุ้มน้ำได้ 249.45 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม และเพอไลต์อุ้มน้ำได้ 88.62 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม)

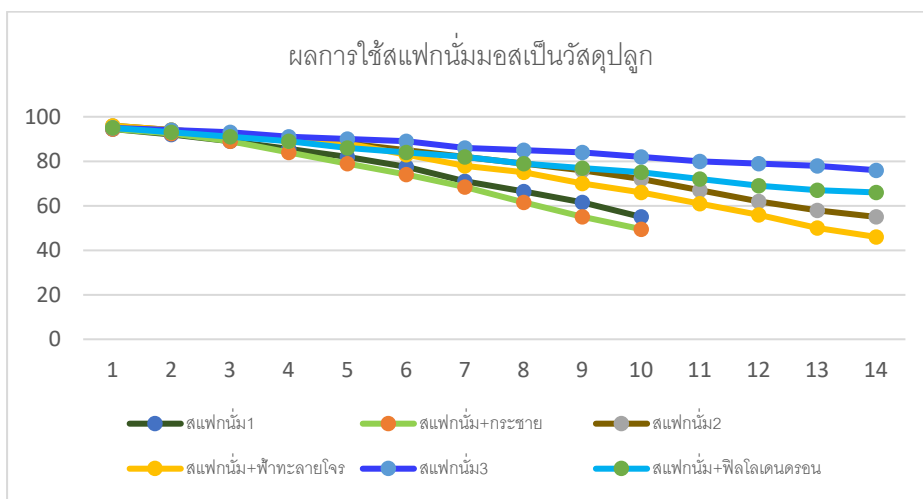
จากการที่ได้กำหนดปริมาณความชื้นของวัสดุปลูกในสภาพแห้ง (ระเหยจนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง) เป็นความชื้น 0 % (ความชื้นในช่วง 37-40%) และสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นความชื้น 100 % ทำให้สามารถนำมาพล็อตกราฟและคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การอุ้มน้ำของวัสดุได้ 6.09 (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แสดงกราฟมาตรฐานที่พล็อตค่าความชื้นในช่วงที่วัสดุปลูกมีสภาพแห้งและอิ่มตัวด้วยน้ำ

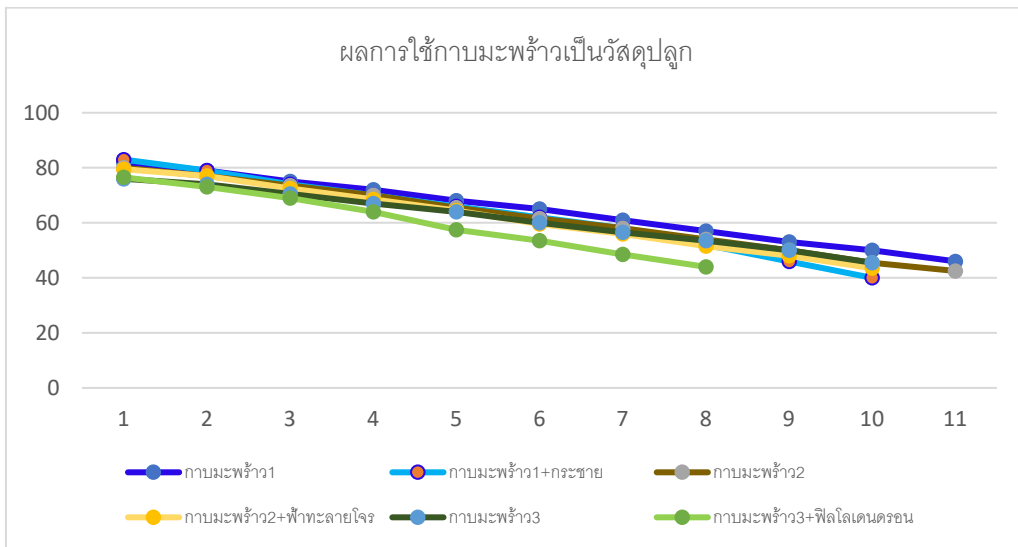
ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความชื้นในภาชนะที่มีพืชและไม่มีพืช ด้วย paired t-test พบว่า ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างภาชนะที่มีพืชและไม่มีพืชทุกคู่มีนัยสำคัญทั้งสิ้น ($p < 0.05$) ยกเว้นวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ในการทดลองกับฟ้าทะลายโจร ที่เป็นเช่นนี้ น่าจะเป็นเพราะฟ้าทะลายโจรมีการดูดซับน้ำน้อยขณะที่เพอร์ไลต์เองก็อุ้มน้ำได้น้อยด้วย เมื่อปัจจัยทั้งสองอย่างเกิดร่วมกัน จึงส่งผลให้ค่าความชื้นจากทั้งสองภาชนะปลูกมีความไม่แน่นอน จนไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการเปรียบเทียบ

ผลการใช้วัสดุปลูกแต่ละชนิดทดสอบตรวจวัดความต้องการน้ำของพืชปลูกทั้ง 3 ชนิด แสดงไว้ในภาพที่ 3 4 และ 5 ตามลำดับ



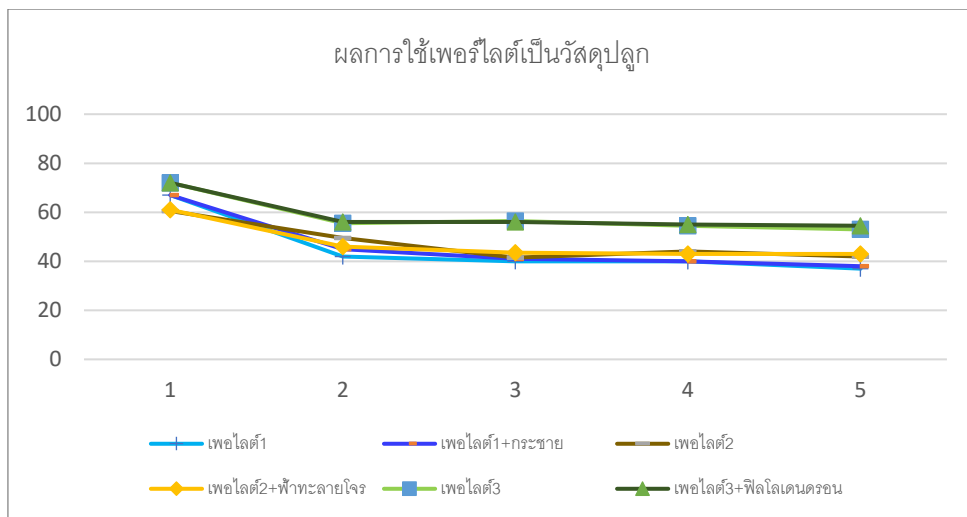
ภาพที่ 3 แสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของพืชทดสอบในสฟกัมน้ำมอส

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นความแตกต่างของความชื้นในวัสดุปลูกระหว่างภาชนะที่มีแต่วัสดุปลูก (สีเข้มในโทนสีเดียวกัน) และภาชนะที่มีทั้งวัสดุปลูกและพีชทดสอบ (เส้นสีอ่อนในโทนสีเดียวกัน) อย่างชัดเจน ผลการทดสอบในพีชทดสอบทั้งสามชนิดให้ผลสอดคล้องกัน คือ เห็นความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงความชื้นชัดเจนและสามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของความชื้นในภาชนะทั้งที่มีและไม่มีพีชได้



ภาพที่ 4 แสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของพีชทดสอบในกาบมะพร้าว

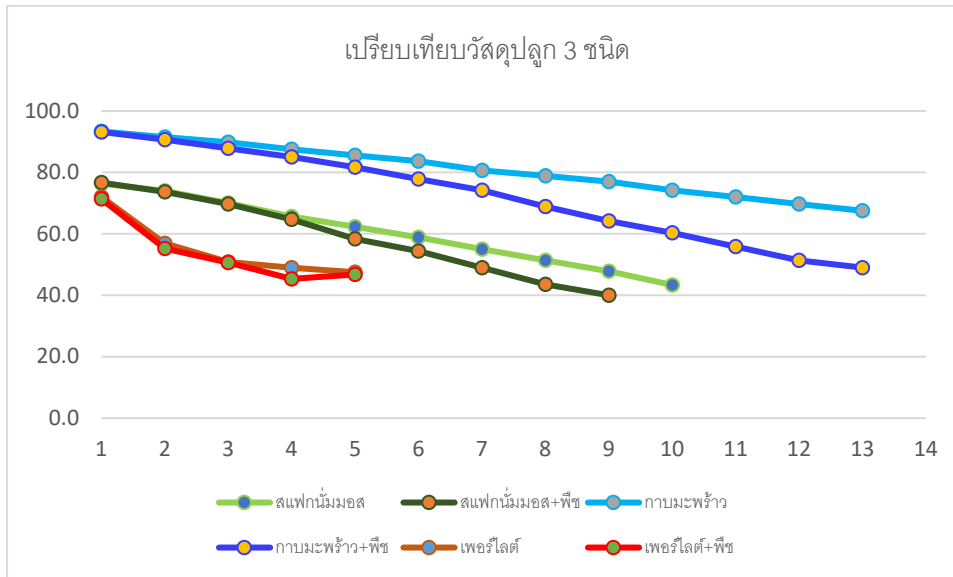
จากภาพที่ 4 จะเห็นว่า (เมื่อเปรียบเทียบเส้นของแต่ละคู่) ผลความแตกต่างของความชื้นระหว่างภาชนะที่ไม่มีพีชทดสอบ และมีพีชทดสอบจะเห็นไม่ชัดเจน โดยเฉพาะกรณีใช้ฟ้าทะลายโจรเป็นพีชทดสอบ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะฟ้าทะลายโจรมีอัตราการดูดซึมน้ำที่น้อย จึงเห็นความแตกต่างได้ไม่ชัด ส่วนกระชายและพิโลเดนดรอนแม้พอจะเห็นความแตกต่างเล็กน้อย แต่เมื่อนำมาคำนวณแล้ว ข้อมูลที่ได้กลับมีความไม่แน่นอนสูง



ภาพที่ 5 แสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของพีชทดสอบในเพอร์ไลต์

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้เพอร์ไลต์เป็นวัสดุปลูก ผลที่ได้คล้ายกับที่พบในการใช้กาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก (ภาพที่ 4) ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงความชื้นในภาชนะที่มีพีชทดสอบและไม่มีพีชทดสอบ ไม่มีความแตกต่างกัน และเพอร์ไลต์จะแห้งภายในวันที่ 4-วันที่ 5 (การทดลองหลังจากนี้ เพอร์ไลต์จะแห้งภายใน 1-2 วัน) ทำให้ไม่สามารถวัดความต้องการน้ำได้ ดังนั้น ทั้งกาบมะพร้าวและเพอร์ไลต์ไม่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุปลูกในกระบวนการวัดความต้องการน้ำของพืชด้วยระบบเซ็นเซอร์วัดความชื้น

ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบวัสดุปลูกทั้ง 3 ชนิด ที่ใช้ในการทดลองตรวจวัดความต้องการน้ำของพืช จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่า สแฟกนัมมอสมีการดูดซับน้ำได้ดีที่สุด และให้ช่วงเวลาในการรดน้ำที่น้อย รองลงมาได้แก่กาบมะพร้าวและเพอร์ไลต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองข้างต้น ทำให้ทราบว่า เพอร์ไลต์มีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ ทำให้มีช่วงเวลาในการรดค่อนข้างสั้น ส่วนกาบมะพร้าว (ภาพที่ 6) แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างภาชนะที่มีพืชและไม่มีพืชได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย (3-5 ชั่วโมง) ค่าที่ได้กลับมีความไม่แน่นอนสูงจนใช้คำนวณหาปริมาณความชื้นสะสมไม่ได้ (ค่าที่ได้เป็นลบ) ด้วยเหตุนี้ ทั้งเพอร์ไลต์และกาบมะพร้าวจึงไม่เหมาะสำหรับใช้ในงานตรวจวัดความต้องการน้ำของพืช



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นที่เปลี่ยนแปลงในการทดลองกับวัสดุปลูก 3 ชนิด

ตารางที่ 1 แสดงค่าความต้องการน้ำของพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด ที่ประเมินได้จากวิธีที่พัฒนาขึ้น

	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความชื้นเฉลี่ยสะสม %	ความต้องการน้ำที่คำนวณได้ (มิลลิลิตร/กิโลกรัม)
กระชาย	86 ± 8.75	63.8 ± 11.07	376.07 ± 67.30
ฟ้าทะลายโจร	74 ± 11.50	96.8 ± 16.05	486.13 ± 97.57
พิโลเดนดรอน	158 ± 24.32	113.6 ± 10.18	297.63 ± 61.91

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า เมื่อใช้สแฟกนัมมอสเป็นวัสดุปลูกจะสามารถคำนวณค่าความต้องการน้ำของพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิดได้ ส่วนกรณีที่ใช้กาบมะพร้าวและเพอร์ไลต์เป็นวัสดุปลูก จะได้ค่าความแตกต่างของความชื้นเป็นลบหรือไม่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถหาค่าความชื้นสะสมได้ จึงนำมาคำนวณความต้องการน้ำของพืชทดสอบไม่ได้ และเมื่อนำค่าความต้องการน้ำของพืชทดสอบทั้งสามชนิดที่คำนวณได้ มาเปรียบเทียบกับความต้องการน้ำของผักตามรายงานของ Seemann J. (1979) แล้ว พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สามารถพัฒนากระบวนการประเมินความต้องการน้ำของพืชโดยใช้ระบบเซ็นเซอร์วัดความชื้นได้เป็นผลสำเร็จ สามารถนำกระบวนการนี้ไปต่อยอด ศึกษาความต้องการน้ำในพืชอื่น ๆ ได้ และข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์ระบบนิเวศในธรรมชาติหรือระบบนิเวศประดิษฐ์ได้
2. ทราบความต้องการน้ำของกระชาย ฟ้าทะลายโจร และพิโลเดนดรอน สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปปรับเข้ากับการวางแผนใช้น้ำในระบบ smart farm ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการวิจัยต่อยอดโดยใช้ระบบเซ็นเซอร์ที่มีความละเอียดสูงกว่านี้ และควรมีการทดสอบวัดความต้องการน้ำในพื้นที่หลากหลายมากขึ้น หรือมีการทดสอบกับวัสดุปลูกที่เก็บความชื้นได้ดีกว่าสแฟกนัมมอสต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยภายใต้ ทุนอุดหนุนงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) เพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental fund) ประจำปีงบประมาณ 2566 และทำให้โครงการวิจัยนี้เกิดขึ้นได้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนด้านต่าง ๆ จนโครงการวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์โดยสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย. 2561. มาตรฐานการก่อสร้าง บูรณะ และการบำรุงรักษาแหล่งน้ำ. หน้า 23-24.

Ichwan N., Purba D., Nasution D., Sartiva H. and Daulay S. (2020). Estimating water requirements of tomato plant based on Forecast-Evapotranspiration Equation in Semangat Village, Merdeka Sub-district, Karo Regency, North Sumatera Province, Indonesia. *Earth and Environmental Science*; 782: p 1-5.

Stantec. (2020). Water Demand Calculator Study. International Association of Plumbing and Mechanical Officials. P2-4.

Online: https://www.iapmo.org/media/25249/water_demand_calculator_study-final.pdf

Accessed on: 15 June 2024.

Seemann J. (1979). Water Requirements of Plants. *Agrometeorology*, 294-295p.

ผลของน้ำไมโคร - นาโน บับเบิล, น้ำพลาสมาต่อการฟอกฆ่าเชื้อขึ้นส่วนตาข้างกู่หลาบลูกผสม เพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

นางสาววิวรรณ์ ใจแก้ว^{1,2*}, เพียงพิมพ์ ชิตบุรี¹, พิทักษ์ พุทธวรชัย^{1,2}, ศิริพรรณ สารินทร์³
และอภิชาติ ชิตบุรี^{1,2}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

²สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

³คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

* Corresponding author: raweevan_ra66@live.rmutl.ac.th, 09 3178 2753

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของน้ำไมโคร-นาโน บับเบิล (micro-nano bubble water; MNBW), น้ำพลาสมา (plasma activated water; PAW) ต่อการฟอกฆ่าเชื้อขึ้นส่วนตาข้างกู่หลาบลูกผสมเพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สำหรับลดการใช้สารเคมีที่ทำลายชั้นส่วนในขั้นตอนการฟอกฆ่าเชื้อ โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD : completely randomized design) มี 7 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ ได้แก่ น้ำ MNBW เตรียมด้วยเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิล (Micro - Nano Bubble) รุ่น KVM10 ระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาที และน้ำ PAW เตรียมด้วยเครื่องเครื่องไฟฟ้าแรงสูงพลาสมา (High-voltage, Plasmas) ระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที เปรียบเทียบกับคลอโรกซ์รอยละ 10 (ชุดควบคุม : control) ทุกกรรมวิธีทำการฟอกฆ่าเชื้อขึ้นส่วนข้อกู่หลาบลูกผสม เมื่อทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog; MS) ระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า ร้อยละการรอดชีวิตของขึ้นส่วนกู่หลาบที่ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNBW และน้ำ PAW ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน อยู่ในช่วง $40.00 \pm 16.33 - 60.00 \pm 16.33$ ยกเว้นใช้คลอโรกซ์รอยละ 10 ที่มีร้อยละการรอดตายที่น้อยที่สุด (10.00 ± 10.00) เมื่อนำขึ้นส่วนตาข้างกู่หลาบที่รอดชีวิตทำการเพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม BA (benzyl adenine) ความเข้มข้น 2 มก./ล. เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีจำนวนขึ้นส่วนที่เกิดยอด จำนวนยอดต่อขึ้น ความสูงยอดและจำนวนใบไม่ต่างกันทางสถิติ ยกเว้นที่ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNBW 20 นาที, น้ำ PAW ระยะเวลา 15 นาที และคลอโรกซ์รอยละ 10 ขึ้นส่วนข้อไม่มีการเจริญและพัฒนาเป็นยอดใหม่

คำสำคัญ : น้ำไมโคร - นาโน บับเบิล, น้ำพลาสมา, การฟอกฆ่าเชื้อ, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, กู่หลาบ

Effects of Micro-Nano Bubble water and Plasma water on Explants Sterilization of Hybrid Rose Axillary Bud for Tissue Culture

Rawiwan Chaikaew^{1,2*}, Piengpim Chidburee¹, Pitak Puttawanchai^{1,2}, Siripun Sarin³
and Aphichat Chidburee^{1,2}

¹Department of Plant Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang Lampang 52000, Thailand

²Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Rajamangala University of Technology Lanna. Lampang, 52000, Thailand.

³Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand.

* Corresponding author: raweewan_ra66@live.rmutl.ac.th, 09 3178 2753

Abstract

The objective of this research is to study the effects of micro-nano bubble water (MNBW) and plasma-activated water (PAW) on the disinfection of hybrid rose axillary buds for tissue culture, aiming to reduce the use of chemicals that damage the tissues during the disinfection process. The experiment was designed as a completely randomized design (CRD) with 7 treatments and 10 replications each. The treatments included MNBW prepared using a Micro-Nano Bubble machine (Model KVM10) for 10, 15, and 20 minutes, and PAW prepared using a high-voltage plasma machine for 5, 10, and 15 minutes, compared with 10% Clorox (control). All treatments were used to disinfect the hybrid rose axillary buds, which were then cultured on Murashige and Skoog (MS) medium for one week. It was found that the survival rates of the rose buds disinfected with MNBW and PW were not significantly different, ranging from 40.00±16.33% to 60.00±16.33%, except for the 10% Clorox treatment, which had the lowest survival rate (10.00±10.00%). When the surviving rose axillary buds were cultured on MS medium supplemented with 2 mg/L benzyl adenine (BA) for two weeks, there were no significant differences in the number of explants that produced shoots, the number of shoots per explant, shoot height, and number of leaves among all treatments, except for those disinfected with MNBW for 20 minutes, PW for 15 minutes, and 10% Clorox, the explants did not growth and develop into new shoots.

Keywords: micro-nanobubble water, plasma water, sterilization, tissue culture, rose

1. บทนำ

กุหลาบเป็นไม้ตัดดอกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกเป็นการค้าในหลายพื้นที่ กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2566 กรมส่งเสริมการเกษตร ได้มีแนวทางส่งเสริม และพัฒนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไม้ตัดดอกไม้ประดับอย่างครบวงจร ซึ่งไม้ตัดดอกไม้ประดับ เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจสำคัญที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรกว่า 13,000 ครัวเรือน สร้างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจให้กับประเทศไทย ด้วยมูลค่าการส่งออกปีละมากกว่า 4,500 ล้านบาท จากการสำรวจประเมินสถานการณ์ไม้ตัดดอกไม้ประดับที่ตลาดมีความต้องการ พบว่า มี 3 กลุ่มที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มไม้ตัดดอกไม้ประดับที่สร้างรายได้จากการส่งออก เช่น กล้วยไม้ สร้างรายได้จากการส่งออกได้มากถึงปีละ 2,800 ล้านบาท รวมถึงไม้ประดับใหม่ ๆ เช่น ลีนมังกร มอนสเตอร์รา ฟิโลเดนดรอน โอลิเวียมา เป็นต้น กลุ่มไม้ตัดดอกไม้ประดับที่ผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า เช่น กุหลาบ เบญจมาศ ลิลลี่ เป็นต้น ด้วยปริมาณที่ผลิตได้ในประเทศ ยังมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ ทำให้ต้องมีการนำเข้ามากถึงปีละ 1,900 ล้านบาท ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่ปลูกในแหล่งใหม่ที่มีศักยภาพ พร้อมดำเนินการส่งเสริมในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนากลุ่ม การส่งเสริมองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการ การสนับสนุนเทคโนโลยีใหม่ เช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยการเชื่อมโยงการทำงานร่วมกับศูนย์ขยายพันธุ์พืช การใช้นวัตกรรมใหม่ ๆ เข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (มติชนออนไลน์, 2566)

จากปัญหาดังกล่าวการขยายพันธุ์ดอกกุหลาบมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในประเทศเป็นอย่างมาก การขยายพันธุ์ดอกกุหลาบโดยปกติมีหลายวิธีการ เช่น วิธีเพาะเมล็ด วิธีตอนกิ่ง วิธีติดตา และวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชซึ่งเป็นวิธีการทางเทคโนโลยีชีวภาพที่ถูกนำมาใช้เพื่อประโยชน์ในการผลิตต้นพันธุ์กุหลาบมากที่สุดเพราะสามารถผลิตต้นพันธุ์จำนวนมากได้ในเวลาอันรวดเร็ว ใช้แรงงานและพื้นที่ในการปฏิบัติงานไม่มาก สามารถปฏิบัติงานได้ตลอดเวลา ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล หรือศัตรูพืชเข้ามาเกี่ยวข้องในระบบการผลิต ต้นพันธุ์ที่ผลิตได้มีความแข็งแรงสม่ำเสมอ สะดวกต่อการขนส่ง และตอบสนองต่อระบบธุรกิจการค้าปัจจุบันที่ต้องการความรวดเร็วแม่นยำสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเตรียมน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลและน้ำพลาสมาต่อการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนกุหลาบพันธุ์ลูกผสมเพื่อเป็นแนวทางในการขยายพันธุ์กุหลาบพันธุ์ลูกผสม และศึกษาปริมาณน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลและน้ำพลาสมาที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกุหลาบพันธุ์ลูกผสมรวมทั้งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวิจัยในด้านที่เกี่ยวข้องและเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพการเพาะเลี้ยงกุหลาบเพื่อส่งเสริมการค้าในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กุหลาบเป็นดอกไม้สวยงาม อยู่ในวงศ์ Rosaceae หรือเรียกกันว่า วงศ์กุหลาบ เป็นพืชที่โดดเด่นและนิยมปลูกกันมากที่สุดชนิดหนึ่ง รวมทั้งเป็นดอกไม้ที่สามารถทำรายได้สูงในตลาดการค้าดอกไม้ของแต่ละประเทศทั่วโลก กุหลาบได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไปว่าเป็นราชินีของดอกไม้ Queen of flower นอกจากกุหลาบแล้ว พืชในวงศ์นี้ที่คุ้นเคยและรู้จักกันเป็นอย่างดียังมีอีกหลายชนิด เช่น บิวา พรุน อัล-มอนด์ ท้อ สาลี่ แอปเปิ้ล สตรอเบอร์รี่ แบล็คเบอร์รี่ ราสป์เบอร์รี่ และแอปเปิ้ลคอก จึงนับได้ว่าพืชในวงศ์กุหลาบมีความใกล้ชิดและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์รวมทั้งสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจการค้าโลกเป็นอย่างมาก การขยายพันธุ์กุหลาบสามารถทำได้หลายวิธีการ เช่น วิธีเพาะเมล็ด วิธีตอนกิ่ง วิธีติดตา นอกจากนี้การใช้วิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นที่นิยมใช้ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วน การขยายเพิ่มจำนวน การชักนำให้เกิดราก และการย้ายออกปลูก (วรรณัฐ เสนิงค์ ณ อยุธยา, 2564) มีรายงานวิจัยของ สวิตา วันหวังและคณะ (2564) การเพาะเลี้ยงตาข้างกุหลาบหนูปนอาหารกึ่งแข็ง Murashige and Skoog (MS) ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA 3 มิลลิกรัม ต่อดิสก์ สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดเฉลี่ย 16.9 ยอดต่อชิ้นส่วน และให้ค่าเฉลี่ยความสูงยอดมากที่สุด 4.03 เซนติเมตร แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการนำต้นกล้ากุหลาบหนูที่เกิดใหม่จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อย้ายออกปลูกในสภาพแวดล้อมภายนอก พบว่าต้นกล้าสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดี เมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ โดยมีอัตราการรอดชีวิต 80 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าจะประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกุหลาบ ถึงอย่างไรก็ตามขั้นตอนของการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนที่ต้องทำให้ชิ้นส่วนมีการปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยปกติใช้สารเคมี เช่น คลอโรกซ์ หรือแอลกอฮอล์ ทำให้มีการสูญเสียเป็นจำนวนมากของชิ้นส่วนกุหลาบโดยเฉพาะในพันธุ์ลูกผสมเมื่อมาทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีไมโคร นาโน-บับเบิล (Micro/nano bubbles : MNB) เป็นเทคโนโลยีฟองอากาศที่มีอนุภาคขนาดเล็กมากระดับไมโครเมตร หรือนาโนเมตรฟองอากาศระดับไมโครเมตร หรือไมโครบับเบิล (Microbubble) มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 10-50 เนื่องจากนาโนบับเบิลมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมาก ไม่รวมตัว

กันเป็นฟองขนาดใหญ่ทำให้ สามารถละลาย หรือแทรกตัวในตัวกลางที่เป็นของเหลว ที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (รุ่งระวี ทองดอนเอ, ม.ป.ป.) มีรายงานของชิตี ศรีตันทิพย์ และคณะ (2565) ศึกษาการใช้ฟองไมโครนาโนต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของข้าวโพดและต้นกล้าแดง พบว่าการบำบัดน้ำ MNBs เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที สามารถกระตุ้นให้เมล็ดข้าวโพดหวานงอกและเร่งการงอกได้เร็วกว่าน้ำกลั่น อย่างไรก็ตามไม่มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดแดง การเจริญเติบโตของต้นกล้าแสดงให้เห็นว่าการบำบัดน้ำ MNBs เป็นเวลา 5-15 นาที กระตุ้นให้พืชมีความสูง ความกว้างใบ และความยาวรากของข้าวโพด นอกจากนี้ การบำบัดทั้งหมดของ MNB ยังช่วยเพิ่มความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และความยาวรากของแดงอีกด้วย นอกจากนี้ ถังออกข้าวโพดและแดงเพิ่มการสะสมน้ำหนักสดหลังบำบัดด้วยน้ำของ MNB และการใช้เทคโนโลยีไมโคร-นาโนบับเบิล สามารถลดปริมาณการปนเปื้อนเชื้ออีโคโลบนิฟิวลัสน้ำหอมทองได้ (ชินานาฏ วิทยา ประภากรและคณะ, 2563) นอกจากนี้เทคโนโลยี น้ำกระตุ้นด้วยพลาสมา (Plasma Activated Water : PAW) เป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์หลากหลาย เช่น มีประสิทธิภาพสูง มีความยืดหยุ่น เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และไม่มีสารตกค้างเป็นต้น เทคนิคนี้ใช้กระตุ้นด้วยพลาสมาที่มีการศึกษาวิจัยและได้นำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตในภาคเกษตรกรรมเพื่อให้เทคโนโลยีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้เนื่องจากคุณสมบัติ ความว่องไวของปฏิกิริยา มีประสิทธิภาพ และไม่มีสารพิษตกค้างจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีพลาสมาความดันบรรยากาศใน และน้ำสำหรับการเพาะเมล็ดพันธุ์ กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช การทำให้กำจัดศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารพิษ การยับยั้งไวรัสและจุลินทรีย์และการเก็บรักษาสินค้าทางการเกษตร (ABPlas, 2021)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมน้ำไมโคร นาโน-บับเบิล (Micro-Nano Bubble water; MNBW)

การเตรียมน้ำที่ผ่านเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิล (Micro-Nano Bubble) สำหรับใช้ในการพอกฆ่าเชื้อ โดยบรรจุน้ำกลั่นลงในขวดดูแลน ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ทำการปั้มน้ำเพื่อสร้างฟองอากาศขนาดเล็กด้วยเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิล (Micro – Nano Bubble) รุ่น KVM10 พัฒนาโดยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา อัตราการไหลของน้ำ 1.7 ลิตรต่อนาที การไหลของฟองอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที กำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ มีอัตราการไหลของอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที ขนาดไมโครบับเบิล 40-50 ไมโครเมตร ความเข้มข้น 60,000 บับเบิลต่อมิลลิลิตร ขนาด 200-1,000 นาโนเมตร ความเข้มข้น 108 – 1,011 บับเบิลต่อมิลลิลิตร (ชิตี ศรีตันทิพย์และคณะ, 2561) โดยใช้ระยะเวลาปั้มน้ำได้แก่ 10, 15 และ 20 นาที (รูปที่ 1ข) ทำการบันทึกคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังผ่านเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิล ได้แก่ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำกระแสไฟฟ้า (electrical conductivity : EC) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen : DO)

การเตรียมน้ำพลาสมา (Plasma water; PW)

การเตรียมน้ำที่ผ่านเครื่องไฟฟ้าแรงสูงพลาสมา (High-voltage, Plasmas) สำหรับใช้ในการพอกฆ่าเชื้อ โดยบรรจุน้ำกลั่นในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตรทำการกระตุ้นน้ำด้วยเครื่องพลาสมาใต้ผิวน้ำผ่าน 75 รูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 มิลลิเมตรของท่อควอทซ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร อัตราการไหลของอากาศที่ 5 ลิตรต่อนาที ความถี่ 15.64 กิโลเฮิร์ตซ์ กระแสการไหลของดิซซาร์จ 16 กิโลโวลต์ (Sritontip et al, 2019) โดยใช้ระยะเวลาปั้มน้ำ ได้แก่ 5, 10 และ 15 นาที ตามลำดับ (รูปที่ 1ก) ทำการบันทึกคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังผ่านเครื่องพลาสมา ได้แก่ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำกระแสไฟฟ้า (electrical conductivity : EC) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen : DO)

การเตรียมอาหาร

ใช้อาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ที่เติมน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ร้อยละ 3 และจูน (Gel Gum) ร้อยละ 0.3 ปรับค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 5.7 แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autocre) ที่ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 – 20 นาที

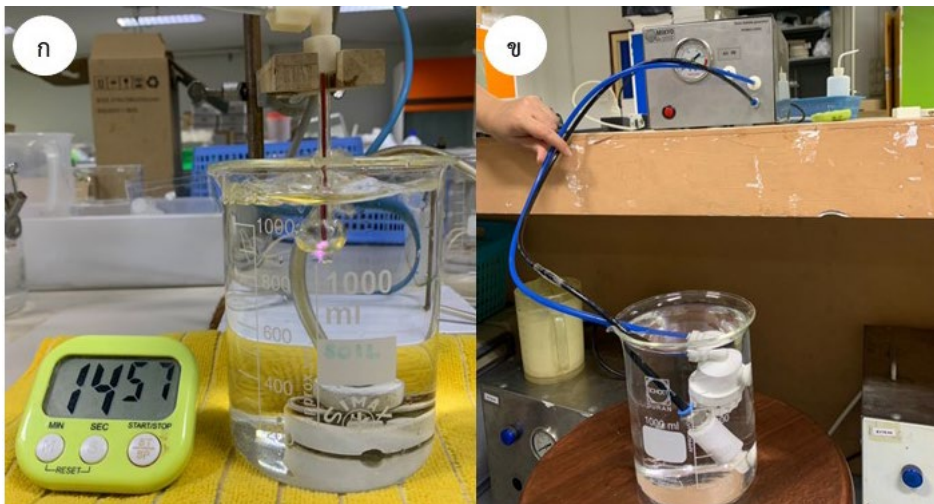
วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาผลของน้ำไมโคร-นาโน บับเบิล และน้ำพลาสมา ต่อการพอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสม โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 7 กรรมวิธี กรรมวิธี ๑ ละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ชิ้นส่วน

กรรมวิธีที่ 1 พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำไมโคร-นาโน บับเบิล (MNBW) ที่เตรียม 10 นาที

- กรรมวิธีที่ 2 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำไมโคร-นาโน บับเบิล (MNBW) ที่เตรียม 15 นาที
- กรรมวิธีที่ 3 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำไมโคร-นาโน บับเบิล (MNBW) ที่เตรียม 20 นาที
- กรรมวิธีที่ 4 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำผ่านเครื่องพลาสมา (PW) ที่เตรียม 5 นาที
- กรรมวิธีที่ 5 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำผ่านเครื่องพลาสมา (PW) ที่เตรียม 10 นาที
- กรรมวิธีที่ 6 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำผ่านเครื่องพลาสมา (PW) ที่เตรียม 15 นาที
- กรรมวิธีที่ 7 น้ำ RO + คลอโรกซ์ ร้อยละ 10 (ชุดควบคุม)

นำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อส่วนตาข้างของกุหลาบลูกผสมใส่ขวดที่บรรจุสารละลายในแต่ละกรรมวิธี เขย่าเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำชิ้นส่วนทุกกรรมวิธีเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS แล้วนำไปเลี้ยงบนชิ้นในหึ่งเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสภาพที่บแสง มีอุณหภูมิ 24±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 60-70 ให้แสงที่ความเข้มแสง 50 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกข้อมูลทุกวัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ได้แก่ ร้อยละการรอดเชื้อ ร้อยละการเกิดการปนเปื้อนรา และแบคทีเรีย หลังจากนั้นนำชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสมที่ไม่เกิดการปนเปื้อนจากราและแบคทีเรียหลังจากครบ 13 วัน แล้วย้ายทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารวันสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ล. ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ความยาวยอด (เซนติเมตร) โดยวัดจากโคนต้นไปยังปลายยอดที่สูงสุด จำนวนการเกิดยอดต่อชิ้นส่วน จำนวนเกิดใบต่อชิ้นส่วน จำนวนการแตกตายต่อชิ้นส่วนหลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม MiniTab 21 เพื่อหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 1 เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาใต้น้ำ (ก) และเครื่องสร้างฟองอากาศไมโคร - นาโนบับเบิล รุ่น KVM10 พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (ข)

4. ผลการวิจัย

จากผลการทดลอง พบว่า คุณสมบัติของน้ำ ก่อนและหลังที่ผ่านสร้างฟองอากาศไมโคร-นาโน บับเบิล และเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาใต้น้ำที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำที่ผ่านเครื่องสร้างฟองอากาศไมโคร-นาโน บับเบิล และเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาสำหรับการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสม

ลักษณะของน้ำ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเป็นกรดต่าง (PH)	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร)
--------------	-------------------------	----------------------	--------------------	---

	(ไมโครซีเมนส์ต่อ เซนติเมตร)			
สภาพบรรยากาศห้องปฏิบัติการ	31			
น้ำ RO	24.9	5.89	30	6.06
น้ำผ่านเครื่องไมโคร-นาโน บับเบิล 10 นาที	26	5.81	30	7.22
น้ำผ่านเครื่องไมโคร-นาโน บับเบิล 15 นาที	26.4	5.90	28	6.35
น้ำผ่านเครื่องไมโคร-นาโน บับเบิล 20 นาที	26	5.70	28	6.91
น้ำผ่านเครื่องพลาสมา 5 นาที	26	6.27	28	6.37
น้ำผ่านเครื่องพลาสมา 10 นาที	26	6.56	30	6.83
น้ำผ่านเครื่องพลาสมา 15 นาที	26	6.38	30	7.92
น้ำ RO + คลอโรกซ์ ร้อยละ 10 (ชุดควบคุม)	27	11.37	18.76	6.25

ร้อยละการปนเปื้อนแบคทีเรียและราไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกรรมวิธีที่ฟอกฆ่าเชื้อด้วยฟอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์ ร้อยละ 10 มีร้อยละการปนเปื้อนของแบคทีเรียมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 60.00 ± 16.33 ส่วนกรรมวิธีที่การฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 20 นาที ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 5 นาที และฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 15 นาที มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียร้อยละ 50.00 ± 16.67 ส่วนกรรมวิธีที่ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ระยะเวลา 10, 15 นาที และฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 10 นาที มีร้อยละใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง $30.00 \pm 15.28 - 20.00 \pm 13.33$ ส่วนระยะเวลาการเกิดแบคทีเรียที่ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 20 นาที มีระยะเวลาการเกิดมากที่สุด (5.90 ± 1.97 วัน) และระยะเวลาการเกิดแบคทีเรียที่มีระยะเวลาการเกิดน้อยที่สุด คือกรรมวิธีการฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 15 นาที (1.70 ± 1.25 วัน) การปนเปื้อนของรา กรรมวิธีที่ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 5 นาที ไม่พบการปนเปื้อนส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ มีการปนเปื้อนของราอยู่ในช่วงร้อยละ $10.00 \pm 10.00 - 30.00 \pm 15.28$ ส่วนระยะเวลาการเกิดรา ทุกกรรมวิธีมีระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในช่วง $0.60 \pm 0.60 - 3.30 \pm 1.71$ วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยรามีสลักษณะเป็นเส้นใยฟูสีขาวหรือดำ (รูปที่ 1ก) และแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมีโคโลนีเป็นเมือกสีขาวขุ่น (รูปที่ 1ข)

ตารางที่ 2 ร้อยละการปนเปื้อนแบคทีเรียและราในแต่ละกรรมวิธี หลังจากทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เป็นระยะเวลา 13 วัน

กรรมวิธี	ร้อยละการปนเปื้อนแบคทีเรีย	ระยะเวลาการเกิดแบคทีเรีย (วัน)	ร้อยละการปนเปื้อนรา	ระยะเวลาการเกิดรา (วัน)
ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB 10 นาที	30.00 ± 15.28^{ns}	2.60 ± 1.62^{ns}	30.00 ± 15.28^{ns}	$1.50 \pm 0.76ab^{1/}$
ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB 15 นาที	20.00 ± 13.33	1.70 ± 1.25	30.00 ± 15.28	$2.60 \pm 1.42ab$
ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB 20 นาที	50.00 ± 16.67	5.90 ± 1.97	10.00 ± 10.00	$0.60 \pm 0.60ab$
ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ PW 5 นาที	50.00 ± 16.67	5.50 ± 1.89	-	-
ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ PW 10 นาที	30.00 ± 15.28	2.90 ± 1.55	10.00 ± 10.00	$0.70 \pm 0.70ab$
ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ PW 15 นาที	50.00 ± 16.67	4.40 ± 1.58	30.00 ± 15.28	$1.80 \pm 0.93ab$
ฟอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์ ร้อยละ 10 (ชุดควบคุม)	60.00 ± 16.33	5.30 ± 1.54	30.00 ± 15.28	$3.30 \pm 1.71a$

หมายเหตุ : ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (not significant)

^{1/} = ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$); ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ย (SE)

- = ไม่เกิดการปนเปื้อน

การพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 10 นาที มีร้อยละของรอดชีวิตมากที่สุด คือ ร้อยละ 60.00±16.33 รองลงมาคือ การพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 15 นาทีและการพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 5 นาที (50.00±16.67) ส่วนการพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 10 นาที และพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 20 นาทีมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 40.00±16.33 ส่วนพอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโร็กซ์ ร้อยละ 10 และการพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 15 นาที มีอัตราการรอดชีวิตใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 10.00±10.00 - 20.00±13.33) ตามลำดับ (ตารางที่ 3) (รูปที่ 2ก) โดยการรอดชีวิตขึ้นส่วนจะไม่มีเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ทั้งในชิ้นส่วนและในอาหารลักษณะของชิ้นส่วนที่ทำการพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 15 นาที (รูปที่ 2ข) ชิ้นส่วนที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลักษณะของชิ้นส่วนที่พอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโร็กซ์ ร้อยละ 10

ตารางที่ 3 ร้อยละการรอดชีวิตขึ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสม ที่พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำไมโคร - นาโน บับเบิล และน้ำพลาสมาในแต่ละกรรมวิธี หลังจากทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เป็นระยะเวลา 13 วัน

กรรมวิธี	ร้อยละการรอดชีวิต
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 10 นาที	40.00±16.33ab ^{1/}
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 15 นาที	50.00±16.67ab
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 20 นาที	40.00±16.33ab
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 5 นาที	50.00±16.67ab
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 10 นาที	60.00±16.33a
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 15 นาที	20.00±13.33ab
พอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโร็กซ์ ร้อยละ 10 (ชุดควบคุม)	10.00±10.00b

หมายเหตุ : ^{1/} = ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$); ค่าเฉลี่ย(Mean)±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ย(SE)

การเจริญเติบโตและและพัฒนาของชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสมเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหาร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ล เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า วิธีการพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ระยะเตรียม 10,15 นาที และพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมาที่ระยะเวลาเตรียม 5, 10 นาที มีความยาวยอด 2.1, 1.85, 1.7, 1.6 เซนติเมตร ตามลำดับ มีจำนวนยอดใหม่ 2, 2.5, 2, 4 ยอด ตามลำดับ

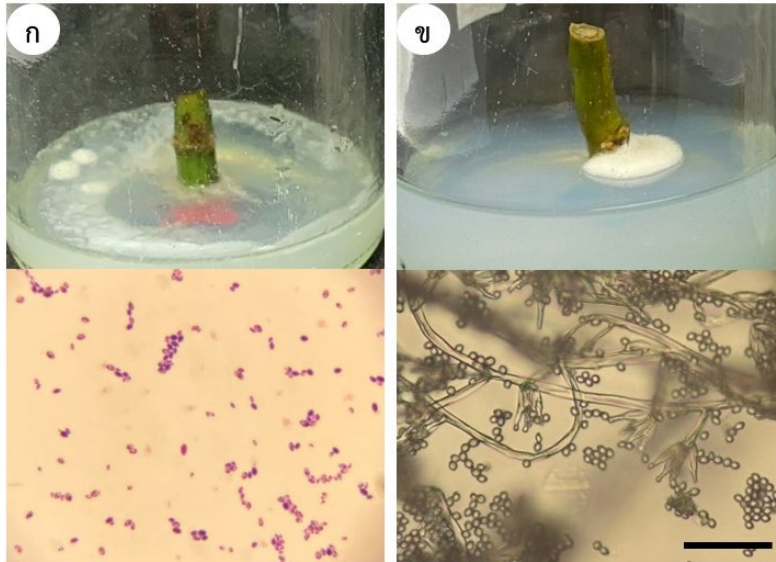
ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตและพัฒนาของชิ้นส่วนกุหลาบลูกผสม เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหลังจากทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ล เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตและพัฒนาของชิ้นส่วนกุหลาบ ^{na}			
	ความยาวยอดใหม่	จำนวนยอดใหม่	จำนวนใบ	การแตกตาต่อชิ้นส่วน
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 10 นาที	2.1	2	5	2
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 15 นาที	1.85	2.5	7.5	1
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำ MNB ที่ 20 นาที	-	-	-	-
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 5 นาที	1.7	2	6	1
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 10 นาที	1.6	4	10	1
พอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 15 นาที	-	-	-	-

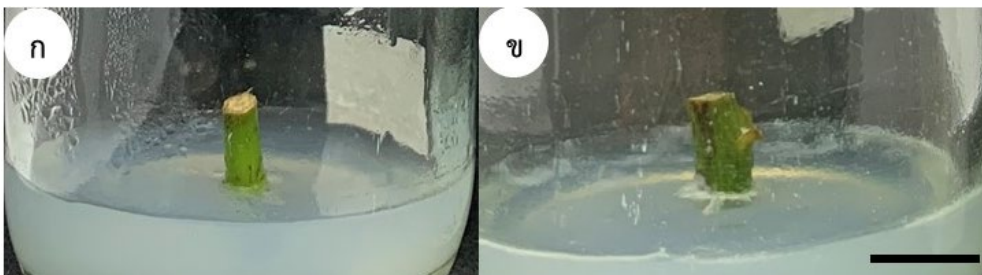
พอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์ ร้อยละ 10

(ชุดควบคุม)

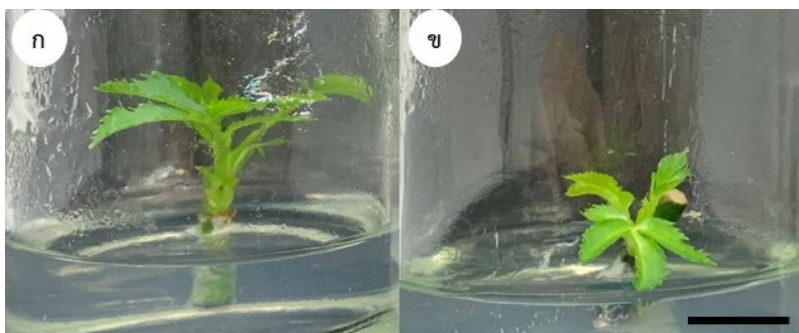
หมายเหตุ ^{na} = ไม่นำข้อมูลมาวิเคราะห์ (not analysis); - = ไม่มีชิ้นส่วนที่รอดชีวิต



รูปที่ 1 ลักษณะของการเกิดปนเปื้อนแบคทีเรีย (ก) และลักษณะการเกิดการปนเปื้อนของรา (ข)



รูปที่ 2 (ก) โดยการรอดชีวิตชิ้นส่วนจะไม่มีอาการการปนเปื้อนจุลินทรีย์ทั้งในชิ้นส่วนและในอาหารลักษณะของชิ้นส่วนที่ทำการพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 15 นาที (ข) ชิ้นส่วนที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลักษณะของชิ้นส่วนที่พอกฆ่าเชื้อด้วยคลอโรกซ์ ร้อยละ 10 (แถบ = 1 ซม.)



รูปที่ 3 การเจริญเติบโตและพัฒนาของชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสมพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 5 นาที (ก) การเจริญเติบโตและพัฒนาของชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสมพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 10 นาที (ข) (แถบ = 1 ซม.)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า การพอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำพลาสมา 10 นาที มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด เนื่องจากมีคุณสมบัติความว่องไวของปฏิกิริยา มีประสิทธิภาพ และไม่มีสารพิษตกค้าง ทำให้สามารถยับยั้งไวรัสและจุลินทรีย์ของพืชได้ (ABPlas, 2021) ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ กวีธารณ์ วงษ์เคี่ยม และคณะ (2565) ที่ใช้เทคนิคพลาสมาผ่านน้ำระยะเวลา 10 นาทีแล้วนำไปใช้พอกฆ่าเชื้อเมล็ดกัญชงสายพันธุ์ RPF3 มีร้อยละของการปลอดเชื้อได้สูงสุดและเมล็ดกัญชงสายพันธุ์ RPF3 สามารถงอกได้ หลังจากเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ 15 วัน ในส่วนของการนำเทคโนโลยีไมโคร-นาโนบับเบิลมาพอกฆ่าเชื้อที่ระยะเวลา 15 นาทีที่มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด ซึ่งการใช้เทคโนโลยีไมโคร-นาโนบับเบิล สามารถลดปริมาณการปนเปื้อนเชื้ออโคไลบนผิวกล้วยหอมทองได้ (ชินานาฏ และคณะ, 2563) ชิตติ ศรีตันทิพย์และคณะ (2564) ได้รายงานการบำบัดน้ำ MNBs เป็นเวลา 5-15 นาที กระตุ้นให้พืชมีความสูง ความกว้างใบ และความยาวรากของข้าวโพดได้

การศึกษาค้นคว้าพบว่า การใช้เทคนิคพลาสมาผ่านน้ำระยะเวลา 10 นาที แล้วนำไปใช้ในการพอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตาข้างกุหลาบลูกผสม มีร้อยละของอัตราการรอดชีวิตสูงสุด คือร้อยละ 60 เมื่อเปรียบเทียบกับใช้คลอรีนร้อยละ 10 (ชุดควบคุม) ส่วนน้ำที่ผ่านเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิลที่ระยะเวลา 10, 15, และ 20 นาทีพบว่าระยะเวลาที่ 15 นาทีที่มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด คือร้อยละ 50 และพบว่าหลังจากครบ 2 สัปดาห์ นำชิ้นส่วนย้ายลงขวดอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ล. พบว่าชิ้นส่วนมีการเจริญเติบโตน้อยและบางกรรมวิธีไม่พบการเจริญเติบโต หลังจากเลี้ยงต่ออีก 1 สัปดาห์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณ ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการดำเนินการทดลองครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กวีธารณ์ วงษ์เคี่ยม, เพียงพิมพ์ ชิตบุรี, ศิริพรรณ สารินทร์, พิทักษ์ พุทธวรชัย และ อภิชาติ ชิตบุรี.

(2565). ผลของพลาสมาและไมโคร-นาโนบับเบิล ต่อการพอกฆ่าเชื้อเมล็ดกัญชงสายพันธุ์ RPF3 ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 19, นครศรีธรรมราช.

ชิตติ ศรีตันทิพย์, วิเชียร ผลแสง, วิชญ์ ทองเล็ก, ชานูชัย เดชธรรมรงค์ และ ศิโยชิ โยชิคาว่า. (2561)

ประยุกต์ใช้ไมโคร-นาโนบับเบิลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า
คะน้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49(1), 37-41.

ชิตติ ศรีตันทิพย์, สุดา ธิชุต, ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์, เมทินี นาคดี, และวิชญ์ ทองเล็ก. (2564). การ

กระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวโพดและเมล่อนด้วยน้ำไมโครนาโนบับเบิล. ใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 7 (CRCI 2021) (หน้า 524-532) เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ชินานาฏ วิทยาประภากร, วิชญ์ ทองเล็ก, และพรรณพร กุลมา. (2563). เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลใน

กระบวนการล้างกล้วยหอมทอง เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้ออโคไล. วารสารวิจัยเทคโนโลยี
นวัตกรรม, 4 (1), 69-75.

มติชนออนไลน์. (2566). การส่งเสริมและพัฒนา ไม้ดอกไม้ประดับของกรมส่งเสริมการเกษตร.

สืบค้น 10 พฤษภาคม 2567, สืบค้น 10 พฤษภาคม 2567,

https://www.matichon.co.th/publicize/news_4162264

รุ่งระวี ทองดอนเอ. (ม.ป.ป.). เทคโนโลยีไมโคร-นาโนบับเบิลกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ(รายงาน

ผลการวิจัย). พิษณุโลก: ม.ป.พ.

วรรัฐ เสนิงวงศ์ ณ อยุธยา. (2564). ผลิตกุหลาบจิวด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้ที่มีคุณภาพทำรายได้ตลอด

ปี. สืบค้น 13 พฤษภาคม 2567, จาก <https://www.technologychaoban.com>

สวิตา วันหวัง, มณฑารพ สุธาธรรม, ชเนศ วรรณะ, ธราธร ทิรขลิตติ, และศิริรัตน์ พักปากน้ำ. (2564).

ผลของ BA ต่อการเจริญและพัฒนาของตาข้างกุหลาบหนู (*Rosa chinensis* Jacq. var.

minima Voss) ในหลอดทดลอง วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ

อุดรธานี, 9 (1), 19-30.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) - สวก.. (ม.ป.ป.). เครื่องกำเนิดพลาสมาในน้ำฟอง
ก๊าซขนาดไมโคร/นาโน สำหรับเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต Micro/Nano Gas Bubble Water
Plasma Generator for increasing the rate of growth. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร
(องค์การมหาชน).

ABPas. (2564). น้ำกระตุ้นด้วยพลาสมา : วิธีผลิตและการนำไปใช้งานในภาคเกษตร.[ระบบออนไลน์].
สืบค้น 13 พฤษภาคม 2567, จาก <https://www.step.CMu.ac.th/ABPas/assets/upload/files/29-10-2021-01.pdf>.

ผลของ Kinetin และ BA ร่วมกับ NAA ต่อการเจริญและพัฒนาเนื้อเยื่อของกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” ในสภาพปลอดเชื้อ

นายณพรัตน์ อินทพรมา¹, เพียงพิมพ์ ชิตบุรี¹, พิทักษ์ พุทธวรชัย^{1,2}, ศิริพรรณ สารินทร์³ และอภิชาติ ชิตบุรี^{1,2}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

²สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

³คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

* Corresponding author: nopparat_no661@live.rmutl.ac.th,0940128752

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ Kinetin และ BA (6-Benzyladenine) ร่วมกับ NAA (1-Naphthalene acetic acid) ต่อการเจริญและพัฒนาเนื้อเยื่อของกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” ในสภาพปลอดเชื้อเพื่อการขยายพันธุ์ การทดลองนี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มี 7 กรรมวิธีฯ ละ 10 ซ้ำ (1 ซ้ำ 1 ยอด) ใช้อาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog) ที่เติม Kinetin ความเข้มข้น 0.5, 1, และ 2 มก./ล. และเติม BA ความเข้มข้น 2.5, 5.0 และ 7.5 มก./ล. โดย Kinetin และ BA ทุกระดับความเข้มข้นเติมร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มก./ล. เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Regulator; PGRs) (ชุดควบคุม) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงได้ 4 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin (0.5, 1.0 และ 2.0 มก./ล.) ร่วมกับ NAA (0.5 มก./ล.) มีผลทำให้ขึ้นส่วนยอดกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” มีการเจริญ และพัฒนาของเนื้อเยื่อไปเป็นส่วนยอด (shoot) และ ราก (root) ได้สูตรอาหารที่มีจำนวนยอดใหม่ดีที่สุดคือ Kinetin 2.0 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.ค่าเฉลี่ย 2.30 ต่อขึ้นส่วน และสูตรอาหารที่มีร้อยละการเกิดรากดีที่สุดคือ Kinetin 0.5 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.มีค่าร้อยละ 77.77 เช่นเดียวกับการไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม) แต่อย่างไรก็ตามชุดควบคุมมีจำนวนยอดต่อขึ้นส่วนที่น้อยกว่า ส่วนอาหารสูตร MS ที่เติม BA (2.5 และ 5.0 และ 7.5 มก./ล.) ร่วมกับ NAA (0.5 มก./ล.) ขึ้นส่วนยอดเกิดการพัฒนาไปเป็นยอด ได้สูตรอาหารที่มีจำนวนยอดใหม่ที่ดีที่สุดคือ BA 7.5 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.มีค่าเฉลี่ย 2.20 ต่อขึ้นจำนวนยอดใหม่ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูตรอาหารที่มีร้อยละการเกิดรากดีที่สุดคือไม่เติมสารฯ (ชุดควบคุม; control) มีค่าร้อยละ 80.00 นอกจากนี้ในทุกกรรมวิธีมีร้อยละการรอดชีวิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ : สารควบคุมการเจริญเติบโต, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Effects of Kinetin and BA combination with NAA on growth and development of Banana var. “Sukhothai 1” tissue *in vitro*

Nopparat inpromma^{1,2*}, Pitak Puttawanchai^{1,2}, Piengpim Chidburee², Siripun Sarin³
and Aphichat Chidburee^{1,2}

¹Department of Plant Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang Lampang 52000, Thailand

²Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Rajamangala University of Technology Lanna. Lampang, 52000, Thailand.

³Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand.

* Corresponding author: nopparat_no661@live.rmutl.ac.th,0940128752

Abstract

The purpose of this study was to study the effects of Kinetin and BA (6-Benzyladenine) together with NAA (1-Naphthalene acetic acid) on the growth and tissue development of Namwa banana cultivar “Sukhothai 1”.in sterile conditions for propagation This experiment was planned as a Completely Randomized Design (CRD), with 7 treatments, 10 replicates each (1 replicate, 1 peak), using MS (Murashige and Skoog) semi-solid food formulated with Kinetin at concentrations of 0.5, 1. , and 2 mg/l, and BA concentrations of 2.5, 5.0, and 7.5 mg/l were added, with Kinetin and BA at every concentration level added together with NAA concentration 0.5 mg/l, compared to the set. No plant growth regulators (PGRs) were added (control). After 4 weeks of culture, it was found that the MS formula that added Kinetin (0.5, 1.0, and 2.0 mg/l.) together with NAA (0.5 mg/l.) has the effect of causing the top parts of the Namwa banana variety “Sukhothai 1” to grow and develop tissues into shoots and roots, resulting in a food formula with a number of new shoots. The best was Kinetin 2.0 mg/L+NAA 0.5 mg/L with an average of 2.30 per component and the formula with the best percentage of root formation was Kinetin 0.5 mg/L+NAA 0.5. mg/L had a value of 77.77%, the same as without adding growth regulators (control). However, the control set had fewer shoots per piece. For the MS diet supplemented with BA (2.5 and 5.0 and 7.5 mg/L) along with NAA (0.5 mg/L), shoot parts developed into shoots. The formula with the best number of new shoots was obtained: BA 7.5 mg/l.+NAA 0.5 mg/l. with an average of 2.20 per piece. The number of new shoots was not statically different. And the food formula with the best percentage of root formation was without adding chemicals (control; control) had a value of 80.00%. In addition, in every method the percentage of survival was not statistically different.

Keywords: plant growth regulator, tissue culture

1. บทนำ

กล้วยน้ำว้าพันธุ์ "สุโขทัย 1" จัดเป็นพืชในกลุ่มเดียวกับกล้วยน้ำว้า ชื่อวิทยาศาสตร์: *Musa ABB* อยู่ในวงศ์ Musaceae เนื่องจากกล้วยน้ำว้าพันธุ์ "สุโขทัย 1" เป็นกล้วยที่มีรสชาติหวานไม่อมเปรี้ยว เนื้อละเอียดเหนียวมีคุณค่าทางโภชนาการการวิตามินบี 3 และให้ผลผลิตสูง เกษตรกรจึงต้องการต้นพันธุ์กล้วยไปปลูกเป็นจำนวนมากแต่ สถานการณ์ปัจจุบันของการปลูกกล้วย ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งรวมถึงผลกระทบจากโรคตายพรายและหนอนกอกล้วยรวมถึงวิธีการขยายพันธุ์กล้วยน้ำว้าพันธุ์ "สุโขทัย 1" มักทำโดยการผ่าแบ่งหน่อ แต่วิธีการนี้มีเป็นวิธีที่ได้จำนวนน้อย และขนาดของหน่อพันธุ์ไม่มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นการผลิดกล้วยเพื่อให้มีคุณภาพดี โดยสามารถควบคุมการผลิตให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้ต้นกล้าพันธุ์ดีจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เนื่องจากเป็นวิธีการขยายพันธุ์พืชที่ได้ปริมาณมากใช้ระยะเวลาสั้น ต้นพันธุ์ที่ขนาดสม่ำเสมอทำให้ปลูกและให้ผลผลิต พร้อมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และพบว่ามีการใช้ BA ในการเพิ่มประสิทธิภาพการชักนำให้เกิดยอดใหม่เป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ยังคงมีไซโตไคนินชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพและ ประสบความสำเร็จในการใช้ชักนำให้เกิดยอดในหลอดทดลองของพืชหลายชนิด (George et al., 2008) และ NAA เป็น สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ที่มีผลต่อการควบคุมการขยายขนาดของเซลล์ กระตุ้นการแบ่งเซลล์และ การยึดตัวของเซลล์ ซึ่งการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินในระดับความเข้มข้นสูง จะกระตุ้นให้ เนื้อเยื่อพัฒนาเป็นยอดได้ (Bunnag, 2013) ด้วยเหตุนี้จึงได้ศึกษาวิจัยทดลองการพัฒนาสูตรอาหารที่มีการใช้ Kinetin, BA ร่วมกับ NAA เพื่อหาสูตรอาหารที่มีความเหมาะสมสามารถขยายพันธุ์ให้ได้จำนวนเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม มีระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงที่ลดลง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กล้วยน้ำว้าพันธุ์ "สุโขทัย 1" อยู่ในกลุ่มเดียวกับกล้วยน้ำว้า ชื่อวิทยาศาสตร์: *Musa ABB cv. Klui 'Namwa'* อยู่ในวงศ์ Musaceae ลักษณะประจำพันธุ์ของกล้วยน้ำว้าพันธุ์ "สุโขทัย 1" ลำต้นเทียมสูง 4 ม. เส้นรอบวง 69.6 ซม. ลำต้นเทียมมีสีเขียวอมเหลือง จำนวนหน่อ 11 หน่อ ตำแหน่งของหน่อข้าง ขนานกับต้นแม่ ใบ ป้านบนโคนก้านใบมีขนาดปานกลางมีสีน้ำตาล ก้านใบมีความยาว 70 ซม. แผ่นใบมีขนาดยาว 238 ซม. กว้าง 60 ซม. สีผิวใบด้านบนสีเขียวปลายใบรูปร่างตรงและมน ก้านช่อดอกมีขนาดยาว 8 ซม. กว้าง 7 ซม. ปลีเส้นรอบวงขนาด 37 ซม. กว้าง 12 ซม. ยาว เครือกล้วยรูปร่างแบนโคเวียวน สีของเนื้อผลดิบสีครีมอ่อน สีของเนื้อผลสุกสีครีมอ่อน ลักษณะเนื้อนุ่ม ผลผลิตน้ำหนักเครือเฉลี่ย 16 กิโลกรัม จำนวนหวี 9.8 หวีต่อเครือ ลักษณะเด่นคุณค่าทางโภชนาการวิตามินบี 3 สูงกว่ากล้วยน้ำว้ามะลิอ่อน ลักษณะผลค่อนข้างป้อมกลม เนื้อมีสีครีมอ่อน เนื้อละเอียดเหนียว รสหวานไม่ปนเปรี้ยว กรมวิชาการเกษตร. (2563)

ปัจจุบันวิธีการขยายพันธุ์กล้วยน้ำว้าพันธุ์ "สุโขทัย 1" ด้วยการผ่าแบ่งหน่อ แต่วิธีการนี้มีเป็นวิธีที่ได้จำนวนน้อย และขนาดของหน่อพันธุ์ไม่มีความสม่ำเสมอ ด้วยเหตุนี้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นการขยายพันธุ์พืชปริมาณมากในระยะเวลาสั้น โดยอาศัยสูตรอาหารสังเคราะห์ที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดสามารถเพิ่มจำนวนต้นพืชเป็นทวีคูณ โดยที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (plant growth regulator) เป็นสารที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืชใช้ปริมาณเล็กน้อยแต่ก็สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตจนพัฒนาเป็นส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ สารควบคุม การเจริญเติบโตของพืชที่นิยมใช้กันมากได้แก่ สารในกลุ่ม ออกซิน และไซโตไคนิน (แสงจันทร์ เอี่ยม ธรรมชาติ, 2547) ศิวพงษ์ (2546) รายงานว่าไซโตไคนิน เป็นสารที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ กระตุ้นการแตกตาข้าง และ ชะลอการแก่ชรา ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมักนิยมใช้สารสังเคราะห์ของไซโตไคนินมากกว่าชนิดพบในธรรมชาติสารสังเคราะห์ดังกล่าวที่ได้แก่ สารประกอบ purine เช่น benzylaminopurine หรือbenzyladenine (BA) และ 6-furfurylamino-purine (kinetin) ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งเป็นสารphenylureas เช่น Thidiazuron ส่วนไซโตไคนิน ที่เป็นสารธรรมชาติและใช้กันอยู่ ได้แก่ N₆ - isopentenyladenine (2iP) ซึ่งเป็นไซโตไคนินที่ออกฤทธิ์มากที่สุดชนิดหนึ่ง ส่วน zeatin เป็นไซโตไคนินธรรมชาติอีกชนิดหนึ่งที่มีราคาแพง จึงนิยมใช้ในงานวิจัยเท่านั้นวัตถุประสงค์ของการใช้ไซโตไคนินในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อกระตุ้นการแบ่งเซลล์กระตุ้นการสร้างและเพิ่มจำนวนตา นอกจากนี้ไซโตไคนินยังมีผลยับยั้งการเกิดรากและยับยั้งการเกิดเอ็มบริโอในกระบวนการ embryogenesis ด้วย (พรพิมล, 2545) ไซโตไคนินใช้เติมในอาหารสูงกว่าออกซินมาก ความเข้มข้นของไซโตไคนินที่นิยมใช้กันอยู่ ในระหว่าง 1-10 (mg/L) มีรายงานของ ธนากรและคณะ.(2564) เลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์กล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชรที่ยังคงประสบปัญหาอัตราการทิวจำนวนยอดต่ำ จึงได้ศึกษาการผ่าแบ่งชิ้นส่วนร่วมกับไซโตไคนินต่ออัตราการทิวจำนวนยอดใหม่ โดยเลี้ยงชิ้นส่วนหน่อที่ผ่าแบ่งตามยาวเป็น 2 ส่วน บนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร และเติมไซโตไคนิน ได้แก่ Benzyladenine (BA), Kinetin (Kn) และ Thidiazuron (TDZ) ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 (mg/L) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนที่เลี้ยงบนอาหารสูตรที่เติม TDZ 0.1 (mg/L) ให้

จำนวนยอดใหม่เฉลี่ยสูงสุด 2.6 ยอด เมื่อเลี้ยงชิ้นส่วนที่ผ่าแบ่งเป็น 2 และ 4 ส่วน บนอาหารสูตรที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อ ลิตร นาน 12 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนผ่าแบ่ง 2 ส่วน ให้จำนวนยอดใหม่มากกว่าชิ้นส่วนผ่าแบ่ง 4 ส่วน ให้จำนวนยอดสูงสุด เฉลี่ย 5.2 ยอด เมื่อเลี้ยงบนอาหารสูตรที่เติม TDZ 2.0 (mg/L) เมื่อย้ายเลี้ยงยอดใหม่บนอาหารสูตรที่เติมออกซิน Indole-3-acetic acid (IAA), Indole-3-butyric acid (IBA) และ Naphthaleneacetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 (mg/L) นาน 6 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนเกิดรากมากที่สุดเฉลี่ย 19.9 ราก เมื่อเลี้ยงบนอาหารสูตร ที่เติม IAA 2.0 (mg/L) และต้นกล้าที่ได้จากอาหารที่เติมออกซินทุกสูตรนั้น มีอัตราการรอดชีวิต 100เปอร์เซ็นต์ เจริญดี ในโรงเรือนเพาะชำ การศึกษานี้ประสบความสำเร็จในการเพิ่มจำนวนยอดใหม่กล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชร และการย้ายต้น ออกปลูกในโรงเรือนเพาะชำมีการเจริญเติบโตเป็นอย่างดี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมพืชทดลอง

นำหน่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” จากศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย กรมวิชาการเกษตร จ.สุโขทัย มาทำการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนปลายยอดด้วยคลอรีนความเข้มข้นร้อยละ 10 เปอร์เซ็นต์ นำชิ้นส่วนฟอกฆ่าเชื้อ 20 นาทีแล้วนำไปฟอกฆ่าเชื้อที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ที่เติม BA ความเข้มข้น 5 มก./ล. หลังจากนั้นทำการขยายเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนให้เพียงพอต่อการทดลอง โดยก่อนที่นำไปเป็นชิ้นส่วนพืชทดลอง ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ระยะเวลา 4 สัปดาห์

การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ใช้อาหารสูตร MS ที่เติมวุ้น (gel gum) ร้อยละ 0.3 ร่วมกับน้ำตาลซูโครส (sucrose) ร้อยละ 3 หลังจากนั้นเติม Kinetin BA และ NAA ในแต่ละกรรมวิธี แล้วนำไปปรับค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.7 และฆ่าเชื้ออาหารด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศา ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 7 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ (1 ซ้ำละ 1 ยอด) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 - Kinetin 0.5 มก./ล. + NAA 0.5 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 2 - Kinetin 1.0 มก./ล. + NAA 0.5 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 3 - Kinetin 2.0 มก./ล. + NAA 0.5 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 4 - BA 2.5 มก./ล. + NAA 0.5 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 5 - BA 5.0 มก./ล. + NAA 0.5 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 6 - BA 7.5 มก./ล. + NAA 0.5 มก./ล.

กรรมวิธีที่ 7 - ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม: control)

นำชิ้นส่วนพืชทดลองทำการตัดส่วนของใบออก คงเหลือส่วนโคนของยอด มีขนาด 1 x 1 ซม. แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารในแต่ละกรรมวิธี หลังจากนั้นนำไปเลี้ยงในห้องที่มีอุณหภูมิ 24±2-3 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70-80 ความเข้มแสง 50 ไมโครโมลต่อตร. ม. ต่อ วินาที เมื่อเพาะเลี้ยงได้ 4 สัปดาห์ ทำการบันทึกข้อมูล ได้แก่ ร้อยละการรอดชีวิต ร้อยละการเกิดราก จำนวนยอดใหม่ (ยอดต่อชิ้นส่วน) และความสูงยอด (ซม.) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อค่าความแปรปรวนสถิติ (Analysis of variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Fisher ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MiniTab 22

4. ผลการวิจัย

เมื่อทำการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ร้อยละการรอดชีวิตจำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วน และความสูงของต้น (ซม.) ไม่มีความแตกต่างทางกันสถิติ อยู่ในช่วง ร้อยละ 60.00±51.63-80.00±42.16, 1.10±0.56-2.30±1.56 ยอดต่อชิ้นส่วน และ 2.08±0.13-3.08±0.55 ซม. ตามลำดับ สำหรับร้อยละการเกิดรากมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ โดยชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม Kinetin ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มก./ล. มีร้อยละของการเกิดรากมากที่สุด (ร้อยละ 77.77±44.09, 54.54±52.2 และ

70.00± 48.30 ตามลำดับ) ให้ผลเช่นเดียวกับที่ไม่เติมสาร (ชุดควบคุม) (ร้อยละ 80.00±42.16) ยกเว้นกรรมวิธีที่เติม BA ความเข้มข้น 7.5 มก./ล. ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มก./ล. มีร้อยละของการเกิดรากน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 20.00±42.16 นอกจากนี้กรรมวิธีที่เติม BA ความเข้มข้น 2.5 และ 5.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มก./ล. พบว่าไม่เกิด (ตารางที่ 1) ส่วนลักษณะภายนอกในแต่ละกรรมวิธี พบว่ายอดใหม่มีสีเขียว และรากที่เกิดมีสีขาวและสีน้ำตาลโดยแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของ Kinetin (0.5,1.0,2.0 มก./ล.)และ BA (2.5,5.0,7.5 มก./ล.)ร่วมกับ NAA (0.5 มก./ล.)และไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อ ร้อยละการรอดชีวิต จำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วน ความสูงของยอด (ซม.) และร้อยละการเกิดรากของชิ้นส่วนกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” ในแต่ละกรรมวิธี เมื่อทำการเพาะเลี้ยงได้ 4 สัปดาห์

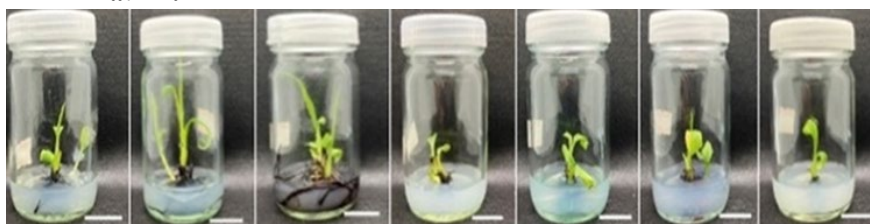
กรรมวิธี	ร้อยละการรอดชีวิต	จำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วน	ความสูงของยอด (ซม.)	ร้อยละการเกิดราก
Kinetin 0.5 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.	70.00±48.30	1.60±1.07	3.08±0.55	77.77±44.09 ^{a1/}
Kinetin 1.0 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.	70.00±48.30	2.10±1.19	2.63±0.57	54.54±52.22 ^a
Kinetin 2.0 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.	80.00±42.16	2.30±1.56	2.60±0.48	70.00± 48.30 ^a
BA 2.5 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.	70.00±48.30	1.10±0.56	2.08±0.13	-
BA 5.0 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.	60.00±51.63	2.00±1.05	2.18±0.13	-
BA 7.5 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.	80.00±42.16	2.20±1.3	2.70±0.44	20.00±42.16 ^b
ไม่เติมสารฯ (ชุดควบคุม; control)	80.00±42.16	1.60±1.50	2.78±0.62	80.00±42.16 ^a
F-test	ns	ns	ns	*
CV (เปอร์เซ็นต์)	7.5	0.4	0.3	34.9

หมายเหตุ : ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (not significant)

^{1/} = ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$);

ค่าเฉลี่ย (Mean)±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ย (SE)

- = ไม่เกิดราก



0.5+0.5 1.5+0.5 2.0+0.5 2.5+0.5 5.0+0.5 7.5+0.5 เดิมสารควบคุมการเจริญเติบโต
Kinetin (มก./ล.) + NAA (มก./ล.) BA (มก./ล.) + NAA (มก./ล.) (ชุดควบคุม:control)

ภาพที่ 1 ลักษณะยอดใหม่และรากที่เกิดของชิ้นส่วนกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” ในแต่ละกรรมวิธี หลังการเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ (แถบ =1 ซม.)

5.สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin (0.5, 1.0 และ 2.0 มก./ล.) ร่วมกับ NAA (0.5 มก./ล.) มีผลทำให้ชิ้นส่วนยอดกล้วยน้ำว้าพันธุ์ “สุโขทัย 1” มีการเจริญ และพัฒนาของเนื้อเยื่อไปเป็นส่วนยอด (shoot) และ ราก (root) ได้สูตรอาหารที่มีจำนวนยอดใหม่ดีที่สุดคือ Kinetin 2.0 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.ค่าเฉลี่ย 2.30 ต่อชิ้นส่วน และสูตรอาหารที่มีร้อยละการเกิดรากดีที่สุดคือ Kinetin 0.5 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.มีค่าร้อยละ 77.77 เช่นเดียวกับการไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม) แต่อย่างไรก็ตามชุดควบคุมมีจำนวนยอดต่อชิ้นส่วนที่น้อยกว่า ส่วนอาหารสูตร MS ที่เติม BA (2.5 และ 5.0 และ 7.5 มก./ล.) ร่วมกับ NAA (0.5 มก./ล.) ชิ้นส่วนยอดเกิดการพัฒนาไปเป็นยอด ได้สูตรอาหารที่มีจำนวนยอดใหม่ที่ดีที่สุดคือ BA 7.5 มก./ล.+NAA 0.5 มก./ล.มีค่าเฉลี่ย 2.20 ต่อชิ้น จำนวนยอดใหม่ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูตรอาหารที่มีร้อยละการเกิดรากดีที่สุดคือไม่เติมสารฯ (ชุดควบคุม; control) มีค่าร้อยละ 80.00 นอกจากนี้ในทุกกรรมวิธีมีร้อยละการรอดชีวิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณบุรีรัมย์ ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชใน การดำเนินการทดลองครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Analogues and Antagonists. In E. F. George, M. A. Hall, & G. J. D. Klerk (Eds.), *Plant Propagation by Tissue Culture* (3rd ed., pp. 205-226). Dordrecht: Springer.
- Bunnag, S. (2013). *Plant Tissue Culture and Plant Gene Transfer*. Khon Kaen: KKU publishing.
- Caladium Society of Thailand. (2012). *Caladium: Queen of Foliage Plants*. Bangkok: Amarin printing and publishing.
- George, E. F., Hall, M. A. & Klerk, G. J. D. (2008). *Plant Growth Regulators II: Cytokinins, their* Mazri, M. A., R. Meziani, I. Belkoura, B. Mokhless and S. Nour. 2018. A combined pathway of organogenesis and somatic embryogenesis for an efficient large-scale propagation in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Mejhoul, 3 *Biotech.* 8(4).
- Silayoi, B. (1995). *Banana*. (2nd ed.). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- กรมวิชาการเกษตร. (2563). รายงานพิเศษ : โข้วกล้วยน้ำว้าพันธุ์ใหม่ ‘สุโขทัย 1’ ให้ผลผลิตสูง-คุณค่าทางโภชนาการชนะเลิศ. สืบค้นจาก: <https://www.naewna.com/local/469317>.
- ศิริศาธิฎากร จันทร์ขิราพร.(2562). ผลของไซโตไคนินและออกซินต่อการขยายพันธุ์ของสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ในสภาพปลอดเชื้อ.พิมพ์ครั้งที่ 3.มหาวิทยาลัยบูรพา. สำนักหอสมุด.วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา
- แสงจันทร์ เอี่ยมธรรมชาติ. (2547). การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช *Plant tissue culture*. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วรรณรวิ กุวัลลภ. (2564). อิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. สำนักหอสมุดกลาง.
- ธนากร วงษา .พิทักษ์ อินธิมา. และอนุพันธ์ กงบังเกิด.(2564) ผลของไซโตไคนินและการเตรียมชิ้นส่วนต่อการทวีจำนวนต้นกล้วยไซสายพันธุ์กำแพงเพชร ในสภาพปลอดเชื้อ.พิมพ์ครั้งที่ 2.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- พันธิตรา กมล. อรุณยานี บุลย์ประมุข. และ อนุพันธ์กงบังเกิด.(2555)ผลของไซโตไคนินและออกซินต่อการพัฒนาของเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยงขมิ้นขาว.วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 4.
- ศศิธร พินภิมย์.นงนุช เลหาหะวิสุทธิ์.และอัจฉรี เรืองเดช.(2560) ผลของปริมาณธาตุอาหารในสูตรอาหารกึ่งแข็ง MS ต่อการเจริญเติบโตและสารต้านอนุมูลอิสระของต้นพรมมิในสภาพปลอดเชื้อ. พิมพ์ครั้งที่4.วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.
- ศิวพงศ์ จำรัสพันธุ์. (2546). การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันราชภัฏอุดรธานี.
- รังสฤษฎ์ กาวีตะ.2545.การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช:หลักการและเทคนิค. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ผลของฟอสฟอรัส แมกนีเซียมและสังกะสีต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดง

รุ่งนภา ช่างเจรจา^{2*} หงส์ชัย พงษ์ขาว¹ ศิริพร อ่ำทอง² และ สันติ ช่างเจรจา²

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง
จ.ลำปาง 52000

² สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

*E-mail:changjeraja@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ผลของฟอสฟอรัส แมกนีเซียมและสังกะสีต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดง ศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคม 2566 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของฟอสฟอรัสต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง กำหนดระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 3 ระดับ คือ 0, 5 และ 10 กรัมต่อต้น พบว่า ต้นที่ได้รับน้ำ มีความกว้างและความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ระดับความเข้มข้นฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโทไซยานินของผลหนามแดง การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของแมกนีเซียมต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง กำหนดระดับความเข้มข้นของแมกนีเซียม 4 ระดับ คือ 0, 1, 3 และ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ต้นที่ได้รับแมกนีเซียมอัตรา 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ต้นที่ได้รับปริมาณปุ๋ยแมกนีเซียมแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างผล ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสังกะสีต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง กำหนดระดับความเข้มข้นของสังกะสี 4 ระดับ คือ 0, 0.25, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ต้นที่ได้รับปริมาณปุ๋ยสังกะสีแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผล ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโทไซยานิน

คำสำคัญ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม สังกะสี หนามแดง แอนโทไซยานิน

Effect of Phosphorus, Magnesium and Zinc on Anthocyanin Content in *Carissa carandas* Linn. Fruit

Abstract

Effect of Phosphorus, Magnesium and Zinc on Anthocyanin Content in *Carissa carandas* Linn. Fruit was studied at Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, during March to August 2023 is divided into 3 experiments, Experiment was planned as a completely randomized experiment with 10 replications. Experiment 1 was to provide water (control) with no phosphorus. Phosphorus concentration of 5 and 10 grams/tree were found the plants that received water had the width and length of the fruit than other methods. Phosphorus concentration had no effect on pH value, citric acid content in fruit soluble solids and the anthocyanin content of *Carissa carandas* Linn fruit. Experiment 2 assigned to 4 magnesium concentration levels: no magnesium added. Magnesium concentrations of 1, 3, 6 milligrams per liter were found trees treated with 1 percent magnesium had longer fruit length than other treatments but had less soluble solids than other treatments. Trees that received different amounts of magnesium fertilizer had no effect on fruit width, pH, and citric acid content in the fruit. Experiment 3 assigned to 4 zinc concentration levels: no zinc added; Zinc concentrations of 0.25, 0.5, 1.0 milligrams per liter were found plants receiving different amounts of zinc fertilizer had no effect on width fruit width and length pH value, citric acid content in fruit soluble solids and anthocyanin content.

Keywords: phosphorus, magnesium, zinc, *Carissa carandas* Linn., anthocyanin

1. บทนำ

หนามแดงหรือ *Carissa carandas* L. เป็นไม้พุ่มดอกสวยของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต้นสูงประมาณ 3-5 เมตร มียางสีขาว มีหนามแหลมตามลำต้น กิ่งยาวประมาณ 2-5 เซนติเมตร ใบเดี่ยวออกตรงข้าม รูปไข่ กว้างประมาณ 3-4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4-7 เซนติเมตร ผิวใบด้านบนเป็นมัน ดอก มีสีขาว หรือสีชมพู กลิ่นหอมอ่อนๆ เป็นช่อสั้นๆ มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ ผล ทรงมนรี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ยาว 1-2.5 เซนติเมตร ผิวผลจะมีสีเขียวอมชมพู เมื่อสุกจะมีสีม่วงดำ ให้รสเปรี้ยวอมหวาน (สุทิน, 2553) ผลหนามแดงมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต้าน %Inhibition เท่ากับ 91.02% และมีค่า IC50 เท่ากับ 195.21 mg/L ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 296.08 mg gallic acid/100g ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 568.12 mg/100g ปริมาณ วิตามินซีเท่ากับ 8.92 mg/100g ผลมีรสเปรี้ยวอมหวานมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 8.19% และปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 3.92% สำหรับกากผลหนามแดงที่เหลือจากการคั้นน้ำพบว่ายังคงมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมี % Inhibition เท่ากับ 88.11 และมีค่า IC50 เท่ากับ 119.70 mg/L ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 231.05 mg gallic acid/100 g ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 271.35 mg/100 g ปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 1.94 mg/100 g กากผลหนามแดงยังคงมีรสหวานและเปรี้ยวโดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 3.24% และปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 3.76% (วิชฌณี และคณะ, 2555) จากการศึกษาของวิชราภรณ์ และคณะ (2556) รายงานว่าผลสุกของหนามแดงจะมีสารออกฤทธิ์ชีวภาพอยู่ในปริมาณมากกว่าผลดิบมีปริมาณ total phenolics, total anthocyanins, anthocyanin content และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผลที่สุกและผลดิบ ส่วนในผลดิบนั้นมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด จุฑามาส (2558) รายงานสารสกัดหนามแดงที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1601.68 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณแอนโทไซยานิน 424.44 มิลลิกรัมของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารสีแดงและสีม่วงที่พบทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบหรือลำต้นของพืชบางชนิด มีการใช้สารในกิจกรรมต่างๆ เช่น ทำขนม สีย้อมผ้า และใช้ในเครื่องสำอาง ปัจจัยที่เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในการสร้างแอนโทไซยานินของพืชนอกจากพันธุกรรมแล้ว ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ต่ำ ธาตุอาหาร และการขาดน้ำ เป็นต้น (Chalker-Scott, 1999) เมื่อพืชอยู่ในสภาวะขาดธาตุอาหาร พืชที่ขาดฟอสฟอรัสจะมีการสะสมแอนโทไซยานินที่ใบ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (ใน photosystem II) เมื่อเอนไซม์เหล่านั้นไม่สามารถทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้เต็มที่ก็จะทำให้เกิด photodamage คือแสงที่ถูกดูดกลืนมาเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงมีมากเกินไปที่เอนไซม์จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายกับพืชได้ ดังนั้นพืชจึงสร้างแอนโทไซยานินขึ้นมาเพื่อปกป้องอันตรายจากแสง (Dugald and Christopher, 2001) นอกจากนี้ธาตุอาหารในดินก็มีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานินการให้แมกนีเซียมในช่วงที่ดอกกำลังพัฒนา จะทำให้เกิดการสะสมแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น (Kamlesh, 2010) ในหนามแดง การศึกษาทางด้านปัจจัยโดยเฉพาะทางด้านการใช้ปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง เพื่อใช้เป็นประโยชน์และพื้นฐานในการนำไปใช้ในเชิงการผลิตอาหารสุขภาพและในเชิงอุตสาหกรรม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาและวิจัยในหลายๆ พืช พบว่า ปริมาณสารแอนโทไซยานิน มีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ระยะการเจริญเติบโตของพืช การจัดการธาตุอาหาร ชนิดและความเข้มข้นน้ำตาลและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งความเป็นกรด-ด่างต่างมีผลต่อการสังเคราะห์และการสลายตัวของแอนโทไซยานินด้วยเช่นกัน (Hiratsuka et al., 2001) ความชื้นในดินและธาตุอาหารที่มีผลต่อการลดลงของสารแอนโทไซยานินในพืช เช่น ในสภาพพื้นที่ที่แห้งแล้งหรือในฤดูที่มีอากาศแห้งแล้งมีความชื้นในดินต่ำ ทำให้แอปเปิ้ลจะมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินลดลง (Saure, 1990) จากงานวิจัยพบว่าหนามแดงเป็นพืชที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารรงควัตถุ (Pigment) ที่ให้สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สี (Coloring Agent) ที่พบในพืชจัดอยู่ในกลุ่ม ของรงควัตถุพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoids) พบในแควิวอลของพืช ทำให้เกิดสีแดง ชมพู่ม่วงและสีน้ำเงินใน ส่วนต่างๆ ของผล ดอก ลำต้น และใบพืช สามารถละลายน้ำได้ดี แอนโทไซยานินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) มีบทบาทต่อการป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular Disease) โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน เป็นต้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคม 2566 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของฟอสฟอรัสต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น กำหนดระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 3 ระดับ คือ 0, 5 และ 10 กรัมต่อต้น การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของแมกนีเซียมต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น กำหนดระดับความเข้มข้นของแมกนีเซียม 4 ระดับ คือ 0, 1, 3 และ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสังกะสีต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น กำหนดระดับความเข้มข้นของสังกะสี 4 ระดับ คือ 0, 0.25, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองมีการควบคุมสภาพแวดล้อมของต้นหนามแดงโดยในช่วงการเจริญทางกิ่งใบมีการควบคุมปัจจัยการผลิตด้านต่างๆ เหมือนกันทุกต้น การทดลองมีการควบคุมสภาพแวดล้อมของต้นหนามแดง โดยในช่วงการเจริญทางกิ่งใบมีการควบคุมปัจจัยการผลิตด้านต่างๆ เหมือนกันทุกต้น ให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และสังกะสีโดยพ่นทางใบทุก 15 วันตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ความกว้างและความยาวผล ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้รีแฟรกโตมิเตอร์ ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธี spectrophotometry (Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2005)

4. ผลการวิจัย

ความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับฟอสฟอรัสในระดับที่แตกต่าง พบว่า ต้นที่ได้รับน้ำ มีความกว้างและความยาวผลหนามแดงมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ย 17.98 และ 21.14 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ตารางที่ 1 ความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับฟอสฟอรัสในระดับที่แตกต่าง

ระดับความเข้มข้นฟอสฟอรัส	ความกว้างผล (mm.)	ความยาวผล (mm.)
น้ำ	17.98a	21.14a
ไม่ให้ฟอสฟอรัส	16.76b	20.23ab
5 กรัม/ต้น	16.48b	19.30bc
10 กรัม/ต้น	16.04b	18.91c
F-test	*	*
Cv. (%)	6.66	6.55

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโทไซยานินของผลหนามแดงที่ได้รับปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.50-3.59 ปริมาณกรดซิตริกในผล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.14-0.16% ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 10.70-11.63 °brix และปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าอยู่ระหว่าง 5.74-9.37 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ได้รับฟอสฟอรัสในระดับที่แตกต่าง

ระดับความเข้มข้นแมกนีเซียม (%)	ค่า pH	ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/g)
0	3.59	0.16	10.70	7.97
1	3.50	0.15	11.63	5.74
3	3.50	0.14	11.63	9.37
6	3.51	0.14	10.83	7.08
F-test	ns	ns	ns	ns
Cv. (%)	3.60	31.44	8.47	18.03

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ความกว้างผลหนามแดงที่ได้รับแมกนีเซียมในระดับที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 15.32 และ 16.83 เซนติเมตร ส่วนความยาวผลหนามแดงที่ได้รับแมกนีเซียมในระดับที่แตกต่างกัน พบว่า ต้นที่ได้รับแมกนีเซียมอัตรา 1 และ 6 เปอร์เซ็นต์มีความยาวผลมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับแมกนีเซียมในระดับที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้นแมกนีเซียม (%)	ความกว้างผล (mm.)	ความยาวผล (mm.)
0	15.32	17.36b
1	16.83	19.88a
3	16.78	19.11ab
6	16.31	20.32a
F-test	ns	*
Cv. (%)	8.83	8.49

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

: * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.05$)

ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริกในผล ของผลหนามแดงที่ได้รับปริมาณปุ๋ยแมกนีเซียมแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.42-3.62, 0.13-0.17 เปอร์เซ็นต์ และ 4.21-7.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ผลหนามแดงที่ได้รับปริมาณปุ๋ยความเข้มข้นแมกนีเซียม 1 % มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ได้รับแมกนีเซียมในระดับที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้นแมกนีเซียม (%)	ค่า pH	ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix)	ปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/g)
0	3.42	0.17	11.40a	4.21
1	3.49	0.15	8.63b	7.45
3	3.55	0.13	10.87a	6.28
6	3.62	0.15	11.57a	7.54
F-test	ns	ns	*	ns
Cv. (%)	3.22	20.48	9.16	28.15

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

: * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.05$)

ต้นหนามแดงที่ได้รับปริมาณปุ๋ยสังกะสีแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผลหนามแดงโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.77-16.02 และ 17.85-19.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับสังกะสีในระดับที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้นสังกะสี (%)	ความกว้างผล (mm.)	ความยาวผล (mm.)
0	16.02	18.86
0.25	15.19	17.90
0.5	16.02	19.03
1.0	14.77	17.85
F-test	ns	ns
Cv. (%)	12.05	10.89

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโธไซยานิน ของผลหนามแดงที่ได้รับปริมาณสังกะสีแตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.37-3.54, 0.17-0.24 เกร็ด, 10.27-12.13 °brix และ 3.69-5.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ(ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหนามแดงที่ได้รับสังกะสีในระดับที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มข้นสังกะสี (%)	ค่า pH	ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix)	ปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/g)
0	3.53	0.20	10.27	4.90
0.25	3.37	0.24	11.33	5.69
0.5	3.43	0.18	11.33	4.97
1.0	3.54	0.17	12.13	3.69
F-test	ns	ns	ns	ns
Cv. (%)	4.17	17.81	12.18	49.55

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

ต้นที่ได้รับน้ำ มีความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่มีความกว้างและความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ระดับความเข้มข้นฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อความสูงของต้น ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโธไซยานินของผลหนามแดง ต้นที่ได้รับแมกนีเซียมอัตรา 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ต้นที่ได้รับปริมาณปุ๋ยแมกนีเซียมแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างผล ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล ต้นที่ได้รับปริมาณสังกะสีแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผล ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโธไซยานิน

อภิปรายผล

ผลของการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของต้นหนามแดง พบว่า ต้นที่ให้น้ำ (ควบคุม) ไม่ให้ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสเข้มข้น 5 กรัม/ต้น และฟอสฟอรัสความเข้มข้น 10 กรัม/ต้น พบว่า ต้นที่ได้รับน้ำ มีความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่มีความกว้างและความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ระดับความเข้มข้นฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อความสูงของต้น ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโธไซยานินของผลหนามแดง ซึ่งปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็นปุ๋ยที่เหมาะสมแก่การเพิ่มประโยชน์ในระยะยาว เนื่องจากจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อย่างช้าๆ (Inthasan, 2014) และฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้าย (Marschner & Dell, 1994) เมื่อใส่ฟอสฟอรัสลงไปในดินแล้ว ฟอสฟอรัสอาจถูกตรึงในอนุภาคของแร่ดินเหนียว

ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารลดลงและอยู่ในรูปของ สารประกอบที่ละลายน้ำยาก โดยในดินกรดฟอสฟอรัสถูกตรึงด้วย เหล็ก (Fe) และอะลูมิเนียม (Al) เกิดเป็นฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำในดินต่างถูกตรึงด้วยแคลเซียม (Ca) ซึ่งการใส่ฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ ผลของการให้ปุ๋ยแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของต้นหนามแดง พบว่า ต้นที่ไม่ใส่แมกนีเซียม แมกนีเซียมเข้มข้น 1, 3, 6 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ต้นที่ไม่ได้รับแมกนีเซียม มีความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่าต้นที่ได้รับปุ๋ยแมกนีเซียม ต้นที่ได้รับแมกนีเซียมอัตรา 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ต้นที่ได้รับปริมาณปุ๋ยแมกนีเซียมแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความสูง ความกว้างผล ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริกในผล ผลของการให้ปุ๋ยสังกะสีต่อการเจริญเติบโตของต้นหนามแดง พบว่า ต้นที่ไม่ใส่สังกะสี สังกะสีเข้มข้น 0.25, 0.5, 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ต้นที่ได้รับปริมาณปุ๋ยสังกะสีแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างและความยาวผล ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริกในผล ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโทไซยานิน

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณงาน มูลฐานตามพันธกิจของหน่วยรับงบประมาณ (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนและการอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาศ นวิวัฒน์, ปิยาภรณ์เชื่อมชัยตระกูล,และณัฐวุฒิตอนลาว. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมผลไม้เพื่อสุขภาพของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านห้วยน้ำกั้น อำเภอเวียงป่าเป้าจังหวัด เชียงราย. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.
- วชิราภรณ์ ผิวล่อง สุรศักดิ์ สัจจบุตร์ ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร และจากรัฐัน เอี่ยมศิริ. (2556). อิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(2) (พิเศษ): 337-340.
- วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สุภาพรรณ คงสมเพ็ชรและ ปารีชาติ วีระแพทย์. (2555). การทำแห้งกากผลหนามแดงและการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อัดเม็ด. ว.วิทย. มข. 40(3): 877-889.
- สุทิน พรหมโชติ สาธิต พสุวิทย์กุลและ รักเกียรติ แสนประเสริฐ. (2553). การสำรวจและรวบรวมพันธุ์ไม้ผลพื้นเมืองบริเวณจังหวัดอุบลราชธานีเพื่อพัฒนาเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดใหม่. รายงานผลการดำเนินงานโครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 47 หน้า.วิชมณี และคณะ, 2555
- Chalker-Scott, L. (1999). Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses.
- Dugald, C.C. and L.B. Christopher. (2001). The Ecophysiology of Foliar Anthocyanin. The Botanical Review. 69(2): 149-161.
- Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV- visible spectroscopy, pp. 19-31. In R. E. Wrolstad, T. E. Acree, E. A. Decker, M. H. Penner, D. S. Reid, S. J. Schwartz, C. F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. Handbook of food analytical chemistry: Pigments, colorants, flavors, texture, and bioactive food components. Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.
- Hiratsuka, S., H. Onodera, Y. Kawai, T. Kubo, H. Itoh, and R. Wada. (2001). ABA and sugar effects on anthocyanin formation in grape berry cultured in vitro. Scientia Horticulturae. 90: 121-130.
- Inthasan, J. (2014). Soil fertility. Chiangmai: D Print. (in Thai)
- Kamlesh. P.,R. Jale, M. Singh and R. Kumar. 2010. Non-destructive evaluation of dimensional properties and physical characterization of Carissa carandas fruits. International Journal of Emerging Sciences. 2: 321-327.
- Marschner, H. and Dell, B. (1994) Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil, 159, 89-102.
- Saure, M.C. 1990. External control of anthocyanins formation in apple. Scientia Hort. 42: 181-281

ผลของการพรางแสงต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดง

สันติ ช่างเจรจา¹ หงส์ชัย พงษ์ขาว² ศิริพร อ่ำทอง¹ และ รุ่งนภา ช่างเจรจา^{1*}

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

*E-mail: changjeraja@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพรางแสงต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดง ศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคม 2566 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 3 กรรมวิธีฯ ละ 10 ซ้ำ คือ ไม่พรางแสง พรางแสง 50 และ 70% พบว่า ต้นหนามแดงที่ไม่ได้รับการพรางแสงมีค่าเฉลี่ยความสูงและความกว้างทรงพุ่ม มากกว่าต้นที่ได้รับการพรางแสง 70% องค์ประกอบในผลมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และปริมาณกรดซิตริกของต้นที่ได้รับการพรางแสง 70% มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ส่วนค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณแอนโทไซยานิน ต้นที่ไม่พรางแสงและพรางแสง 50% มีค่าเฉลี่ยมากกว่าต้นที่ได้รับการพรางแสง 70% แต่อย่างไรก็ตามการพรางแสงแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผลหนามแดง

คำสำคัญ พรางแสง หนามแดง แอนโทไซยานิน

Effect of Shading on Anthocyanin Content in *Carissa carandas* Linn. Fruit

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of shading on anthocyanin content in *Carissa carandas* Linn. Fruit. This research was studied at Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, during March to August 2023. The experimental design (CRD) was Completely Randomized Design with 3 treatments, 10 replications per treatment, i.e. non-shading, shading 50% and 70%. The result showed that *Carissa carandas* Linn. that were not shaded had average height and canopy width than the plant 70% shade. pH value, citric acid content in the fruit of trees treated with 70% shade was higher than other treatments. Soluble solids and anthocyanin content trees without shade and 50% shaded were more valuable than plant 70% shad. However, the different shading did not affect the width and length of the fruit.

Keywords: shading, *Carissa carandas* Linn., anthocyanin

1. บทนำ

หนามแดง (Karanda : *Carissa carandas* Linn.) อยู่ในวงศ์ Apocynaceae ในประเทศไทยบางที่เรียกว่า มะม่วงไม่รู้หาว และชื่อเรียกอื่นๆ เช่น หนามขี้แฮด (เชียงใหม่) หนามแดง (กรุงเทพฯ) มะนาวไม่รู้หาว (ภาคกลาง) และมะนาวหาว (ภาคใต้) เป็นต้น เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลางสูง 2-3 เมตร ลำต้นและกิ่งมีหนามแหลมยาวในช่วงการเจริญของหนามในระยะแรกจะมีสีแดงจืดตั้งชื่อว่า “หนามแดง” จุดเด่นของต้นหนามแดงคือ ผล จัดเป็นผลแบบเบอร์รี่ ออกดอกได้ทั้งปีและให้ผลดก มีรูปทรงกลมรี ผิวเรียบ ผลอ่อนสีขาวเปลี่ยนเป็นสีชมพูและสีแดงเข้มเมื่อเริ่มสุกแก่ ลักษณะเนื้อผลฉ่ำน้ำ มีรสชาติเปรี้ยวอมหวาน ในผลหนามแดงพบว่ามีธาตุเหล็ก วิตามินซี เพกทินและสารกลุ่มแอนโทไซยานินจำนวนมาก เช่น สาร cyanidin-3-O-rhamnoside, pelargonidin-3-O-glucoside และ cyanidin-3-O-glucoside ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีฤทธิ์ต้านมะเร็ง(Kamlesh, 2010) จากประโยชน์ของหนามแดงจึงมีการนำผลหนามแดงมาทำเป็นอาหารพื้นถิ่นสมุนไพรพื้นบ้าน และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (สกุลกานต์สิมลา, 2559) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของความเข้มแสงต่อการเพิ่มปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดงที่จะสามารถนำไปปรับใช้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมการผลิตหนามแดงให้ได้ประสิทธิภาพและผลผลิตที่มีคุณภาพสอดคล้องกับเป้าหมายการแปรรูปผลิตภัณฑ์หนามแดงต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาบทบาทของระดับความเข้มแสงต่อการเปลี่ยนแปลงของสารแอนโทไซยานินในผลหนามแดง โดยแสงจัดว่าเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลผลิตที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีเป้าหมายทางคุณค่าต่อผู้บริโภค โดยกลไกการจัดการควบคุมการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการดูแลรักษาในแปลงปลูกจึงมีความสำคัญ โดยแสงมีผลกระทบต่อกระบวนการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตของพืช โดยเฉพาะปัจจัยด้านความเข้มแสง (light intensity) ความเข้มแสงที่สูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงในช่วงการถ่ายเทอิเล็กตรอนในระบบ Photosystem II ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Critchley, 1981) บนสภาวะเครียดจากแสงจะเกิดความไม่สมดุลระหว่างการรับแสงและการใช้ประโยชน์จากแสง (Huner et al., 1998) พืชจะสร้างสารอนุมูลอิสระขึ้นมีรายงานว่า แอนโทไซยานินในพืชจะช่วยปกป้องเซลล์จากสภาพแสงที่ผิดปกติ (Steyn et al., 2002) โดยจะช่วยกรองแสงไม่ให้ส่องทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อพืชและช่วยป้องกันอันตรายจากแสงที่จะไปทำลายคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Close and Beadle, 2003; Hada et al., 2003) แสงมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์สารแอนโทไซยานิน (Jaakola et al., 2004) ชักนำการแสดงออกของยีนในการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Mol, 1996; Jaakola, 2013; Feng et al., 2013) เมื่อแสงลดต่ำลงจะเกิดการยับยั้งกระบวนการถอดรหัสของยีนในวิถีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Fujita, 2007) ปัจจุบันมีการศึกษาผลของแสงต่อการสะสมสารแอนโทไซยานินในพืชหลากหลายชนิด อาทิเช่น ข้าวโพด (Singh et al., 1999) มันเทศ (Islam et al., 2005) ฤๅษีผสม (Nguyen and Cin, 2009) พิทูเนีย (Albert et al., 2009) เป็นต้น

ดังนั้นในการศึกษาการจัดการควบคุมระดับความเข้มของแสงด้วยการจัดการพรางแสงให้กับหนามแดงจึงเป็นแนวทางการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเป็นวิธีในการปรับใช้เพื่อการผลิตหนามแดงให้มีปริมาณสารแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นได้ผลผลิตที่มีคุณภาพในการนำไปแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าและสร้างมูลค่าเพิ่มในห่วงโซ่การผลิตสินค้าและผลิตภัณฑ์แปรรูปต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2566 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 3 กรรมวิธีฯ ละ 10 ซ้ำ มีระดับความเข้มแสง คือ ไม่พรางแสง พรางแสง 50 และ 70 % โดยใช้ต้นหนามแดงอายุ 5 ปี ปลูกลงดินในพื้นที่แปลงปลูก เริ่มต้นการพรางแสงในระยะต้นหนามแดงมีการพัฒนาของดอกโดยใช้ชาแลนสีค่าความเข้มแสงผ่านที่กำหนดข้างต้น มุ่งเป็นโครงหลักตั้งแต่ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อเนื่อง 3 เดือน การบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ความกว้างและความยาวผล องค์ประกอบทางเคมีในผลหนามแดงด้านค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณกรดซิตริก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์ ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธี spectrophotometry (Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2005)

4. ผลการวิจัย

การพัฒนาขนาดผล ด้านความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับการพร่างแสงในระดับที่แตกต่างกัน พบว่า ระดับการพร่างแสงไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวผลหนามแดง โดยความกว้างผลมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.66-17.66 mm. และความยาวผลมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 21.34-21.58 mm. (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของการพร่างแสงต่อความกว้างและความยาวผลหนามแดงที่ได้รับการพร่างแสงในระดับที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มแสง (%)	ความกว้างผล (mm.)	ความยาวผล (mm.)
ไม่พร่างแสง	16.66	21.58
พร่างแสง 50	17.53	21.34
พร่างแสง 70	17.66	21.57
F-test	ns	ns
Cv. (%)	6.48	6.36

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

คุณสมบัติทางเคมีในผล ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของผลหนามแดงที่ได้รับการพร่างแสงแตกต่างกัน พบว่า การพร่างแสงแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่างของผลหนามแดง ปริมาณกรดซิตริกในผลของต้นหนามแดงที่ได้รับการพร่างแสง 70 % มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 0.19 % ส่วนค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณแอนโทไซยานิน ต้นที่ไม่พร่างแสงและพร่างแสง 50% มีค่ามากกว่ากรรมวิธีที่พร่างแสง 70% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการพร่างแสงต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอนโทไซยานินของผลหนามแดงที่ได้รับการพร่างแสงในระดับที่แตกต่างกัน

ระดับความเข้มแสง (%)	ค่า pH	ปริมาณกรดซิตริก (%)	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°brix)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/g)
ไม่พร่างแสง	3.38	0.13b	12.33a	5.85a
พร่างแสง 50	3.31	0.15b	12.00a	6.04a
พร่างแสง 70	3.25	0.19a	8.53b	4.12b
F-test	ns	*	*	*
Cv. (%)	2.40	9.38	3.28	12.98

หมายเหตุ : ns - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

: * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.05$)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองผลของการพร่างแสงต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหนามแดง พบว่าผลของระดับการพร่างแสง 70% มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณกรดซิตริกในผลมีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ส่วนค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณแอนโทไซยานิน ต้นที่ไม่พร่างแสงและระดับพร่างแสง 50% มีค่ามากกว่ากรรมวิธีที่พร่างแสง 70% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในข้าวเจ้า (*Oryza sativa* L.) 4 สายพันธุ์ ทำการพร่างแสง 4 ระดับโดยใช้ตาข่ายพร่างแสงสีดำ ได้แก่ ปลูกโดยไม่พร่างแสง, พร่างแสงระดับ 30%, พร่างแสงระดับ 50% และพร่างแสงระดับ 70% พบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์มีปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดจะสูงสุดเมื่อทำการพร่างแสงระดับ 50% และจะลดลงมาเมื่อการพร่างแสงเพิ่มขึ้นไปที่ระดับ 70% (ตอนภา ผุสดี และนนทพัทธ์ ด้านปรีดานันท์, 2023) นอกจากนี้ความเข้มแสงที่ ลดลงจากการพร่างแสงมีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานิน ในใบข้าวเหนียวต่ำลดลง (กัญญากาญจน์ พูนศิริ และกัลยา กองเงิน, 2014) ส่วนปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการสร้างแอนโทไซยานินของพืชนอกจากพันธุกรรมแล้ว โดยได้แก่ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ได้แก่ แสง อุณหภูมิต่ำ ธาตุอาหาร และการขาดน้ำ เป็นต้น (Chalker-Scott, 1999) แสงมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์สารแอนโทไซยานิน (Jaakola et al., 2004) เนื่องจากแสงเป็นตัวส่งสัญญาณไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ เช่น เอนไซม์ฟีนิลอะลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส ซึ่งเป็นเอนไซม์ตัวแรกในวิถีการสังเคราะห์

(Arakawa et al., 1986) และชักนำการแสดงออกของยีนในการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Mol, 1996; Jaakola, 2013; Feng et al., 2013) เมื่อแสงลดต่ำลงจะเกิดการยับยั้งกระบวนการถอดรหัสของยีนในวิถีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Fujita, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่า แสงมีผลต่อสีของผลแอปเปิ้ลคือ ผลที่ได้รับแสงเต็มที่กับลูกที่อยู่บริเวณใต้ร่มของต้น ลูกที่ไม่ได้รับแสงจะมีสีแดงของเปลือกน้อยกว่าผลที่ได้รับแสงเต็มที่ เนื่องจากพืชได้รับแสงเพิ่มมากขึ้นจะเกิดการกระตุ้นยีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ให้สร้างและสะสมแอนโทไซยานินมากขึ้นตาม

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณงาน มูลฐานตามพันธกิจของหน่วยรับงบประมาณ (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนและการอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กัญญาภรณ์ พูนศิริ และ กัลยา กองเงิน. (2014). อิทธิพลของความเข้มแสงต่อสรีรวิทยาบางประการ และการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในใบข้าวเหนียวดำ. Graduate Research Conference 2014. 882-890.
- ตอนภา ผุสดี และนันทพัทธ์ ด้านปรีดานันท์. (2023). ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวดำในการตอบสนองต่อการพร่างแสงในผลผลิต ปริมาณแอนโทไซยานินและการแสดงออกของยีน. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2567, <http://cmuir.cmu.ac.th/jspui/handle/6653943832/78737>.
- สกุลกานต์ สิมลา. 2559. มะนาวให้: พืชในวรรณคดีไทยที่มากมายด้วยประโยชน์. แก่นเกษตร. 44(3) : 557-566.
- Albert, N.W., Lewis, D.H., Zhang, H., Irving, L.J., Paula, E., Jameson, P.E. and Davies, K.M. (2009). Light-induced vegetative anthocyanin pigmentation in *Petunia*. *Journal of Experimental Botany* 60: 2191-2202.
- Critchley, C. (1981). Studies on the mechanism of photoinhibition in higher plant. *Plant Physiol.*
- Chalker-Scott, L. (1999). Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses.
- Feng, F., M. Li, F.Ma and L. Cheng. 2013. Phenylpropanoid metabolites and expression of key genes involved in anthocyanin biosynthesis in the shaded peel of apple fruit in response to sun exposure. *Plant Physiology and Biochemistry* 69: 54-61.
- Fujita, A., N., Soma, N. Goto-Yamamoto, A. Mizuno, K. Kiso and K. Hashizume. (2007). Effect of shading on proanthocyanidin biosynthesis in the grape berry. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 76(2): 112-119.
- Jaakola, L. (2013). New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. *Trends in Plant Science* 18(9): 477-483.Feng et al., 2013
- Jaakola, L., A. Hohtola, S. Karenlampi and K. Maatta-Riihinen. (2004). Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. *Planta* 218:
- Kamlesh. P.,R. Jale, M. Singh and R. Kumar. (2010). Non-destructive evaluation of dimensional properties and physical characterization of *Carissa carandas* fruits. *International Journal of Emerging Sciences*. 2: 321-327.
- Mol, J., G. Jenkins, E. Schafe and D. Weiss. (1996). Signal perception, transduction, and gene expression involved in anthocyanin biosynthesis. *Critical Reviews in Plant Sciences*15: 525-557.
- Nguyen, P. and V.D. Cin. (2009). The role of light on foliage colour development in coleus (*Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd). *Plant Physiology and Biochemistry* 47: 934-945.
- Singh, A., M.T. Selvi, and R. Sharma. (1999). Sunlight- induced anthocyanin pigmentation in maize vegetative tissue. *Journal of Experimental Botany* 50: 1619-1625.Islam et al., 2005

คุณภาพและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของมะແหลบ (*Heracleum siamicum* Craib) จาก 5 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

พัชรราวดี วัฒนวิทย์กิจ¹ และ ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ^{2*}

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

² สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 ต. พิชัย อ. เมือง จ. ลำปาง 52000

*patr99@hotmail.com, 085-0562339

บทคัดย่อ

มะແหลบ (*Heracleum siamicum* Craib) เป็นพืชเครื่องเทศที่ปลูกกันมากในภาคเหนือของไทย อีกทั้งมะແหลบเป็นสมุนไพรที่มีองค์ประกอบสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามากมาย แต่ฐานข้อมูลขององค์ประกอบสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (AOX) ของมะແหลบที่ปลูกในพื้นที่ต่างๆ ในเขตภาคเหนือมีอยู่ค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้ จึงศึกษาคุณภาพและค่า AOX ของมะແหลบจากแหล่งปลูกธรรมชาติใน 5 จังหวัด ได้แก่ ลำปาง เชียงใหม่ แพร่ พะเยา และเชียงราย โดยพบว่าผลมะແหลบจากจังหวัดเชียงรายและจังหวัดลำปาง มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 11 ผลมะແหลบจังหวัดลำปาง เชียงใหม่ และพะเยา มีค่า AOX โดยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ และ BHA สูงสุด (ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3,344.26-4,000.36 มิลลิกรัม/100 กรัม) และมีค่า AOX โดยวิธี ABTS⁺ สูงสุด (ค่าเฉลี่ยระหว่าง 944.80-4,953.90 มิลลิกรัม/100 กรัม) ผลมะແหลบจากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย มีสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ สูงสุดโดยมีปริมาณเฉลี่ย 173.27 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/100 กรัม และ 8.16 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่า AOX โดยวิธี DPPH เทียบกับ BHT ที่มีอยู่สูงสุด (13,200.78 มิลลิกรัม/100 กรัม)

คำสำคัญ มะແหลบ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

Quality and Antioxidant Property of Mahleab (*Heracleum siamicum* Craib) Grown in Five Province of the Upper Northern Region

Patcharawadee wattanawikit¹ and Pattharaporn Srisamatthakarn^{2*}

¹Department of Biology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University Hua-mark Bangkok, Bangkok 10240

²Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, 202 Pichai, Mueang, Lampang 52000

*Corresponding author: patr99@hotmail.com, 085-0562339

Abstract

Ma-Lhab (*Heracleum siamicum* Craib) is a spice plant that is widely grown in northern Thailand. Moreover, it is the herbs containing various important substances that have many pharmacological effects. However, there is nearly no information about database of important substance components and antioxidant activity (AOX) of Ma-Lhab grown in various areas in the northern region of Thailand. The quality and AOX of Ma-Lhab fruits obtained from five natural growing provinces of Lampang, Chiangmai, Phrae, Payao and Chiangrai were investigated in this research. The result showed that the Ma-Lhab fruits obtained from Chiangrai and Lampang provinces contained moisture content at less than 11%. Ma-Lhab fruits obtained from Lampang, Chiangmai and Payao provinces had the highest DPPH-radical scavenging activity based on Trolox and BHT standard substance (average between 3,344.26-4,000.36 mg/100 g). They also contained the highest ABTS⁺-radical scavenging activity (average between 944.80-4,953.90 mg/100 g). Samples collected from Mueang district, Chiang Rai province had the greatest phenolic compound and flavonoid at an average of 173.27 mg Gallic acid/100 g and 8.16 mg/100 g, respectively, which corresponded to the greatest AOX value by DPPH based on BHT (13,200.78 mg/100 g).

Keywords: *Heracleum siamicum* Craib, Phenolic, Flavonoid, Antioxidant activity

1. บทนำ

มะแหลบ (*Heracleum siamicum* Craib. ชื่อพ้อง *Heracleum barmanicum* Kurz) มะแหลบเป็นพืชท้องถิ่นที่พบมากในภาคเหนือของประเทศไทย เมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศของอาหารเหนือ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีรสขมและเผ็ดเล็กน้อย จึงใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารโดยผสมในเครื่องแกงหรือน้ำพริกต่างๆ ภาคเหนือนิยมใส่ผลมะแหลบในน้ำพริกลาบหรือเครื่องลาบ เพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสของลาบพื้นบ้านและดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ ลาบจึงมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์มีความแตกต่างจากอาหารภาคอื่นๆ (ชลดาสามพันธ์, วินัย สมประสงค์, และปาริฉัตร สังข์สะอาด, 2557; ศูนย์สนเทศภาคเหนือ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, มปป) มะแหลบมีสรรพคุณเป็นพืชสมุนไพร ในประเทศอินเดียกินส่วนที่เป็นราก ใช้เป็นยาบำรุงและยาแก้ไข้ ประเทศไทยใช้ผลมะแหลบเป็นส่วนประกอบในยาไทยแผนโบราณ ใช้เป็นยาขับลม บำรุงกำลัง บำรุงธาตุ ช่วยย่อยอาหาร แก้ท้องอืดเพื่อในเด็ก แก้เสมหะพิการ แก้โรคกำเดา ระวังอาการเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ แก้เส้นท้องพิการ เพิ่มปริมาณการหายใจ และช่วยลดความดันโลหิต มีรายงานว่า น้ำมันหอมระเหยของผลมะแหลบมีสาร n-octyl acetate, DL-limonene, 8-heptadecene, linalool และ trans-anethole ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Escherichia coli*, *Krebsiella pneumoniae* และ *Vibrio cholera* (กิริติ ตันเรือน, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuljanabthagavad, Sriubolmas, & Ruangrunsi (2011) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยของผลมะแหลบประกอบด้วย n-octyl acetate (65.30%), o-cymene (10.35%) limonene (7.52%), δ -2-Carene (6.87%), cis-thujone (1.92%), isobornyl acetate (0.94%), n-octanol (0.73%), 1,8-cineol (0.62%), n-tridecanol (0.44%) และ safrole (0.37%) ซึ่งสารประกอบกลุ่มนี้มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อราบางชนิดได้ (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans*) นอกจากนี้ มีรายงานว่าพืชสกุลมะแหลบหลายชนิดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ต่างๆ ซึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบสารสำคัญต่างๆ (Işcan, Ozek, Duran, & Baser, 2004) ในประเทศไทยมีรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลมะแหลบมีค่า AOX โดยวิธี DPPH เทียบกับสารไตรลอกซ์ 0.68 ไมโครโมล ซึ่งต่ำกว่าน้ำมันหอมระเหยมะแขวนที่มี 13.62 ไมโครโมล (นลิน วงศ์ขัตติยะ, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง, รุ่งทิพย์ กาวารี, และเกรียงศักดิ์ ภูติพิทย, 2559) ต่อมา มีรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากผลมะแหลบมีค่า AOX โดยวิธี DPPH และ ABTS⁺ ร้อยละ 18-20 Thanaseelungkoon, Jakaphun, Phannachet, & Chansakaow, 2018) จากข้อมูลงานวิจัยต่างๆ จะเห็นได้ว่า พืชสกุลมะแหลบมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมอาหารและสมุนไพร แต่รายงานฐานข้อมูลสากลเกี่ยวกับองค์ประกอบสารสำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะแหลบที่ปลูกในพื้นที่ต่างๆ มีอยู่ค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะศึกษาคุณภาพทางกายภาพ-เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะแหลบที่ได้จากแหล่งปลูกในภาคเหนือตอนบน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 1 ลักษณะของผลของมะแหลบ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มีรายงานว่าพืชสมุนไพรสกุลมะแหลบ (*Heracleum spp.*) มีองค์ประกอบสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามากมาย เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านจุลินทรีย์และไวรัส และมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งต่างๆ (Işcan, Ozek, Duran, & Baser, 2004; Bahadori, Dinparast, & Zengin, 2016) เช่นเดียวกับที่มีการรายงานว่ามะแหลบ หรือในจังหวัดกาญจนบุรี เรียกชื่อ เทียนตักแตน มะแหลบเป็นพืชเครื่องเทศพื้นเมืองที่พบมากทางภาคเหนือของไทย เช่น จังหวัดน่าน พะเยา แพร่ เชียงราย ลำปาง แม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่ เป็นต้น มะแหลบประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีฤทธิ์ต่อต้านจุลินทรีย์ และมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามากมาย (กิริติ ต้นเรือน, 2551; Kuljanabagavad, Sriubolmas, & Ruangrunsi, 2011) ผลมะแหลบมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวเนื่องจากประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยต่างๆ จึงมีการนำไปใช้เป็นเครื่องเทศโดยชาวเหนือนิยมนำไปปรุงเป็นเครื่องลาบที่มีกลิ่น และรสชาติแตกต่างกันไปตามแหล่งพื้นที่ปลูก มะแหลบจึงเป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่ไม่สามารถหาได้ในพื้นที่ทั่วไป เนื่องจากเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ในพื้นที่ปลูกที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลที่มีความสูงตั้งแต่ 600 เมตรขึ้นไป ปัจจุบันปริมาณผลผลิตของมะแหลบเริ่มมีจำนวนจำกัดและหาได้ยากมากเนื่องจากมีการบุกรุกเผาป่าเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ผลผลิตมะแหลบในท้องตลาดขาดแคลน ราคาของมะแหลบจึงเพิ่มสูงขึ้นโดยราคาปัจจุบันเท่ากับ 1,000-1,200 บาทต่อกิโลกรัม ปัจจุบันพื้นที่ปลูกมะแหลบในเขตภาคเหนือเริ่มหาค่อนข้างยาก และยังไม่มีการศึกษาการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์และสายพันธุ์ต้นมะแหลบที่มีองค์ประกอบ และสารออกฤทธิ์สำคัญอย่างจริงจัง จึงอาจจะทำให้พันธุ์กรรมมะแหลบสูญหายไปได้ ประกอบกับรายงานฐานข้อมูลขององค์ประกอบสารสำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะแหลบที่ปลูกในพื้นที่ต่างๆ มีอยู่ค่อนข้างน้อย

ดังนั้น การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ-เคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะแหลบที่ได้จากแหล่งปลูกในภาคเหนือตอนบน จะทำให้ได้ฐานข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีและสารสำคัญต่างๆ ในผลมะแหลบในเขตภาคเหนือตอนบน สำหรับพัฒนาการใช้ทรัพยากรพืชเครื่องเทศและสมุนไพรธรรมชาติที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยเพิ่มมูลค่าและสามารถพัฒนาศักยภาพสู่การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรในเชิงพาณิชย์ได้ อีกทั้งเป็นการช่วยอนุรักษ์พันธุ์กรรมสมุนไพรพื้นบ้านที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ และมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาสูง ไม่ให้สูญหายไปจากประเทศไทย และยังสามารถพัฒนาการผลิตมะแหลบให้เป็นพืชเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเองของเกษตรกรได้อย่างยั่งยืนในอนาคต รวมทั้งได้ข้อมูลพื้นฐานของสารออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในมะแหลบสำหรับต่อยอดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รวบรวมผลมะแหลบที่แก่จัดที่หาซื้อจากแหล่งผลิต 5 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง แพร่ (3 แหล่ง คือ ตลาดห้วยอ้อ ตลาดสดเทศบาลอำเภอเมือง และบ้านป่าแดง อำเภอเมือง) พะเยา และเชียงราย (2 แหล่ง คือ ตลาดเทศบาลเมือง อำเภอเมือง และอำเภอพาน) นำผลมะแหลบมาผึ่งไว้บนาน 14 วัน บรรจุถุงสุญญากาศ เก็บไว้ที่ห้องอุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

3.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) ของแห้งทั้งหมด (Total solid) ดัดแปลงจาก AOAC, (2000) สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) ในรูปกรดแกลลิก (Gallic acid equivalent, GAE) โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method (ดัดแปลงจาก Sellappan, Akoh, & Krewer, 2002) และสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เทียบกับ Quercetin (ดัดแปลงจาก Pekal, & Pyrzyńska, 2014)

3.3 วิเคราะห์ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay และวิธี ABTS⁺ [2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)] assay เทียบกับสารมาตรฐานโทร็อกซ์หรือวิตามินอีสังเคราะห์ (Trolox equivalent), BHA (Butylate hydroxyl anisole) และ BHT (Butylate hydroxyl anisole) ซึ่งเป็นสารกันหืนหรือสารต้านการเกิดออกซิเดชันสังเคราะห์ ดัดแปลงวิธีการจาก Sakanaka, Tachibana, & Okada (2005) และ Nanasombat, & Wimuttigol (2011)

3.4 รวบรวมข้อมูลคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) โดยวิธีของ Cochran, & Cox (1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 15 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ผลการวิจัย

ผลมะแห้งที่ได้จากบ้านป่าแดง จังหวัดแพร่ มีปริมาณความชื้นสูงสุดที่ร้อยละ 12.43±0.18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และยังส่งผลให้ผลมะแห้งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำสุดร้อยละ 87.57±0.18 ส่วนผลมะแห้งที่ได้จากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายมีปริมาณความชื้นต่ำสุด และมีของแข็งทั้งหมดสูงสุดคือร้อยละ 9.06±0.06 และ 90.94±0.06 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 ถึงแม้ว่าผลมะแห้งที่ได้จากบ้านป่าแดง จังหวัดแพร่ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำสุด แต่มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุดเท่ากับ 10.23±1.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาพบสารฟลาโวนอยด์ระดับสูงในผลมะแห้งจากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และจากบ้านป่าแดง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ด้านสารประกอบฟีนอลิกพบปริมาณสูงสุดในผลมะแห้งจากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ที่มีอยู่ในปริมาณ 173.27±15.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (น้ำหนักเปียก) เทียบกับกรดแกลลิก รองลงมาคือ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และตลาดเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า แหล่งปลูกของมะแห้ง หรือแหล่งผลิตที่แตกต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระบางประการ แม้ว่าแหล่งผลิตมะแห้งจะอยู่ในจังหวัดเดียวกันก็ตาม ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากสภาพดินฟ้า อากาศ และดินที่ปลูกอาจจะมีธาตุอาหารต่างๆ ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในผลมะแห้ง 100 กรัม

แหล่งผลิตมะแห้ง	ความชื้น (%)	ของแข็งทั้งหมด (%)	สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/100 g)	ฟลาโวนอยด์ (mg QER/100 g)
1) เชียงใหม่	10.71±0.04 d	89.28±0.04 c	118.12±14.68 cd	4.45±0.28 e
2) ลำปาง	10.23±0.02 e	89.76±0.02 b	112.18±11.96 d	4.27±0.30 e
3) พะเยา	10.70±0.28 d	89.29±0.28 c	139.97±29.03 bc	5.71±0.23 d
4) แพร่				
- ตลาดเทศบาลอำเภอเมือง	11.23±0.03 b	88.77±0.03 e	138.69±11.37 bc	5.82±0.38 d
- ตลาดห้วยอ้อ อำเภอเมือง	10.99±0.03 c	89.01±0.03 d	126.74±8.76 bcd	7.22±1.29 bc
- บ้านป่าแดง อำเภอเมือง	12.43±0.18 a	87.57±0.18 f	110.72±17.05 d	10.23±1.46 a
5) เชียงราย				
- อำเภอเมือง	9.06±0.06 f	90.94±0.06 a	173.27±15.27 a	8.16±0.42 b
- อำเภอพาน	10.09±0.06 e	89.91±0.06 b	114.85±9.46 b	6.24±1.17 cd
% C.V.	8.72	1.04	18.20	31.06

a, b,... ตัวอักษรที่ต่างกันแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (p<0.05)

X ± S.D หมายถึง ตัวเลขค่าเฉลี่ย ± SD (Standard deviation)

ด้านฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) พบว่าผลมะແหลบที่ได้จากจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และ จังหวัดพะเยา มีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH เทียบกับ Trolox และ BHA สูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่า 3,399.90±111.94, 3,344.26±143.80 และ 3,549.57±300.93 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เทียบกับโทรลอกซ์ และ 3,807.95±145.67, 3,739.96±189.79 และ 4,000.36±388.29 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เทียบกับสาร BHA ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 ส่วนผลมะແหลบจากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายมีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH เทียบกับสาร BHT สูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 13,200.78±411.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ที่พบระดับสูงในผลมะແหลบจากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ตารางที่ 2 ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในผลมะແหลบ 100 กรัม

แหล่งผลิตมะແหลบ	Antioxidant activity ± SD (mg/100 กรัม) by DPPH assay		
	as Trolox	as BHA	as BHT
1) เชียงใหม่	3,399.90±111.94 a	3,807.95±145.67 a	5,075.93±268.34 d
2) ลำปาง	3,344.26±143.80 a	3,739.96±189.79 a	3,181.14±105.12 e
3) พะเยา	3,549.57±300.93 a	4,000.36±388.29 a	5,435.39±887.48 d
4) แพร่			
- ตลาดเทศบาลอำเภอเมือง	2,234.93±99.27 bcd	2,339.92±113.57 bcd	12,166.26±573.94 b
- ตลาดห้วยอ้อ อำเภอเมือง	2,265.57±128.26 bc	2,366.09±149.67 bc	12,312.38±751.86 b
- บ้านป่าแดง อำเภอเมือง	2,027.11±79.14 d	2,058.30±97.20 d	10,810.98±480.97 c
5) เชียงราย			
- อำเภอเมือง	2,408.36±64.46 b	2,547.35±84.72 b	13,200.78±411.15 a
- อำเภอพาน	2,133.36±115.31 cd	2,202.54±134.98 cd	11,504.76±677.11 bc
% C.V.	23.35	27.48	31.22

a, b,... ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p < 0.05$)

X ± S.D หมายถึง ตัวเลขค่าเฉลี่ย ± SD (Standard deviation)

ด้านฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS⁺ พบว่าให้ผลสอดคล้องกับค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH คือ ผลมะແหลบที่ได้จากจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยามีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เทียบกับ Trolox, BHA และ BHT สูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 959.94±48.69, 944.80±64.52 และ 996.89±130.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เทียบกับโทรลอกซ์ มีค่า 1291.09 63.80, 1271.04±84.40 และ 1339.57±170.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เทียบกับสาร BHA และมีค่า 4,807.48±190.63, 4,741.16±248.06 และ 4,953.90±515.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เทียบกับสาร BHT ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS⁺ ในผลมะແหลบ 100 กรัม

แหล่งผลิตมะແหลบ	Antioxidant activity \pm SD (mg/100 กรัม) by ABTS ⁺ assay		
	as Trolox	as BHA	as BHT
1) เชียงใหม่	959.94 \pm 48.69 a	1,291.09 \pm 63.80 a	4,807.48 \pm 190.63 a
2) ลำปาง	944.80 \pm 64.52 a	1,271.04 \pm 84.40 a	4,741.16 \pm 248.06 a
3) พะเยา	996.89 \pm 130.13 a	1,339.57 \pm 170.70 a	4,953.90 \pm 515.72 a
4) แพร่			
- ตลาดเทศบาลอำเภอลอง	623.36 \pm 138.70 b	847.83 \pm 182.64 b	3,419.15 \pm 571.72 b
- ตลาดห้วยอ้อ อำเภอลอง	654.24 \pm 16.05b	889.11 \pm 21.84 b	3,565.96 \pm 89.53 b
- บ้านป่าแดง อำเภอเมือง	241.56 \pm 45.96 d	347.32 \pm 60.16 d	1,917.54 \pm 177.82 d
5) เชียงราย			
- อำเภอเมือง	391.83 \pm 68.54 c	544.60 \pm 90.00 c	2,517.36 \pm 274.24 c
- อำเภอพาน	406.55 \pm 78.81 c	563.53 \pm 104.43 c	2,563.80 \pm 345.15 c
% C.V.	34.00	32.54	32.50

a, b,... ตัวอักษรที่ต่างกันแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p < 0.05$)

X \pm S.D หมายถึง ตัวเลขค่าเฉลี่ย \pm SD (Standard deviation)

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะແหลบที่ได้จากแหล่งปลูกในภาคเหนือตอนบนสรุปได้ว่า ผลมะແหลบจากจังหวัดเชียงรายและจังหวัดลำปาง มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 11 และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดระดับสูงกว่าผลผลิตที่ได้จากแหล่งปลูกอื่นๆ ด้านองค์ประกอบสารสำคัญที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าผลมะແหลบที่ได้จากจังหวัดเชียงราย โดยเฉพาะอำเภอเมืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ระดับสูง เช่นเดียวกับผลมะແหลบที่ได้จากบ้านป่าแดง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่มีสารฟลาโวนอยด์สูงสุด สารประกอบกลุ่มนี้มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่ทำหน้าที่ในการหน่วงเหนี่ยวหรือเป็นสารต้านปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ได้ จึงช่วยลดปฏิกิริยาถูกโฆของอนุมูลอิสระได้ (Sakanaka, Tachibana, & Okada, 2005; Nanasombat, & Wimuttigisol, 2011) ดังนั้นผลมะແหลบจากจังหวัดเชียงราย และจังหวัดแพร่ จึงมีสารออกฤทธิ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารกันหืนธรรมชาติได้ดีกว่าผลมะແหลบจากจังหวัดอื่นๆ

ผลการศึกษาด้านค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระพบว่าให้ผลสอดคล้องกันคือ ผลมะແหลบที่ได้จากจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยามีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอคซ์ (วิตามินอีสังเคราะห์) และสารกันหืน BHA ระดับสูง (ตารางที่ 2) ส่วนค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเทียบกับสารกันหืน BHT พบค่าสูงในผลมะແหลบที่ได้จากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ได้สอดคล้องกับสารประกอบฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งพบระดับสูงในผลมะແหลบจากแหล่งอำเภอเมือง เชียงราย (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu, และคนอื่นๆ (2021) ที่รายงานว่า BHT เป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่ยิยมใช้เติมในอาหารต่างๆ เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ด้านค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS⁺ (ตารางที่ 2) มีผลสอดคล้องกับค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH คือผลมะແหลบจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยามีค่าระดับสูง ดังนั้นผลมะແหลบจากทั้งสามจังหวัดนี้ มีสมบัติในการต้านออกซิเดชันสูง จึงสามารถนำไปพัฒนาหรือใช้ประโยชน์เป็นสารกันหืนธรรมชาติได้ดีกว่าผลมะແหลบจังหวัดเชียงรายและแพร่

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุน และการอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กีรติ ต้นเรือน. (2551). การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศในการยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ. ปรินญาณิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชลลดา สามพันพวง, วินัย สมประสงค์, และปาริฉัตร สังข์สะอาด. (2557). รายงานการวิจัย เรื่อง ศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์เพื่อบันทึกลักษณะ เพื่อประโยชน์ในการคุ้มครองพันธุ์พืช ตามกฎหมายในการคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ.
- นลิน วงศ์ชัตติยะ, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง, รุ่งทิพย์ กาวารี, และเกรียงศักดิ์ ภูติทิพย์. (2559). รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาคูณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคที่มาจากอาหารและแอนติออกซิแดนของสมุนไพรและเครื่องเทศของไทย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ศูนย์สนเทศภาคเหนือ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (มปป.). มะแหลบ. สืบค้น มิถุนายน 3, 2567 จาก https://lannainfo.library.cmu.ac.th/lannafood/detail_ingredient.php?id_ingredient=245.
- AOAC. (2000). *The Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists*. 17th Edition. USA: Washington D.C.
- Bahadori, M.B., Dinparast, L., & Zengin, G. (2016). The Genus *Heracleum*: A comprehensive review on its phytochemistry, pharmacology, and ethnobotanical values as a useful herb. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 1018-1039.
- Cochran, W.G., & Cox, G.M. (1992). *Experimental Designs* (2nd ed). The United State of America: John Wiley & Sons.
- Işcan, G., Ozek, T., Duran, A., & Baser, K.H.C. (2004). Essential oils of tree species of *Heracleum* anticandidal activity. *Chemistry of Natural Compounds*, 40, 544–547.
- Kuljanabhagavad, T., Sriubolmas, N. & Ruangrunsi, N. (2011). Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of essential oil from *Heracleum siamicum* Craib. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 45(3), 178-182.
- Nanasombat, S., & Wimuttigosol, P. (2011). Antimicrobial and antioxidant activity of spice essential oils. *Food Science and Biotechnology*, 20, 45–53.
- Pekal, A., & Pyrzyńska, K. (2014). Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*, 7(9), 1776-1782.
- Sakanaka, S., Tachibana, Y., & Okada, Y. (2005). Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinohacha). *Food Chemistry*, 89: 569-575.
- Sellappan, S., Akoh, C.C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grow blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2432-2438.
- Xu, X., et al. (2021). Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food chemistry*, 353, 129488.

ผลของการเติมแป้งและควินัวต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์นั้กเก็ตไก่

นภาพร ดีสนาม^{1*} รัตชนากร แก้วคำมา² นิชาภา คำเครือ³ ชีรวัดน์ เทพใจภาส⁴ และชนิชา จินาการ⁵

^{1 2 3 4 5} สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail: mamnapadee@rmutl.ac.th, 0894334135

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นั้กเก็ตไก่ด้ว้การศึกษาการเติมแป้ง 4 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี วิเคราะห์ปริมาณความชื้น องค์ประกอบเนื้อสัมผัส และทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point hedonic scales ของผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำสูตรที่เหมาะสมมาศึกษาการเติมเจลาตินบุงุร้อยละ 0 และ 10 ร่วมกับควินัวร้อยละ 2 และ 5 วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in CRD จากการทดลองการเติมแป้งมันสำปะหลังช่วยปรับปรุงคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส การเติมควินัวร้อยละ 5 ช่วยปรับปรุงความยืดหยุ่น การเชื่อมติด การเคี้ยวให้ดีขึ้น และได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด และพบว่าผลิตภัณฑ์นั้กเก็ตไก่สูตรที่ได้จากการพัฒนาในครั้งนี้ มีร้อยละของโปรตีนและเส้นใยหยาบสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: นั้กเก็ตไก่, ควินัว, เจลาติน, หม้อทอดไร้น้ำมัน, แป้งมันสำปะหลัง

Effects of Addition Flour and Quinoa on Chicken Nugget Product Qualities

Napaporn Deesanam^{1*} Ratchanakorn Kaewkhamma² Nichapa Khamkruea³
Teeravat Tepjaikad⁴ and Chanicha Jinakarn⁵

Department of Agro-industry Faculty of Science and Agricultural Technology,
Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang
200 Moo 17 Tumbol Phichai Muang Lampang Province 52000 Thailand

*E-mail: mamnapadee@rmutl.ac.th, 0894334135

Abstract

This research aimed to improve the texture of chicken nugget products by investigating the addition of four types of flour: corn flour, rice flour, tapioca flour, and wheat flour. The moisture content, texture components, and sensory preference using 9-point hedonic scale were used in this study. Then appropriate formula was selected for the study of the addition of 0% and 10% konjac flour gel combined with 2% and 5% quinoa, using 2x2 factorial design in Completely Randomized Design (CRD). It was found that adding tapioca flour improved sensory preference scores, while adding 5% quinoa improved springiness, cohesiveness and chewiness resulting in the highest overall preference scores. Additionally, chicken nuggets produced from the developed formula had significantly higher protein and crude fiber percentages than the control formula ($p \leq 0.05$).

Keywords: Chicken Nuggets, Quinoa, Konjac gel, Oil-free fryer, Tapioca flo

1. บทนำ

นักเก็ตไก่เป็นอาหารพร้อมบริโภคหรืออาหารว่างที่มีเส้นใยอาหารต่ำ และได้รับความนิยมสูง (กัญญา, 2560) ปัจจุบันผู้บริโภคกลุ่มรักสุขภาพได้หันมาให้ความสนใจความสนใจบริโภคอาหารจากแหล่งพืชธรรมชาติมากขึ้นโดยเพิ่มเข้าไปในส่วนผสมของสูตรอาหาร ช่วยเสริมฤทธิ์ทางชีวภาพ และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งการเสริมหรือทดแทนผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในสูตรนักเก็ตไก่ อาจส่งผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นคุณลักษณะสำคัญของการบริโภค ดังนั้นจึงได้ศึกษาการใช้แป้งที่เหมาะสมในการผลิตนักเก็ตไก่ เพื่อช่วยยืดเกาะส่วนผสมต่าง ๆ ปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น และศึกษาการเติมควินัวที่เหมาะสมโดยใช้แหล่งโปรตีนพืชที่มีกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกายสูงและเจลาตินเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคกลุ่มรักสุขภาพ และสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพิ่มขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ควินัว (Quinoa) เป็นพืชตระกูลข้าวที่มีโปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ธาตุเหล็ก และไขมันชนิดดีที่จำเป็นต่อร่างกาย มีคอเลสเตอรอลต่ำ มีเส้นใยอาหาร (Fiber) มากกว่าข้าวกล้องถึง 2 เท่า ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ควบคุมระบบการย่อยอาหารได้ดี ป้องกันและบรรเทาอาการท้องผูก (Jacobsen, 2019) จากการศึกษาผลการใช้แป้งควินัวแทนที่แป้งสาลีเสริมผงขมิ้นชันต่อสมบัตินักเก็ตปลา (ภทิรา และวราจกนา, 2564) พบว่าการใช้แป้งควินัวแทนที่แป้งสาลีร้อยละ 50 ทำให้นักเก็ตปลามีลักษณะเนื้อสัมผัสและคาร์บอนิลการสูญเสียระหว่างการปรุงสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การใช้แป้งควินัวส่งผลให้แป้งชุบทอดมีความเหนียวเพิ่มขึ้น

แป้งบุก (Konjac flour) มีสารกลูโคแมนแนน (Glucomanan) ซึ่งเป็นเส้นใยอาหารธรรมชาติ (Natural dietary fiber) ที่ละลายได้ในน้ำ มีลักษณะเป็นเจลที่ข้นเหนียว บุกมีประโยชน์ต่อสุขภาพที่ช่วยในการควบคุมน้ำหนัก ลดน้ำตาลในเลือด และคอเลสเตอรอล นิยมใช้เป็นสารทดแทนไขมัน (Fat replacer) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่ให้มีเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น และลดการใช้ไขมันในการทอดด้วยการใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน ซึ่งหม้อทอดไร้น้ำมันได้รับความนิยมอย่างมากในครัวเรือนปัจจุบัน หลักการทำงานของหม้อโดยพลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นลมร้อนที่อุณหภูมิสูง ความร้อนส่งผลให้กรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ทำให้อาหารมีสีน้ำตาล เกิดกลิ่นและรสชาติเป็นที่ต้องการแก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพเนื่องจากอาหารสุกโดยปราศจากไขมันหรือน้ำมัน ดังนั้นจึงได้ศึกษาการใช้ชนิดของแป้งที่เหมาะสมในสูตรพื้นฐานเดิม และศึกษาผลของการเติมเจลาตินและควินัวต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่ เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เพิ่มทางเลือกสำหรับผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ รวมถึงเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์นักเก็ตให้มากขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่

1.1 เตรียมวัตถุดิบและส่วนผสม โดยเตรียมเนื้ออกไก่ร้อยละ 100 (หมายถึง หากใช้เนื้ออกไก่ 1 กิโลกรัมคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์) (บริษัทสยามแม็คโคร อ.เมือง จ.ลำปาง) หมอหั่วใหญ่ น้ำตาล เกลือป่น พริกไทยดำ ซีอิ๊วขาว และโปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 10 2.0 1 1.4 1.2 และ 1 ของน้ำหนักเนื้อไก่ ตามลำดับ (สูตรควบคุม) เตรียมแป้ง 4 ชนิดได้แก่ แป้งข้าวโพด (สูตรควบคุม) แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวสาลีเนกประสงค์ เติมน้ำร้อยละ 10 ของน้ำหนักเนื้อไก่ สูตรควบคุมมาจาก (วิภาวรรณและอังค์วรา, 2556)

1.2 วิธีการผลิตนักเก็ตไก่ บดเนื้อไก่กับหมอหั่วใหญ่สับละเอียดด้วยเครื่องผสมประมาณ 3 นาที เติมน้ำตาล เกลือป่น พริกไทยดำ ซีอิ๊วขาว โปรตีนถั่วเหลือง และชนิดของแป้งที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวสาลีเนกประสงค์ บดผสมประมาณ 5 นาที ชั่งมวลเหนียวประมาณ 10 กรัมในถุงพลาสติกชนิดร้อน ริดเป็นแผ่นและตัดให้มี

รูปร่างสี่เหลี่ยม กว้าง x ยาว x หนา ประมาณ 2.5x2.5x2.0 เซนติเมตร (วิภาวรรณและอังคณา, 2556) นำไปอบด้วยหม้อทอดไร้น้ำมัน (ยี่ห้อTefal ; รุ่น EY401866, ประเทศจีน) ใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที (จำนวน 20 ชิ้นต่อครั้ง) ทำ 3 ซ้ำ การทดลอง

1.3 วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการหาปริมาณความชื้น AOAC (2000) วิเคราะห์องค์ประกอบเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ด้วย Texture analyzer (TA.XT plus; USA) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design (CRD) และทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสแบบ (9-point hedonic scales) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 50 คน (ช่วงอายุ 20-22 ปี เพศชายร้อยละ 20 เพศหญิงร้อยละ 80)

1.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMNRT) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

2. ศึกษาการเติมเจลบุกและควินัวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่

2.1 เตรียมเจลบุก โดยละลายผงบุก (ร้านปิ่นทรัพย์ จ.เชียงใหม่) ร้อยละ 4 ในน้ำสะอาดร้อยละ 93 เพิ่มอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที จากนั้นเติมแซนแทนกัม (ร้านนครกิโลเซ็นเตอร์ จ.ลำปาง) ร้อยละ 3 คนตลอดเวลาประมาณ 5 นาที เมื่อสารละลายแบ่งเซตตัวเป็นเจล จึงนำไปแช่เย็น (อภิรดา, 2565)

2.2 เตรียมควินัว โดยซังควินัว 1 ส่วน (ร้านนครกิโลเซ็นเตอร์ จ.ลำปาง) ล้างด้วยน้ำสะอาด กรองเอาน้ำล้างออกและเติมน้ำสะอาด 3 ส่วน จากนั้นต้มจนเดือดประมาณ 15 นาที และแช่เย็น (ครัวป่ายูง, ม.ป.ป)

2.3 เตรียมวัตถุดิบและส่วนผสมดังข้อ 1.1 โดยนำสูตรชนิดของแป้งที่เหมาะสมจากข้อ 1. มาศึกษาการเติมเจลบุก 2 ระดับ ร้อยละ 0 และ 10 ของน้ำหนักเนื้อไก่ร่วมกับการเติมควินัว 2 ระดับ ร้อยละ 2 และ 5 ของน้ำหนักเนื้อไก่ ผลิตภัณฑ์ดังข้อ 1.2 ทำ 3 ซ้ำการทดลอง

2.4 วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ดังข้อ 1.3 วางแผนการทดลอง 2x2 Factorial in CRD จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติดังข้อ 1.4

3. นำสูตรที่เหมาะสมจากข้อ 2. มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน เส้นใยอาหาร ความชื้น และเถ้า (AOAC, 2000) ของผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่สูตรควบคุมและสูตรที่พัฒนาแล้ว จากนั้นทดสอบความแปรปรวนทางสถิติด้วย T- test ทำ 3 ซ้ำการทดลอง

4. ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเนื้อสัมผัสและความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งต่างกัน 4 ชนิด พบว่า ทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่มีค่าความแข็ง (Hardness) อยู่ในช่วง 177.50-204.63 นิวตัน ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) อยู่ในช่วง 0.84-0.85 ค่าการเกาะติด (Cohesiveness) อยู่ในช่วง 0.35-0.37 ค่าความเหนียว (Gumminess) อยู่ในช่วง 64.35-79.65 ค่าการเคี้ยว (Chewiness) อยู่ในช่วง 54.44-69.26 และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 56.95-59.34

จากตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่สูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส กลิ่นรส สี ความชอบโดยรวม มากที่สุด ($p \leq 0.05$) ส่วนนักเก็ตไก่สูตรที่เติมแป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลีเอนกประสงค์ ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Pereira et. al. (2020) ศึกษาอิทธิพลของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลังต่อคุณลักษณะและคุณภาพไส้กรอกสุก พบว่า การใช้แป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าร้อยละของการทำให้สุก (cooking yield) มากที่สุด และมีค่า

ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัสน้อยกว่าสูตรที่เติมแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และสูตรควบคุมที่ไม่เติมแป้ง ($p < 0.05$) โมเลกุลของเม็ดแป้งมันสำปะหลังสามารถจับตัวกับน้ำเมื่อได้รับความร้อนส่งผลให้เกิดการพองตัวของขบวนการเจลลาติไนซ์ (gelatinization) เจลของแป้งจะผสมกับโปรตีนทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง (hardness) ได้ดีกว่าสูตรการเติมแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกนักเก็ตไก่สูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่ที่เติมแป้งต่างชนิดกัน 4 สูตร

ชนิดแป้ง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
แป้งข้าวโพด	7.4 ^b ± 0.9	7.4 ^b ± 0.9	7.1 ^b ± 0.9	7.2 ^b ± 1.0	7.4 ^b ± 1.0
แป้งมันสำปะหลัง	7.8 ^a ± 0.9	7.9 ^a ± 0.8	7.8 ^a ± 0.9	8.0 ^a ± 0.9	8.2 ^a ± 0.8
แป้งข้าวเจ้า	7.5 ^b ± 1.0	7.4 ^b ± 1.1	7.2 ^b ± 1.0	7.2 ^b ± 1.0	7.3 ^b ± 0.9
แป้งข้าวสาลี	7.5 ^b ± 1.1	7.3 ^b ± 1.2	7.2 ^b ± 1.2	7.2 ^b ± 1.0	7.2 ^b ± 1.1

หมายเหตุ ^{a, b, c} อักษรที่แตกต่างกันแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. ผลการศึกษาการเติมเจลบุกและควินัวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่

จากตารางที่ 2 สูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 10 มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่มีค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ความเกาะติด ความเหนียว การเคี้ยว และร้อยละของความชื้นมากกว่าสูตรที่ไม่เติมเจลบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเติมควินัวในระดับที่ต่างกันไม่ผลต่อค่าความแข็ง การเชื่อมติด ความเหนียว และการเคี้ยว ($p > 0.05$) สูตรที่เติมควินัวร้อยละ 5 ส่งผลให้มีความยืดหยุ่นและความชื้นมากที่สุด ($p < 0.05$)

สูตรที่เติมเจลบุกร่วมกับควินัวไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียว ($p > 0.05$) สูตรที่ไม่เติมเจลบุกและเติมควินัวร้อยละ 5 ทำให้ค่าความยืดหยุ่น ความเชื่อมติด การเคี้ยวมากที่สุด ($p < 0.05$) สำหรับสูตรที่ไม่เติมเจลบุกร่วมกับควินัวร้อยละ 2 และสูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 10 ร่วมกับควินัวร้อยละ 2 มีค่าความยืดหยุ่นและการเชื่อมติดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 10 ร่วมกับควินัวร้อยละ 5 มีค่าการเชื่อมติดน้อยที่สุด ($p < 0.05$) สูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 10 ร่วมกับควินัวร้อยละ 2 และสูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 10 ร่วมกับควินัวร้อยละ 5 มีค่าการเคี้ยวน้อยที่สุดซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการทดลองนี้การเติมเจลบุกร่วมกับควินัว ปริมาณควินัวที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเชื่อมติดกันและการเคี้ยวน้อยลงในขณะที่ร้อยละของความชื้นสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งการเติมควินัวในปริมาณที่มากขึ้นอาจส่งผลให้สมบัติการจับกับน้ำได้มากกว่าการประสานกับโปรตีนและส่วนผสมอื่น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยการใช้แป้งควินัวร้อยละ 5 10 และ 15 เสริมในเนื้อวัวบด (beef burgers) ของ Mohamed R.A.A. et al. (2024) พบว่า การใช้แป้งควินัวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสลดลง และการยอมรับของผู้บริโภคลดลง และจากการศึกษาผลการใช้แป้งควินัวแทนที่แป้งสาลีเสริมผงมันชันต่อสมบัตินักเก็ตปลาของ ภัทิรา และวรางคณา (2564) พบว่าการใช้แป้งควินัวแทนที่แป้งสาลีร้อยละ 50 ทำให้นักเก็ตปลามีลักษณะเนื้อสัมผัสและค่าร้อยละการสูญเสียระหว่างการปรุงสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเนื้อสัมผัสและปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่

ปัจจัย (ร้อยละ)	ความแข็ง (N)	ความยืดหยุ่น (mm.)	การเชื่อมติด	ความเหนียว	การเคี้ยว (N)	ความชื้น (ร้อยละ)
เจลบุก 0	119.35 ^b ±21.71	0.70 ^b ±0.08	0.29 ^b ±0.02	35.25 ^b ±7.41	25.13 ^b ±6.59	62.98 ^b ±0.75
10	120.25 ^a ±19.26	0.74 ^a ±0.09	0.29 ^a ±0.03	35.86 ^a ±9.00	27.23 ^a ±9.51	63.75 ^a ±1.60
ควินัว 2	131.16 ^{ns} ±16.12	0.69 ^b ±0.08	0.30 ^{ns} ±0.02	40.12 ^{ns} ±7.05	30.82 ^{ns} ±7.71	62.47 ^b ±0.44
5	108.44 ±17.89	0.76 ^a ±0.08	0.28±0.02	30.99±6.64	21.55±5.74	64.26 ^a ±1.25
เจลบุก x ควินัว (ร้อยละ)						
0 x 2	130.68 ^{ns} ±12.85	0.72 ^b ±0.07	0.29 ^b ±0.01	38.64 ^{ns} ±5.05	27.96 ^b ±5.39	62.53 ^c ±62.53
0 x 5	131.64 ±19.06	0.80 ^a ±0.07	0.31 ^a ±0.02	41.60±8.43	33.68 ^a ±8.66	62.41 ^c ±0.50
10 x 2	108.02 ±22.97	0.69 ^b ±0.09	0.29 ^b ±0.02	31.86±7.90	22.30 ^c ±6.53	63.43 ^b ±0.77
10 x 5	108.87 ±11.10	0.68 ^b ±0.07	0.27 ^c ±0.02	30.12±5.08	20.79 ^c ±4.81	65.08 ^a ±1.09

หมายเหตุ ^{a, b, c} อักษรที่แตกต่างกันแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง แนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 3 ผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) สูตรที่ไม่เติมเจลบุกร่วมกับควินัวร์้อยละ 5 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงสุดและไม่แตกต่างกับสูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 10 ร่วมกับควินัวร์้อยละ 2 (p>0.05) ส่วนผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่ที่เติมเจลบุกร้อยละ 10 ร่วมกับควินัวร์้อยละ 5 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุด (p<0.05) ทุกสูตรได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ยกเว้นสูตรที่ไม่เติมเจลบุกร่วมกับควินัวร์้อยละ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่ที่เติมเจลบุกร่วมกับควินัว

เจลบุก x ควินัว (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	สี	ความชอบรวม
0 x 2	7.3 ^b ±0.9	7.6 ^b ±0.8	7.6 ^{ns} ±0.9	7.4 ^{ns} ±1.0	7.1 ^b ±1.0
0 x 5	7.4 ^{ab} ±0.8	7.7 ^b ±0.9	7.5±0.9	7.6±0.9	7.5 ^a ±0.8
10 x 2	7.4 ^a ±0.7	7.7 ^b ±0.9	7.6±0.9	7.6±0.8	7.5 ^a ±0.9
10 x 5	7.1 ^b ±1.0	8.1 ^a ±0.8	7.8±0.8	7.7±0.7	7.7 ^a ±0.8

หมายเหตุ ^{a, b, c} อักษรที่แตกต่างกันแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง แนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเนื้อสัมผัสและปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่สูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 0 ร่วมกับควินัวร์้อยละ 5 มีความเหมาะสม เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ คะแนนความชอบรวม รวมถึงองค์ประกอบเนื้อสัมผัสด้าน Springiness, Cohesiveness, Chewiness มีค่าสูง และมีปริมาณความชื้นต่ำ ปริมาณความชื้นที่มากที่สุดส่งผลให้ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสมีค่าต่ำ

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

จากตารางที่ 4 ผลิตภัณฑ์นักเก็ตไก่สูตรที่เติมควินัวร์้อยละ 5 ซึ่งเป็นสูตรที่พัฒนาแล้วมีปริมาณเส้นใยหยาบ โปรตีน และไขมันมากกว่าสูตรควบคุม (p<0.05) ส่วนปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) จากการศึกษาของ Mohamed R.A.A. et al. (2024) พบว่า การเสริมควินัวร์้อยละ 5 และ 10 ในเนื้อวุ้นเบเกอร์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีร้อยละของความชื้น โปรตีน และไขมันมากที่สุดซึ่งไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม (p>0.05) ควินัวมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 12-20 (มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง เป็นแหล่งของไลซีน (lysine) และเมทไธโอนีน (methionine)) มีเส้นใย

อาหารร้อยละ 10 มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 6-7 และเป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่ (Fernández-Lopez J. et al., 2021) ดังนั้นการเติมควินัวจึงส่งผลให้นักเกิดไก่สุตรเสริมควินัวมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมี ของผลิตภัณฑ์นักเกิดไก่สุตรควบคุมและสุตรที่พัฒนาแล้ว

องค์ประกอบทางเคมี	สุตรควบคุม	สุตรที่พัฒนาแล้ว
ความชื้น (ร้อยละ) ^{ns}	14.50 ± 3.23	14.89 ± 3.15
เถ้า (ร้อยละ)	2.02 ^b ± 0.08	2.15 ^a ± 0.09
โปรตีน (ร้อยละ)	29.24 ^b ± 1.60	39.76 ^a ± 1.15
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	0.39 ^b ± 0.03	0.44 ^a ± 0.06

หมายเหตุ ^{a, b, c} อักษรที่แตกต่างกันแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง แนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 ของน้ำหนักเนื้อไก่ช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้รับความชอบที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ ด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส สี และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) การเติมควินัวร้อยละ 5 และเจลกุกร้อยละ 0 ของน้ำหนักเนื้อไก่ พบว่า ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ความเกาะติด (Cohesiveness) การเคี้ยว (Chewiness) เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและความชอบโดยรวมมากที่สุด และมีปริมาณเส้นใยหยาบสูง ($p \leq 0.05$) จากการทดลองนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดทอดด้วยน้ำมันและใช้หม้อทอดไร้น้ำมันเพื่อให้เห็นความแตกต่างของคุณภาพอาหารที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

กัญญา เจริญศิลป์. (2560). เรื่องส่วนประกอบหลักเนื้อไก่ แหล่งที่มา : <https://li01.tci-thaijo.org>.

สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2566.

ครีวป่ายูง. (ม.ป.ป). การหุงควินัว. แหล่งที่มา <https://cheewajit.com/healthy-body/215521.html>.

นิตยสารชีวิต ฉบับที่ 444. สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2566.

ภัทธรา สาขะมุติ และวรางคณา สมพงษ์. (2564). ผลของการใช้แป้งควินัวแทนที่แป้งสาลีเสริมผงขมิ้นชันต่อ สมบัติของนักเกิดปลา. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. แหล่งที่มา <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjst/article/view/252428/177285> , *Thai Journal of Science and Technology* ปีที่ 10 ฉบับที่ 5. หน้า 533-546.

ศิริพร นามเทศ เกศรินทร์ ขำอุบลมณี และ เจษฎา คักดี. (2565). ผลของการใช้เจลกุกทดแทนไขมันต่อเนื้อ สัมผัส คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของลูกชิ้นอกไก่ในระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วัน <http://afj.vru.ac.th/file/journal/AFJ-r2565-002.pdf> วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1: มกราคม-มิถุนายน 2565.

อังก์วรา ปฐมวงศ์และวิภาวรรณ นันตระกูล. (2556). การพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเกิดไก่เสริมแป้งข้าวตังนี้น้ำตาลต่ำ. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง.

อภิรดา พรป็นณวิชัย. (2565). ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อองค์ประกอบทางเคมีของผงบุกและการนำไปใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*: 40. 58 – 67.

AOAC, *Official Methods of Analysis*. 17th The association of Analytical Chemists. Washing D, C, (2000), 1008 p.

- Akesowan, A. (2013). Quality of light pork sausages containing konjac flour improved by texturizing ingredients. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23(4): 1012-1018.
- Chin, K. B., Keeton, J. T., Miller, R. K., Longnecker, M. T., and Lamkey, J. W. (2000). Evaluation of konjac blends and soy protein isolate as fat replacements in low-fat bologna. *Journal of Food Science* 65(5): 756-763.
- Diaodiao Yang. (2018). Possibility of using quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in meat products and its impact on nutritional and organoleptic characteristics BIOSCIENCE RESEARCH, 2018 15(4):3307-3315.
- Ferna' ndez-Lo' pez J., Viuda-Martos M. and Angel Pe' rez-Alvarez J. (2021). Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: technological strategies for their application and effects on the final product. *Current Opinion in Food Science*, 40:26–32.
- Jacobsen. (2019). เรื่องควินัวคืออะไรทำไมถึงเป็นอาหารสุขภาพชั้นเลิศ. แหล่งที่มา : <https://www.sgethai.com>. สืบค้น : 10 มีนาคม 2566.
- Pereira J., Hu H., Xing L., Zhang W. and Zhou G. (2020). Influence of Rice Flour, Glutinous Rice Flour, and Tapioca Starch on the Functional Properties and Quality of an Emulsion-Type Cooked Sausage. *Journal Foods* 9: 9. P'1-12.
- Mohamed R.A.A., R.G.Y. M and F.S.A.K. (2024). Utilization of Quinoa Flour in Meat Burger Preparation. *World Journal of Dairy & Food Science.*, 19(1): 01-09 p.

ผลของน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลต่อการกระตุ้นการเกิดราก และการแตกยอดของต้นเลื่อมมังกร

ปานวดี มีไชโย^{1*} ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์² และ ชิติ ศรีตันทิพย์^{1,2}

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

² สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

*E-mail, Panwadee.m2394@gmail.com โทร 0946366461

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของการปักชำในน้ำออกซิเจนไมโคร นาโนบับเบิลต่อการกระตุ้นการเกิดรากและการแตกยอดของต้นเลื่อมมังกร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มี 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ มีกรรมวิธีในการทดลองคือ 1.น้ำเปล่า 2.น้ำผสมสารกระตุ้นการเกิดราก (มัลติ เอ็กซ์ตรา วิตามิน บี1) 3.น้ำออกซิเจนไมโคร นาโนบับเบิล และ 4.น้ำออกซิเจนนาโนบับเบิล ผลการทดลองพบว่า การปักชำกิ่งต้นเลื่อมมังกรในน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิล น้ำออกซิเจนนาโนบับเบิล และในสารกระตุ้นการเกิดรากบี1 ทำให้ใช้ระยะเวลาในการเกิดรากเร็วกว่าน้ำเปล่า ซึ่งการปักชำในน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลมีการเกิดรากมากที่สุดที่ระยะเวลา 7 วันหลังการทดลอง ในด้านจำนวนรากพบว่า กรรมวิธีการปักชำน้ำเปล่ามีจำนวนรากต่ำที่สุด ในขณะที่การปักชำในน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิล น้ำออกซิเจนนาโนบับเบิล และในสารกระตุ้นการเกิดรากบี 1 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่การปักชำในน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลและน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิล มีความยาวรากและจำนวนยอดใหม่สูงที่สุด

คำสำคัญ : ไมโครนาโนบับเบิล การเกิดราก ต้นเลื่อมมังกร

Effects of oxygen micro-nanobubbles water on stimulating root formation and the shoot budding of the Magenta plants.

Panwadee Meechaiyo^{1*}, Parinyawadee Sritontip² and Chiti Sritontip^{1,2}

¹Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000

²Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000

*E-mail, Panwadee.m2394@gmail.com, Tel. 0946366461

Abstract

The objective of this research was to study the effect of micro-nanobubbles water to stimulate root formation and shoot emergence of magenta plant. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 4 treatments and 4 replications. There were 1. tap water, 2. water mixed with root growth stimulant substance (Multi Extra Vitamin B1), 3. Oxygen micro-nanobubbles water (O₂ MNBs) and 4. Oxygen nano bubbles water (O₂ NBs). The results showed that the magenta plant cutting in O₂ MNBs, O₂ NBs and root growth stimulant substance treatments were faster period of root formation than those either in tap water. The O₂NBs water treatment increased root formation at 7 days after treatment. However, the magenta plant cutting in tap water treatment had the lowest number of roots while O₂ MNBs, O₂ NBs and stimulate root formation substant treatments were similar on number of roots. Whereas, O₂ MNBs and O₂ NBs gave the highest root length and number of new shoots.

Keywords : Micro-nanobubbles, Root formation, Magenta plants

1. บทนำ

เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลส์ (Micronano bubbles; MNBs) เป็นวิธีการทำให้เกิดฟองก๊าซขนาดเล็กในวัสดุหรือสสารตัวกลาง เช่น น้ำ ลักษณะของฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีขนาดตั้งแต่ 0.1-100 ไมโครเมตร ลักษณะของฟองอากาศขนาดเล็กมากนี้ สามารถกระจายตัวในน้ำได้อย่างหนาแน่น การใช้งานที่มีประสิทธิภาพของไมโครนาโนบับเบิลส์ จะมีการรายงานการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย เช่น การ ทำให้น้ำเสียเป็นน้ำบริสุทธิ์ การปรับปรุงคุณภาพน้ำ การฆ่าเชื้อ การทำน้ำให้ใส การทำความสะอาดของน้ำที่ปนเปื้อน การกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการส่งเสริมกิจกรรมทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (Oshita and Liu, 2013) ซึ่งการปักชำเป็นวิธีที่ง่าย ทำให้เกิดรากและแตกต้นใหม่จำนวนมากในคราวเดียวกัน การปักชำให้ได้ผลดีนั้นขึ้นอยู่กับกิ่งหรือท่อนพันธุ์ ช่วงเวลาในการปักชำ สภาพแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นความชื้น แสง และชนิดของกิ่งหรือท่อนพันธุ์

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาผลของน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ต่อการกระตุ้นการเกิดรากและการแตกยอดของต้นเล็ดมังกอร์ ซึ่งการกระตุ้นการเกิดรากได้เร็วและการแตกยอดได้เร็ว จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี สามารถลดค่าใช้จ่ายในการดูแลต้นกล้าได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ต้นเล็ดมังกอร์ (Magenta Plant) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกับเหงือกปลาหมอ หรือวงศ์ Acanthaceae ซึ่งชื่อของพืชชนิดนี้เรียกตามสีของน้ำเมื่อนำใบมาแช่น้ำร้อนจะได้สีแดงอมม่วงคล้ายเลือด เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี สูงได้ถึง 1 – 1.5 เมตร ลำต้นมีสันตามยาวคล้ายเหลี่ยมโป่งบริเวณเหนือข้อ มีขนปกคลุม ใบเดี่ยวเรียงสลับแบบคู่ตรงข้าม ใบรูปหอก ดอกเป็นกระจุกบริเวณยอด สีชมพูหรือม่วง ผลเป็นฝักยาว กระจายพันธุ์จากประเทศอินเดียตะวันออก ศรีลังกา ไปยังจีน ไทย เวียดนาม ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย และชวา (อินโดนีเซีย) สามารถนำมาเพาะปลูกได้ในพื้นที่สวน และพบได้ตามพื้นที่ป่าธรรมชาติใกล้แหล่งน้ำ ในประเทศไทยนิยมปลูกในพื้นที่สูงที่มีอากาศหนาวเย็น และดินมีความอุดมสมบูรณ์ โดยพบว่า มีการเพาะปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ ซึ่งคาดว่ามีการกระจายเข้ามาจากเขตปกครองตนเองชนชาติไท สิบสองปันนา สาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งถือว่าเป็นพืชในท้องถิ่นที่มีศักยภาพ และมีโอกาสทางการตลาดเนื่องจากกระแสในการดูแลรักษาสุขภาพของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันใบชาเล็ดมังกอร์สดมีราคาอยู่ที่ 50 บาทต่อกิโลกรัม และชาเล็ดมังกอร์อบแห้ง ราคา 800 บาทต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ยังเป็นการต่อยอดสร้างคุณค่าและมูลค่าเพิ่มจากความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่น ก่อให้เกิดรายได้ให้กับชุมชนและช่วยในการรักษาสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับโมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ (Bio-economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green economy) เนื่องจากมีระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถเจริญเติบโตได้ดีภายใต้ร่มเงาไม้ยืนต้นอื่นๆ (จารุณี ภิลุมวงศ์และคณะ, 2565)

การขยายพันธุ์ต้นเล็ดมังกอร์ที่นิยมทำกันมากที่สุด คือ การเพาะเมล็ด และปักชำยอด/กิ่ง ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความงอก คือ น้ำ ออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโอโซนไมโครนาโนบับเบิลส์ (Ozone Micronano Bubbles) ในการกระตุ้นการเกิดรากและการแตกยอดของต้นเล็ดมังกอร์ โดยมีการรายงาน พบว่า การศึกษาการเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดข้าวโพดโดยการบำบัดด้วยออกซิเจนและโอโซน โดยความเข้มข้นออกซิเจนและโอโซนที่ใช้ในการทดลอง คือ 20 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร วัดผลที่ 5 วัน ผลการทดลองพบว่า เมล็ดที่ได้รับออกซิเจนและโอโซนมีอัตราการงอกที่ร้อยละ 88.7 และ 92.0 (Violleau et al., 2007) เช่นเดียวกับ การศึกษาความเข้มข้นน้ำผสมโอโซนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดหน่อไม้ฝรั่งมีร้อยละอัตราการงอกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการทดลองได้ทำการวัดผลออกซิเจนละลายน้ำในน้ำผสมโอโซน พบว่ามีค่าออกซิเจนละลายน้ำที่มากกว่าน้ำธรรมดาถึงร้อยละ 14.7 ซึ่งออกซิเจนละลายน้ำนี้มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดหน่อไม้ฝรั่งที่ดีขึ้น (Yasin and Andreasen, 2016) และการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ ที่เวลา 5 - 15 นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดข้าวโพดหวานมีอัตราการงอกสูงกว่าน้ำเปล่า (ชิตติ ศรีรัตนทิพย์และคณะ, 2564) เช่นเดียวกับ จักรพงษ์ กางไสภาและคณะ (2565) รายงานว่าการไพร้มเมล็ดด้วยน้ำนาโนบับเบิลส์สามารถยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ค่น้ำ ทำให้เมล็ดพันธุ์ค่น้ำมีการงอกที่ดี และทำให้ความเร็วในการงอกสูงขึ้น โดยหากออกซิเจนละลายน้ำ มีปริมาณน้อยจะส่งผลให้อัตราการงอกรวมถึงความเร็วในการงอกของเมล็ดลดลงตามไปด้วย และน้ำผสมโอโซนที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถลดอัตราการพักตัวของเมล็ดได้ (Sudhakar et al., 2011) รวมถึงยังส่งเสริมกิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี เนื่องจากน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์มีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าน้ำปกติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มกระบวนการทางชีวเคมี และสรีรวิทยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด ส่งเสริมให้มี

การสร้างพลังงานที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการหายใจ (McDonald, 1999; Krainart et al., 2015) ดังนั้นการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าจึงเกิดได้ดีขึ้น

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

นำยอดเมล็ดมังกร จากแปลงทดลอง อาคารไม้ผล สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดอนเมือง ลำปาง โดยคัดเลือกยอดเมล็ดมังกรที่มีความสมบูรณ์ มีความสูงระหว่าง 10 – 15 เซนติเมตร ขนาดของลำต้นระหว่าง 1.90 – 3.00 มิลลิเมตร ปราศจากตำหนิและการเกิดโรค นำยอดเมล็ดมังกรมาทำความสะอาด รีดใบเหลือ 2 คู่ใบและริดยอดออกจากนั้นนำยอดเมล็ดมังกรปักชำในกระบะขนาด 3 ลิตร ที่ประกอบด้วยสารละลายที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้ น้ำเปล่า น้ำผสมสารกระตุ้นการเกิดราก ปี 1 น้ำไมโครนาโนบับเบิลส์ 15 นาที และน้ำไมโครนาโนบับเบิลส์ 15 นาที ที่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และจัดบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า และความเป็นกรดต่าง ทุกครั้งก่อนเปลี่ยนน้ำ และเปลี่ยนน้ำทุกๆ 1 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องไมโครนาโนบับเบิลส์โมเดล KVM25 มีอัตราการไหลของน้ำ 25 ลิตรต่อนาที อัตราการไหลของฟองอากาศ 2 ลิตรต่อนาที กำลังไฟฟ้า 750 วัตต์อากาศ ความเข้มข้น 2.7388×10^{11} บับเบิลส์ต่อมิลลิลิตร ค่าเฉลี่ยขนาดของบับเบิลส์ 66.43 นาโนเมตร พัฒนาโดยหน่วยวิจัยด้านการประยุกต์ใช้ไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาและไมโครนาโนบับเบิลส์เพื่อการเกษตรและการประมงขั้นสูง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โดยการผลิตจะใช้เครื่องไมโครนาโนบับเบิลส์เชื่อมต่อกับเครื่องผลิตออกซิเจนยี่ห้อ Yuwell รุ่น 8F-3AW oxygen concentrator, Yuwell YuYue Medical Equalipment&Supply Co.LTD, China

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มี 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 4 ยอด โดยมีกรรมวิธีในการทดลองคือ 1.น้ำเปล่า 2.น้ำผสมสารกระตุ้นการเกิดราก (มัลติ เอ็กซ์ทรา วิตามิน ปี1) 3.น้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ และ 4.น้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์

การบันทึกข้อมูล ได้แก่ การเกิดราก ระยะเวลาการเกิดราก จำนวนราก ความยาวรากและการแตกยอดใหม่ของต้นเมล็ดมังกร และคุณภาพของน้ำวัดค่าปริมาณออกซิเจนด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ (U-50 Multi-parameter water quality meter, Horiba, Japan)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

ระยะเวลาการเกิดรากและการเกิดราก

จากผลการทดลองในด้านจำนวนวันที่เกิดรากพบว่า การปักชำต้นเมล็ดมังกรในน้ำออกซิเจน นาโนบับเบิลส์ สารกระตุ้นการเกิดรากปี 1 และน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ ใช้ระยะเวลาการเกิดรากเร็วกว่าการปักชำในน้ำเปล่า ส่วนในด้าน การเกิดรากพบว่า กรรมวิธีการปักชำในน้ำออกซิเจนไมโคร นาโนบับเบิลส์มีการเกิดรากในวันที่ 7 มากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปักชำในน้ำเปล่าให้ผลต่ำที่สุด โดยในการเกิดรากในระยะเวลา 14 - 28 วัน ทุกกรรมวิธีมีการเกิดรากใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของการปักชำในน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ที่มีผลต่อระยะเวลาการเกิดราก และการเกิดรากของต้นเมล็ดมังกร

กรรมวิธี	ระยะเวลาการเกิดราก (วัน)	การเกิดราก (%)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
น้ำเปล่า (Water)	10.25 a	25.00 c	93.75	93.75	100.00
สารกระตุ้นการเกิดราก	9.06 b	43.75 bc	87.50	93.75	100.00
น้ำ O ₂ MNBs	8.00 b	50.00 ab	100.00	100.00	100.00
น้ำ O ₂ NBs	9.13 b	68.75 a	100.00	100.00	100.00
F-test	*	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

จำนวนรากและความยาวราก

จากการทดลอง เมื่อพิจารณาผลการบันทึกข้อมูลจำนวนรากเฉลี่ยต้นของการปักชำเลื้อดม้งกรอายุ 7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อายุ 14 - 21 วัน พบว่าการปักชำในน้ำออกซิเจน นาโนบับเบิลส์ น้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์และสารกระตุ้นการเกิดรากปี 1 มีผลทำให้กิ่งชำต้นเลื้อดม้งกรมีจำนวนรากสูงกว่ากรรมวิธีการปักชำในน้ำเปล่า ส่วนระยะเวลา 28 วันพบว่า กรรมวิธีการปักชำในน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์มีค่าสูงที่สุด และกรรมวิธีการปักชำในน้ำเปล่ามีค่าต่ำที่สุด และในด้านความยาวรากที่ระยะเวลา 28 วัน พบว่า กรรมวิธีการปักชำในน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์และน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์มีค่าความยาวรากสูงกว่ากรรมวิธีการการปักชำในสารกระตุ้นการเกิดรากปี 1 และน้ำเปล่า (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของการปักชำในไมโครนาโนบับเบิลส์ต่อจำนวนรากและความยาวรากของต้นเลื้อดม้งกร

กรรมวิธี	จำนวนราก (ราก)				ความยาวราก (ซม.)
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	
น้ำเปล่า (Water)	1.33	3.25 b	5.00 b	6.00 c	9.93 b
สารกระตุ้นการเกิดราก	1.75	4.63 a	5.88 a	7.06 b	9.45 b
น้ำ O ₂ MNBs	1.33	4.56 a	6.00 a	7.25 b	12.48 a
น้ำ O ₂ NBs	1.60	4.69 a	6.06 a	8.50 a	12.46 a
F-test	ns	*	*	*	**

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)
* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.01)

การแตกยอดใหม่และจำนวนยอดใหม่ต่อต้น

จากการทดลอง เมื่อพิจารณาการปักชำต้นเลื้อดม้งกรในน้ำต่างๆ ต่อการแตกยอดใหม่ในช่วง ต้นเลื้อดม้งกรอายุ 7 - 28 วัน พบว่าวันที่ 7 ไม่มีการแตกยอดใหม่ ส่วนที่ระยะเวลา 14 วัน พบว่า การปักชำในน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์มีจำนวนยอดใหม่สูงที่สุด รองลงมาคือ การปักชำในน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ และการปักชำในสารกระตุ้นการเกิดรากปี 1 ส่วนการปักชำในน้ำเปล่ามีค่าต่ำที่สุดและด้านจำนวนยอดใหม่ต่อกิ่ง ซึ่งนับจำนวนยอดหลังการทดลอง 28 วัน พบว่ากรรมวิธีการปักชำกิ่งในน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์และออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์มีจำนวนยอดใหม่สูงที่สุด ส่วนการปักชำในน้ำเปล่ามีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 3)

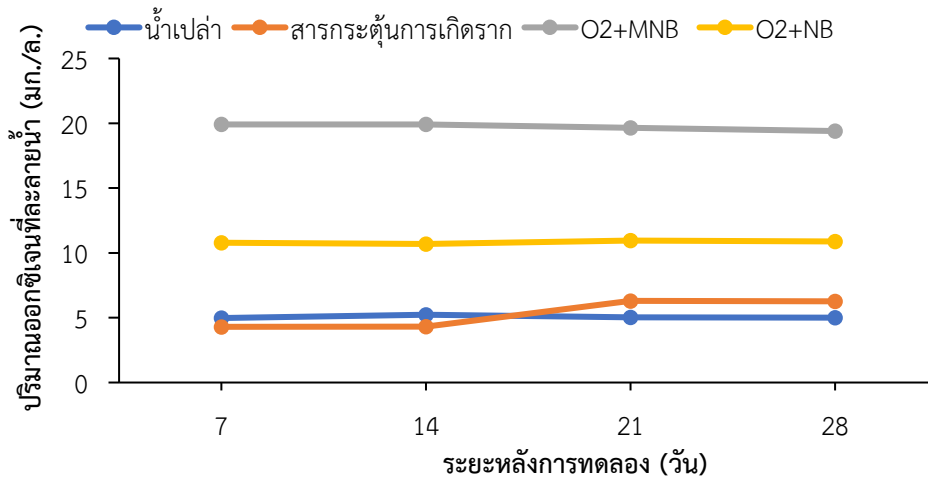
ตารางที่ 3 ผลของการปักชำไมโครนาโนบับเบิลส์ต่อการเกิดยอดใหม่และจำนวนยอดใหม่เฉลี่ยต่อต้นของต้นเลื้อดม้งกร

กรรมวิธี	การเกิดยอดใหม่ (%)				จำนวนยอดใหม่ (ยอด)
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	
น้ำเปล่า (Water)	-	25.00 c	93.75	100.00	1.44 b
สารกระตุ้นการเกิดรากปี 1	-	43.75 bc	93.75	100.00	1.69 ab
น้ำ O ₂ MNBs	-	50.00 ab	100.00	100.00	1.81 a
น้ำ O ₂ NBs	-	68.75 a	100.00	100.00	1.88 a
F-test	ns	*	ns	ns	*

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)
* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในน้ำ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำพบว่า กรรมวิธีการปักชำในน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์และน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์ที่ใช้ในการปักชำต้นเลื้อดม้งกรมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนการปักชำสูงกว่ากรรมวิธีน้ำเปล่า และน้ำเปล่าผสมสารกระตุ้นการเกิดรากปี 1 (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของกรรมวิธีต่างๆ

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษามูลของน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ต่อการกระตุ้นการเกิดรากและการแตกยอดของต้นเลื้อยมังกร พบว่า การปักชำต้นเลื้อยมังกรในน้ำที่แตกต่างกันให้ผลที่แตกต่างกันโดยกรรมวิธีการปักชำในน้ำเปล่าใช้ระยะเวลาการเกิดรากมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการเกิดรากและจำนวนรากต่ำที่สุดในขณะที่การปักชำในน้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์และน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์มีผลทำให้ความยาวราก การแตกยอดใหม่และจำนวนยอดใหม่มากกว่าการใช้สารกระตุ้นการเกิดรากปี 1 และน้ำเปล่า ดังนั้น การปักชำต้นเลื้อยมังกรในน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ที่ 7 วัน สามารถกระตุ้นการเกิดรากและจำนวนรากได้ดีที่สุด น้ำออกซิเจนนาโนบับเบิลส์ที่ 28 วัน กระตุ้นให้จำนวนราก ความยาวราก การแตกยอดและจำนวนยอดใหม่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาการใช้ไมโครนาโนบับเบิลส์สามารถกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของของเมล็ดองุ่น (Tung and Sritontip, 2021) การเพิ่มออกซิเจนในน้ำส่งผลกระตุ้นการการเกิดรากและมีจำนวนรากที่เกิดได้เช่นเดียวกับการใช้สารกระตุ้นการเกิดราก ซึ่ง Sritontip et al (2019) รายงานว่าน้ำไมโครนาโนบับเบิลส์สามารถช่วยเพิ่มการงอกของขึ้นฉ่ายและข้าวโพดหวาน และเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นเมล็ดองุ่นในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดินได้ และการเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดข้าวโพดโดยการบำบัดด้วยออกซิเจนและโอโซน โดยความเข้มข้นออกซิเจนและโอโซนที่ใช้ในการทดลองคือ 20 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร วัตถุประสงค์ 5 วัน ผลการทดลองพบว่า เมล็ดที่ได้รับออกซิเจนและโอโซนมีอัตราการงอกที่ร้อยละ 88.7 และ 92.0 (Violleau et al., 2007) เช่นเดียวกับ การศึกษาความเข้มข้นน้ำผสมโอโซนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดมีร้อยละอัตราการงอกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการทดลองได้ทำการวัดผลออกซิเจนละลายน้ำในน้ำผสมโอโซน พบว่า มีค่าออกซิเจนละลายน้ำที่มากกว่าน้ำธรรมดาถึงร้อยละ 14.7 ซึ่งออกซิเจนละลายน้ำนี้มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดหน่อไม้ฝรั่งที่ดีขึ้น (Yasin and Andreasen, 2016) และการศึกษาไมโคร/นาโนบับเบิลส์ ที่เวลา 5 - 15 นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดทานตะวันมีอัตราการงอกสูงกว่าน้ำเปล่า (ชิตติ ศรีตันทิพย์และคณะ, 2564) และเพิ่มการงอกและการเจริญของต้นอ่อนคะน้า (ชิตติ ศรีตันทิพย์และคณะ, 2561) เช่นเดียวกับ จักรพงษ์ กางโสภานและคณะ (2565) รายงานว่าการกระตุ้นเมล็ดด้วยน้ำนาโนบับเบิลส์สามารถยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์คะน้า ทำให้เมล็ดพันธุ์คะน้ามีการงอกที่ดี และทำให้ความเร็วในการงอกสูงขึ้น โดยหากออกซิเจนละลายน้ำมีปริมาณน้อยจะส่งผลให้อัตราการงอกรวมถึงความเร็วในการงอกของเมล็ดลดลงตามไปด้วย ส่วนในผักคาวตองปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์พบว่าน้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์สามารถเพิ่มการเกิดและน้ำหนักรากมากกว่ากรรมวิธีไม่ใช้น้ำออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์ (เกศรา แก้วก้อน และคณะ, 2566) การใช้ไมโครนาโนบับเบิลส์ มีผลทำให้จำนวนรากของต้นเลื้อยมังกร อายุ 28 วัน มากกว่ากรรมวิธีอื่นทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี สามารถลดค่าใช้จ่ายในการดูแลต้นกล้าได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร และหน่วยวิจัยด้านการประยุกต์ใช้ไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาและไมโครนาโนบับเบิลส์เพื่อการเกษตรและการประมงชั้นสูง มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องสถานที่ทำงานทดลองและเครื่องมือสำหรับการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- เกศรา แก้วก้อน, ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์ และ ชิติ ศรีตันทิพย์. (2566). ผลของออกซิเจนไมโครนาโนบับเบิลส์และค่าการนำไฟฟ้าต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารฟีนอลิก ของพลูควาที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิคส์. วารสารแก่นเกษตร 51 (ฉบับเพิ่มเติม 1) : 146-157.
- จักรพงษ์ กางโสภา, อรัญญา สิงโสภา, นรรัตน์ทาวงศ์ และ สุริมาศ จันตะอินทร์. (2565). ไมโครนาโนบับเบิล : การไพรม์เมล็ดร่วมกับ *Trichoderma asperellum* ต่อความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าคะน้า. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, ปีที่ 27 (ฉบับที่ 2) 1083-1101.
- ชิติ ศรีตันทิพย์, วิเชียร ผลแสง, วิษณุ ทองเล็ก, ชาญชัย เดชธรรมรงค์ และ คิโยชิ โยชิคาวา. (2561). การประยุกต์ใช้ไมโคร/นาโนบับเบิลส์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าคะน้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49(1), 37-41.
- ชิติ ศรีตันทิพย์, สุชาดา ธิชูโต, ปิยะดา วงศ์กระโซ่, ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์, วิษณุ ทองเล็ก และ ชาญชัย เดชธรรมรงค์. (2564). ผลของไมโคร/นาโนบับเบิลส์และพลาสมาไฟฟ้าแรงดันสูงต่อการงอกและการเจริญเติบโตของทานตะวัน. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 7 (รูปแบบออนไลน์) ระหว่างวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2564 ผ่านระบบ Microsoft Teams. 540-548.
- Liu, S., Kawagoe, Y., Makino, Y., & Oshita, S. (2013). Effects of nanobubbles on the physico-chemical properties of water: The basis for peculiar properties of water containing na-nobubbles. *Chemical Engineering Science*. 93; 250-256.
- M. B. McDonald. (1999). "Seed Deterioration: Physiology Repair and Assessment," *Seed Science and Technology*, 21 (1): 177-237.
- Mahakham, W., Teerakulpisut, P., Maensiri, S., Phumying, S., & Sarmah, A. K. (2016). Environmentally benign synthesis of phytochemical scapped gold nanoparticles as nanoprimer agent for promoting maize seed germination. *Sci. Total Environ*. 573; 1089–1102.
- Oshita, S., & Liu, S. (2013). Nanobubble characteristics and its application to agriculture and foods. *Proceedings of AFHW 2013. International Symposium on Agri-Foods for Health and Wealth. August 5-8, 2013, Golden Tulip Sovereign Hotel, Bangkok, Thailand.*
- Sritontip, C., Dechthummarong, C., Thonglek, V., Khaosumain, Y., & Sritontip, P. (2019). Stimulation of seed germination and physiological development in plants by high voltage plasma and fine bubbles. *International Journal of Plasma Environmental Science & Technology* 12(2): 74-78.
- Tung, L.Q. & Sritontip, C., (2021). Effects of nano-bubbles on seed germination of muskmelon. *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*. 63(3): 42-47.
- Violleau, F., Hadjeba, Kh., Albet, J., Cazalis, R. & Surel, O. (2007). Increase of corn seeds germination by oxygen and ozone treatment. *IOA Conference and Exhibition Valencia* 6(5) :1-6.
- Yasin, M. & Andreasen, C. (2016). Effect of reduced oxygen concentration on the germination behavior of vegetable seeds. *Horticulture Environment and Biotechnology Journal* 57(5): 453-461.

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปกระถางเพาะชำต้นไม้จากใยมะพร้าว

วัชรพงศ์ โปธา¹ พิเชษฐ์ ไคว์ตระกูล¹ และเพ็ญวรัตน์ พันธภัทรชัย^{1*}

¹วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

*penwarat_s@rmutl.ac.th, 082-1869200

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปกระถางเพาะชำต้นไม้จากใยมะพร้าว มีกระบวนการศึกษาวิจัยโดยใช้การออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระถาง พร้อมทั้งทำการเตรียมตัวอย่างทดลองในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำต้นไม้ ที่อัตราส่วนระหว่าง ใยมะพร้าว:แป้งมันสำปะหลัง:น้ำ เท่ากับ 65:30:5 พร้อมกับอัดขึ้นรูปกระถางด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แรงอัดช่วง 100-150 นิวตัน ใน 3 สภาวะได้แก่ อุณหภูมิ 100 130 และ 160 องศาเซลเซียส เวลา 3 6 และ 9 นาที ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า กระถางจากใยมะพร้าว ทุกสภาวะการอัดจะมีค่าการดูดซึมน้ำระหว่าง ร้อยละ 103.78-119.93 มีค่าความหนาแน่นของวัสดุ เท่ากับ 0.44-0.45 (g/cm³) และมีค่าร้อยละของความชื้นระหว่าง ร้อยละ 40.94-53.77 จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า ค่าความหนาแน่นของกระถางในทุกสภาวะการกดอัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) โดยสภาวะที่ดีที่สุดในการกดอัด คือ การกดอัดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที จะมีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 105.01 มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 0.44 (g/cm³) และมีค่าร้อยละความชื้น เท่ากับ 42.32 เนื่องจากการใช้ความร้อนที่สูงขึ้นจะให้น้ำบนผิววัสดุสามารถระเหยออกได้อย่างรวดเร็วประกอบกับเวลาที่นานขึ้นจนทำให้น้ำในวัสดุระเหยออกได้อย่างเหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดการไหม้ของผิววัสดุ

คำสำคัญ: กระถาง, ขึ้นรูป, ใยมะพร้าว, สภาวะที่เหมาะสม

The study on suitable conditions of molding machine for nursery pots from coconut fiber

Watcharapong Potha¹ Pichet Kowtakul¹ และ Penwarat Panphattharachai^{*}

¹ College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna 98 Moo. 8 Paping subdistrict
Doi-saket district Chiang mai 50220

*penwarat_s@rmutl.ac.th, 082-1869200

Abstract

This research aims to study suitable conditions for forming plant nursery pots from coconut fibers. There is a research procedure that involves designing and building a potting machine. In addition to creating an experimental sample for shaping plant nursery containers. Consider the ratio between the ratio of coconut fiber, cassava starch, and water was 65:30:5, and it was compressed into pots using a hydraulic press with a compressive force of 100-150 newtons under three conditions: temperature of 100, 130, and 160 degrees Celsius, time of 3, 6, and 9 minutes, respectively. The results showed that pots made from coconut fiber The compression state have a water absorption value between 103.78% and 119.93%. The materials density is 0.44-0.45 (g/cm³) and the moisture content ranges from 40.94% to 53.77%. The data shows no significant difference in pots density values through compression settings ($p < 0.05$). The optimal condition for compression is at a temperature of 160 degrees Celsius for 6 minutes, resulting in a water absorption rate of 105.01%, a density of 0.44 g/cm³, and a moisture content of 42.32%. The use of higher heat allows surface moisture to evaporate quickly, and the extended duration ensures adequate evaporation of moisture within the material without causing surface burning.

Keywords: pot, forming, coconut fiber, suitable conditions

1. บทนำ

ตามกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุของประเทศไทย (พ.ศ. 2560-2569) ซึ่งมีวิสัยทัศน์ว่า “เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านวัสดุศาสตร์ (Material Science) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยกระดับคุณภาพสังคมไทยด้วยความร่วมมือแบบไตรภาคี ซึ่งการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการพัฒนากระบวนการออกแบบ การผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภายใต้หลักการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Resource Use Efficiency) ถือเป็น 1 ใน 3 เป้าหมายหลักตามกรอบนโยบาย (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2560) ล้วนมาจากการวางแผนจากบริบทเชิงพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทยที่มีแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ นอกจากนี้กรมควบคุมมลพิษ มีแผนงานการจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561-2573 โดยเป้าหมายที่ 1 การลดและเลิกใช้พลาสติก ด้วยการใช่วัสดุทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Ministry of Natural Resources and Environment, 2024)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตของภาคการเกษตรเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทั่วโลก เนื่องมาจากการไม่เข้าใจและการเข้าถึงข้อมูลการจัดการและการใช้ประโยชน์ไม่เพียงพอของประเทศกำลังพัฒนา ทำให้เกษตรกรเลือกวิธีการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ถูกต้อง โดยมีการเลือกวิธีการเผาในพื้นที่เพาะปลูกเป็นหลัก (Oladipo et al., 2017) เพราะสามารถทำได้รวดเร็ว ง่าย และประหยัดเวลา เมื่อสาเหตุดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักในการจัดการ การให้ข้อมูลถึงแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องจะสามารถช่วยให้เกษตรกรทราบและตระหนักกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับชีวิต เช่น การเกิดโรคจากฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผา เป็นต้น นอกจากนี้วิธีการจัดการที่ดีอาจจะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอีกด้วย ปัจจุบันมีวัสดุธรรมชาติในกลุ่ม เส้นใยธรรมชาติ (Natural Fiber) ได้รับความนิยมนอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ (Lertwattanaruk, P. and Masuwan, K., 2015) เช่น เส้นใยจากมะพร้าว เส้นใยจากปอ และเส้นใยอื่นๆ มีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ กระถางเพาะชำ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาอันเกิดจากรยะเวลาในการย่อยสลายของเส้นใย ซึ่งใช้ระยะเวลานาน อีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น (ฉันทนัท รัชการักษ์ และคณะ, 2562)

จากข้อมูลดังกล่าวงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปกระถางเพาะชำต้นไม้จากใยมะพร้าว สำหรับใช้ในการเพาะต้นกล้าพันธุ์ไม้ ที่อยู่ในระยะต้นอ่อนทุกชนิด ดังนั้นการสร้างเครื่องมือในการอัดกระถางเพาะชำจากวัสดุเหลือทิ้ง จะสามารถช่วยลดการใช้ถุงเพาะชำพลาสติก ที่ใช้เวลาย่อยสลายนาน ลดต้นทุนการผลิต และใช้วัสดุธรรมชาติให้เพิ่มมูลค่าเพิ่มและประโยชน์สูงสุด

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมทั้งไทยและต่างประเทศในปัจจุบันและอนาคต

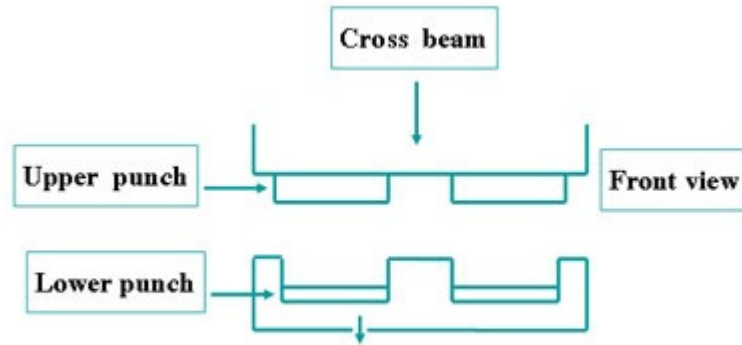
หลักการ ZERO WASTE แนวคิดขยะเหลือศูนย์ (Zero Waste Management) เป็นแนวคิดที่ยึดหลักการที่ว่า “ขยะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้” มีเป้าประสงค์คือ “การทำให้ขยะเหลือน้อยที่สุดและกำจัดที่เหลือด้วยเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ” พบว่าแนวคิดการจัดการขยะดังกล่าวได้นำไปเป็นแนวคิดหลัก ในการดำเนินการในหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ แคนาดา อินเดีย เกาหลี ฟิลิปปีนส์ ฮอลแลนด์ สวีเดน เยอรมันนี ออสเตรีย อังกฤษ ไอร์แลนด์ สกอตแลนด์ นอร์มเบีย สวิตเซอร์แลนด์บราซิล และบางรัฐในสหรัฐอเมริกา มีหลักการสำคัญ คือ การใช้วัสดุการผลิตที่สามารถนำกลับมาแปรรูปใช้ใหม่ให้มากที่สุด ลดปริมาณของเสียที่จะทิ้งให้เหลือน้อยที่สุด บริโภคให้พอดีและบริโภคสินค้าที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ ได้ผลิตสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลิตสินค้าใหม่ที่ผสมผสานการนำวัสดุกลับมาแปรรูปใช้ใหม่ได้ รมรงค์การใช้สินค้าที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ พัฒนาการนำขยะกลับมาแปรรูปใช้ใหม่ เก็บภาษีรวมในราคาสินค้าที่คิดจากต้นทุน ทรัพยากรการผลิตช่วยยกระดับเป้าหมายทางเศรษฐกิจของชุมชนและสร้างงานใหม่ๆให้กับชุมชน

2. การขึ้นรูปด้วยการอัดแบบแห้ง (Dry Pressing)

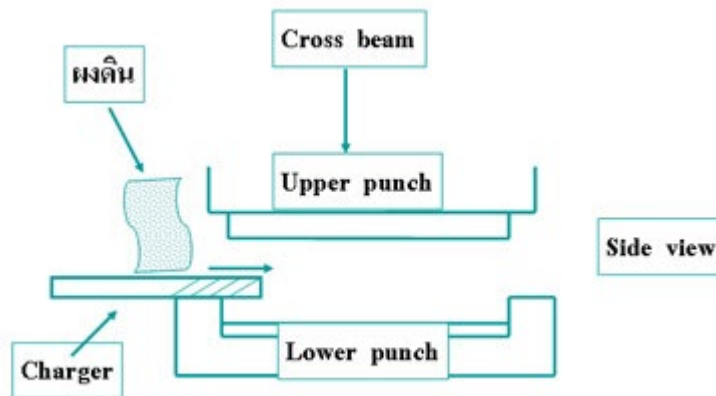
โดยทั่วไปแล้วในการขึ้นรูปโดยใช้การอัดแบบนั้นจะสามารถแบ่งชนิดของการขึ้นรูปด้วยการ อัดแบบได้เป็น

1. Ram press เป็นการขึ้นรูปแบบ Plastic forming ที่เนื้อดินต้องมีความเหนียวเพียงพอและมีความชื้นอยู่ประมาณ 16-20% แบบจะทำมาจากปูนปลาสเตอร์ที่ต่อท่อลมภายในไว้เพื่อให้สามารถเปิดลมเพื่อถอดชิ้นงานดิบออกจากแบบได้

2. Semi-wet press เป็นการขึ้นรูปกระเบื้องหลังคาเซรามิกที่เนื้อดินมีความชื้นมากกว่า 15% ขึ้นไป
3. Friction press เป็นเครื่องขึ้นรูปโดยวิธีการอัดแบบแต่ไม่ได้ใช้น้ำมันไฮดรอลิกเป็นตัวส่งผ่านแรงดันแต่ใช้วิธีการแบบกลไกเพื่อทำให้เกิดแรงกด
4. Hydraulic press ส่วนประกอบของ Hydraulic press ประกอบไปด้วย Cross beam, ชุดบ่อนผงดิน, Charger, Complete set ซึ่งประกอบไปด้วย Upper punch, Lower punch, Liner



รูปที่ 1 ลักษณะของแม่พิมพ์กดอัดด้วยระบบไฮดรอลิกส์ (คชินท์ สายอินทวงศ์, 2567)



รูปที่ 2 รูปแบบการกดอัดดินด้วยแม่พิมพ์ไฮดรอลิกส์ (คชินท์ สายอินทวงศ์, 2567)

ปัจจัยที่มีผลในการขึ้นรูปแบบการอัด

1. ความชื้นของวัสดุ ถ้าความชื้นสูงเกินไปจะทำให้วัสดุติดหน้าไมลด์ สำหรับวัสดุที่มีความชื้นต่ำเกินไปจะเกิดปัญหามุมยุ่มุมบิ่นง่าย และเกิด Lamination ได้ง่ายกว่า
2. Grain size distribution ส่งผลต่อการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์ ถ้าการกระจายตัวของวัสดุไม่เหมาะสมจะทำให้ค่า density ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่อการหดตัวของผลิตภัณฑ์หลังอบ
3. Pressing pressure ถ้า pressure สูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มี density สูง การหดตัวหลังเผาจะมีค่าต่ำ ในทางตรงข้ามถ้า pressure ต่ำ จะส่งผลให้ density ต่ำลง
4. Speed of charger ส่งผลต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ในช่วงหัว-ท้ายของแผ่น

5. Cycle of pressing ส่งผลต่อทั้งความหนาแน่นและตำหนิต่างๆที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งปริมาณการผลิต

6. การออกแบบโมลด์ ทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ในแต่ละจุดไม่เท่ากัน ส่งผลให้มีการหดตัวไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการร้าวได้ในขณะอบแห้ง

3. กระดาษปลูกต้นไม้กระดาษ

กระดาษจากวัสดุธรรมชาติปัจจุบันการดูแลสิ่งแวดล้อมและการลดภาวะโลกร้อน รวมไปถึงการนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ทั้งภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรม ในการเลือกสรรวัตถุดิบเหลือใช้จากธรรมชาติมาเป็นการอัดขึ้นรูปเป็นกระดาษ เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันมีการวิจัยและนำวัสดุธรรมชาติมาผลิตกระดาษกันมากขึ้น กระดาษเพาะชำย่อยสลายได้ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติทำให้มีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ นำมอง กระดาษที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ เมื่อไม่ต้องการใช้ก็สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ วิธีกำจัดก็ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และธรรมชาติ ลดความเป็นพิษในอากาศ วัสดุจากธรรมชาติที่สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นกระดาษต้นไม้ได้ดี เช่น กากมะพร้าว หญ้าแห้ง ฟาง และกากกาแฟ เป็นต้น (พงศธร และคณะ, 2567) คุณสมบัติกระดาษต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร มีคุณสมบัติสามารถระบายความร้อนได้ดีและสามารถอุ้มน้ำได้ ทำให้ผู้ที่ใช้กระดาษจากวัสดุเหลือใช้ปลูกต้นไม้ ไม่ต้องรดน้ำต้นไม้บ่อย ๆ เวลาที่เอาต้นไม้ลงดินก็ไม่ต้องเอากระดาษออกเพราะกระดาษต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรทำมาจาก กากตะกอนปาล์มน้ำมันและก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่สามารถย่อยสลายได้เองยังเป็น ปุ๋ยชั้นดีให้กับต้นไม้อีกด้วย และที่สำคัญคือสามารถลดมลพิษจากการใช้ถุงพลาสติกที่เป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน

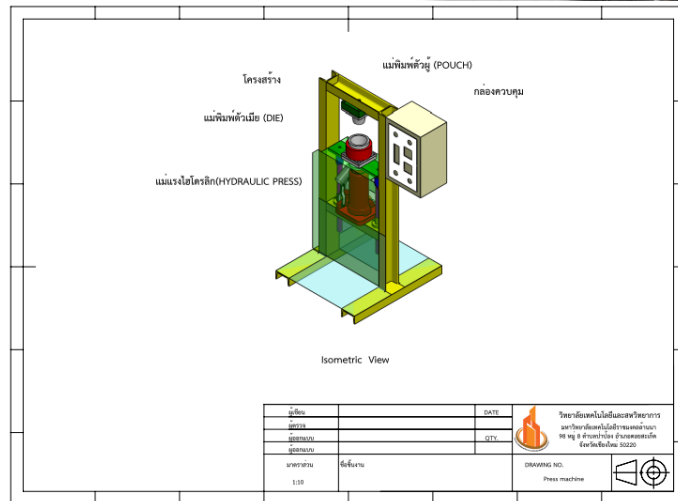
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากใยมะพร้าว

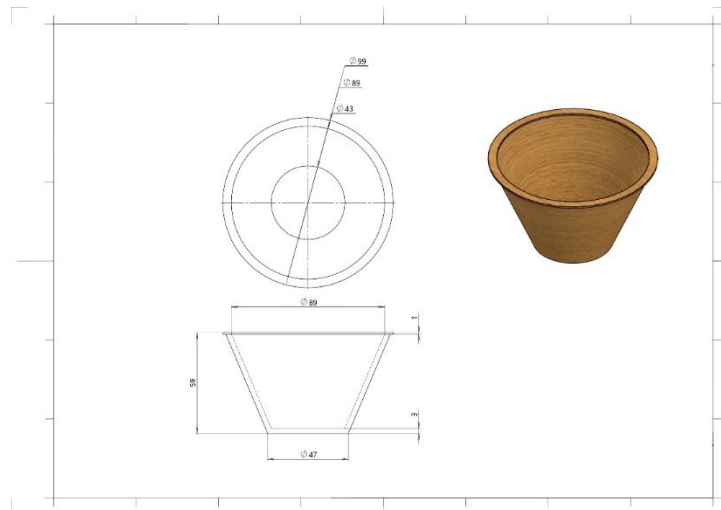
กระบวนการขึ้นรูปกระดาษจะใช้การอัดด้วยความร้อน ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แรงอัดช่วง 100-150 นิวตัน ใน 3 สภาวะได้แก่ อุณหภูมิ 100 130 และ 160 องศาเซลเซียส เวลา 3 6 และ 9 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีการกำหนดสูตรในการผลิต คือ ใยมะพร้าว 65% แป้งมันสำปะหลัง 30% และน้ำ 5% ทำการบันทึกข้อมูลจากการสังเกตด้วยตาเปล่าถึง คุณลักษณะภายนอกของกระดาษ เช่น ความเรียบ ความขรุขระ เป็นต้น โดยมีการศึกษาปัจจัยด้านสภาวะการขึ้นรูปที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของกระดาษ โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ผลการทดลอง และใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูล แบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomization) ซึ่งสามารถออกแบบการทดลองได้ดังนี้ ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ในกระบวนการขึ้นรูปกระดาษ ซึ่งทำการขึ้นรูปตาม แผนการขึ้นรูปกระดาษจากใยมะพร้าว คืออุณหภูมิในการขึ้นรูป โดยมีระดับปัจจัย (Factor Level) 3 ระดับ (100 130 และ 160 องศาเซลเซียส) เวลาในการขึ้นรูป มีระดับปัจจัย 3 ระดับ (3 6 และ 9 นาที) โดยทำการทดลองซ้ำภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน (Replication) เท่ากับ 3 ซ้ำ แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2 การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระดาษต้นไม้จากใยมะพร้าว

งานวิจัยนี้มีการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปกระดาษต้นไม้จากใยมะพร้าว ดังรูปที่ 3 เครื่องอัดประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 โครงสร้าง ซึ่งเป็นฐานหลัก มีความกว้างยาวสูง 45 x 50 x 90 เซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อรับน้ำหนักแรงกดอัด ส่วนที่ 2 ระบบการกดอัดไฮดรอลิก ประกอบด้วยแม่แรงไฮดรอลิก (Hydraulic press) ขนาด 20 ตัน เพื่อทำหน้าที่เป็นส่วนสร้างกลไกการขับเคลื่อนในการอัด และส่วนที่ 3 แม่พิมพ์กระดาษ (mold) ผลิตมาจากอะลูมิเนียม เกรด 5083 ในลักษณะแม่พิมพ์รูปรวย ประกอบด้วยแม่พิมพ์ตัวผู้ (pouch) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มิลลิเมตร สูง 55 มิลลิเมตร และแม่พิมพ์ตัวเมีย (die) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร สูง 65 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3 มีระบบให้ความร้อนชุดด้านบนด้วยฮีตเตอร์ชนิด แบบแท่ง (Cartridge heater) จำนวน 1 ตัว และมีระบบให้ความร้อนชุดด้านล่างแบบรัดท่อ (Band Heater) จำนวน 1 ตัว ทำการติดตั้งโพรบวัดอุณหภูมิ ตั้งค่าความสามารถในการให้ความร้อนที่ระดับ 50-200 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่องอัดกระดาษด้วยความร้อน



รูปที่ 4 การออกแบบแม่พิมพ์ (mold) กระดาษเพาะชำรูปแบบทรงกรวย

จากนั้นทำการศึกษาความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดกระดาษ ด้วยการเตรียมวัสดุดิบในการขึ้นรูปกระดาษเพาะชำที่ประกอบด้วยอัตราส่วนระหว่าง โยมะพร้าว:แป้งมันสำปะหลัง:น้ำ เท่ากับ 65:30:5 พร้อมทั้งทำการกดอัดด้วยเครื่องอัดกระดาษที่สร้างขึ้น ด้วยการใช้แรงอัดด้วยความร้อน ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แรงอัดช่วง 100-150 นิวตัน ใน 3 สภาวะได้แก่ อุณหภูมิ 100 130 และ 160 องศาเซลเซียส เวลา 3 6 และ 9 นาที ตามลำดับ

3.3 การเตรียมเส้นโยมะพร้าวเพื่อทดสอบการกดอัด

ทำการแยกโยมะพร้าวออกจากเปลือกมะพร้าวแห้ง ด้วยการขั้ดสี จะได้ออกมา 2 ส่วนประกอบได้แก่ ชูมะพร้าว และโยมะพร้าว ทำการแยกเอาโยมะพร้าวมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็น เก็บในถุงพลาสติก เพื่อรอนามาสผสมกับแป้งเปียก ที่อัตราส่วนโดยมวล ดังนี้ โยมะพร้าว:แป้งมันสำปะหลัง:น้ำ เท่ากับ 65:30:5

3.4 การทดสอบหาค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ

ทำการศึกษาศสมบัติเชิงกลของกระถางจากใยมะพร้าวที่อัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ด้านความสามารถในการซึมน้ำ วิธีการนำกระถางเพาะชำจากวัสดุธรรมชาติไปแช่ลงในน้ำ ใช้ตามมาตรฐาน ABNT NM ISO โดยตัดแต่งชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทดสอบ จากนั้นนำชิ้นงานนำไปแช่น้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำชิ้นมาชั่งน้ำหนักหลังทดสอบ บันทึกน้ำหนักทั้งก่อนและหลังแช่น้ำ ทำซ้ำจำนวน 3 ชิ้น นำไปหาค่าเฉลี่ย โดยค่าร้อยละการดูดซึมน้ำคำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{water absorption} = \frac{[m_2 - m_1]}{m_1} \times 100$$

เมื่อ % water absorption = เปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ

m_1 = มวลก่อนแช่น้ำ (g)

m_2 = มวลหลังแช่น้ำ (g)

3.5 ทดสอบการหาค่าความหนาแน่น เพื่อเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของชิ้นงาน โดยตัดชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว ให้มีขนาดกว้าง ยาว หนา แล้วหาปริมาตร หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักของชิ้นงานและบันทึกทำซ้ำจำนวน 3 ชิ้น นำไปหาค่าเฉลี่ย โดยค่าความหนาแน่นของชิ้นงานสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\rho = m/v$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (g/cm³)

m = มวล (g)

v = ปริมาตร (cm³)

3.6 การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนที่จะทำการอัด จากนั้นเมื่อทำการอัดขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้วนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักหลังการขึ้นรูปโดยทำแบบนี้ทั้งหมด 3 ครั้ง ด้วยกัน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

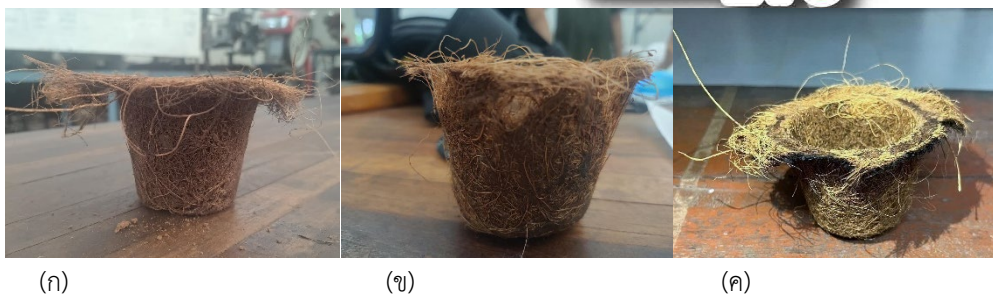
$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100$$

เมื่อ m_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)

m_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า กระถางเพาะชำที่ใช้การกดอัดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ดังรูปที่ 5 (ก) จะมีลักษณะผิวภายนอกที่เรียบ สวยงามและมีการกดอัดที่เต็มพิมพ์ ส่วนการกดอัดที่อุณหภูมิ 100 และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 6 และ 9 นาที ตามลำดับ จะมีลักษณะชิ้นงานภายนอกไม่เรียบ มีการอัดแบบไม่เต็มพิมพ์ อาจเนื่องมาจากการกระจายความร้อนของวัสดุในการผลิตกระถางมีส่วนการวางในแม่พิมพ์ที่ไม่สม่ำเสมอ และอุณหภูมิในการขึ้นรูปไม่เพียงพอที่จะสามารถหลอมแป้งมันสำปะหลังที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานเส้นใยได้อย่างเพียงพอ ดังรูปที่ 5 (ข) นอกจากนี้การผลิตกระถางจากใยมะพร้าวที่อุณหภูมิ 160 เวลา 9 นาที ส่งผลให้ขอบกระถางเพาะชำจากกะลาปากแพและผิวบางส่วนมีการไหม้ เนื่องจาก การอัดด้วยความร้อนเมื่อมีอากาศร้อนสัมผัสกับเส้นใยมะพร้าวและกะลาปากแพที่มีความชื้นต่ำ จะก่อให้เกิดรอยแผลไหม้บนวัตถุ ดังรูปที่ 5 (ค) เป็นต้น



รูปที่ 5 กระจ่างเพาะชำจากใยมะพร้าวกดอัดที่ (ก) อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที (ข) อุณหภูมิ 100 และ 130 องศาเซลเซียส เวลา 3 และ 9 นาที (ค) อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่า ร้อยละการดูดซึมน้ำ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ และร้อยละของความชื้น

Forming Conditions	Water absorption (%)	Density (g/cm ³)	Moisture (%)
100C3mins	123.78 ^{ab} ±10.06	0.45 ^{ns} ±0.01	53.77 ^a ±7.49
100C6mins	129.17 ^a ±14.43	0.45 ^{ns} ±0.01	51.28 ^{ab} ±2.22
100C9mins	124.83 ^{ab} ±14.78	0.45 ^{ns} ±0.01	50.00 ^{abc} ±0.00
130C3mins	119.93 ^{abc} ±4.59	0.45 ^{ns} ±0.01	49.38 ^{abc} ±1.07
130C6mins	109.85 ^{bc} ±11.23	0.45 ^{ns} ±0.01	48.16 ^{abc} ±1.83
130C9mins	118.64 ^{abc} ±9.83	0.44 ^{ns} ±0.02	46.66 ^{bcd} ±2.26
160C3mins	114.29 ^{abc} ±1.55	0.45 ^{ns} ±0.01	44.59 ^{cd} ±1.74
160C6mins	105.01 ^c ±6.61	0.44 ^{ns} ±0.00	42.32 ^d ±2.56
160C9mins	105.91 ^{bc} ±8.41	0.44 ^{ns} ±0.01	40.94 ^d ±2.90

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ตัวยกในแต่ละคอลัมน์บอถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p < 0.05.)

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลดังตารางที่ 1 พบว่า กระจ่างจากใยมะพร้าว ทุกสภาวะการอัดจะมีค่าการดูดซึมน้ำระหว่าง ร้อยละ 103.78-119.93 มีค่าความหนาแน่นของวัสดุ เท่ากับ 0.44-0.45 (g/cm³) และมีค่าร้อยละของความชื้นระหว่าง ร้อยละ 40.94-53.77 จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า ค่าความหนาแน่นของกระจ่างในทุกสภาวะการกดอัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) ในขณะที่ร้อยละของการดูดซึมน้ำของทุกสภาวะการขึ้นรูปกระจ่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) โดยการกดอัดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด เท่ากับ 105.01 และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณร้อยละของความชื้น พบว่า ทุกสภาวะของการกดอัดขึ้นรูปกระจ่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) โดยการกดอัดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 นาที จะมีร้อยละของความชื้นในกระจ่างหลังการกดอัดต่ำที่สุด เท่ากับ 42.32 และ 40.94 ตามลำดับ จากข้อมูลพบความสัมพันธ์ของการใช้อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูป จะเห็นว่า เมื่อกระบวนการขึ้นรูปกระจ่างด้วยความร้อนสูงและเวลาที่เหมาะสมจะแปรผันตรงกับ ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ และค่าร้อยละของความชื้นที่ลดลง เนื่องจากการใช้ความร้อนที่สูงขึ้นจะทำให้ไอน้ำในวัสดุสามารถระเหยออกได้อย่างรวดเร็วประกอบกับเวลาที่นานขึ้นจนทำให้ไอน้ำในวัสดุระเหยออกได้อย่างเหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดการไหม้ของผิววัสดุ และสอดคล้องกับ (Jhider and Bagané, 2020) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ดินเหนียวและประสิทธิภาพการแพร่ ซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการอบแห้งและสัมประสิทธิ์การแพร่จะมีค่าเพิ่มขึ้น

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปกระถางเพาะชำต้นไม้จากใยมะพร้าว พบว่าการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยเครื่องอัดกระถางที่ออกแบบ โดยมีการกำหนดช่วงความเหมาะสมของการใช้งาน อยู่ที่อุณหภูมิ 50-200 องศาเซลเซียส ที่แรงอัด 100-150 นิวตัน และใช้งานร่วมกับแม่พิมพ์ทรงกรวย จะเห็นได้ว่า สถานะการกดอัดกระถางจากใยมะพร้าวที่มีความเหมาะสมที่สุด คือ การกดอัดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที สามารถผลิตกระถางที่มีความสวยงาม และมีสมบัติเชิงกลด้านร้อยละการดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และร้อยละของความชื้น อยู่ในระดับที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับทุกสถานะ โดยการใช้ความร้อนสูงจะส่งผลให้น้ำบนผิววัสดุสามารถระเหยออกได้อย่างรวดเร็วประกอบกับเวลาที่นานขึ้นจนทำให้น้ำในวัสดุระเหยออกได้อย่างเหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดการไหม้ของผิววัสดุ ในขณะที่การใช้เวลาและแรงกดที่เหมาะสมจะทำให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบ อย่างไรก็ตามการใช้สถานะการกดอัดที่ 160 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที จะแสดงถึงผิวกระถางที่มีรอยไหม้ เนื่องจากการใช้เวลาในการกดอัดนานเกินไป

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง การสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัตถุดิบเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตกาแฟ : กระถางเพาะชำพืชจากกะลากาแฟที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ภายใต้การสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ทูน Fundamental Fund'67

7. เอกสารอ้างอิง

คชินท์ สายอินทวงศ์ (2567). Dry process. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/2kHTO>. เมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2567.

ณคนัท รักชารักษ์ ธเนศ รัตนวีไล และ ชัยณรงค์ ศรีวะบุตร. (2562). ผลของเส้นใยเหลือใช้จากเศษวัสดุทางการเกษตรต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของวัสดุไม้ผสมพลาสติกจากพอลิโพรพิลีน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*. ปีที่ 42 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม. 327-338 p.

พงศธร หนูเล็ก ,จิราณัฐวัฒน์ แสงมุกด์และชินพันธ์ุ แซ่ซิม. 2567. การทำกระถางต้นไม้จากขุยมะพร้าว. สืบค้นจาก <http://www.decorreport.com/a29385>. เมื่อวันที่ 20 มิถุนายน2567.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. 2560. กรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุของประเทศไทย พ.ศ. 2560-2569. บริษัทพรินท์ ซิตี. กรุงเทพมหานคร. 113 น.

Jhider, N. and Bagané , M. 2020. Investigation of the effect of temperature on Tunisian clay product during drying process. *Heat Mass Transfer* 56: 2015-2024.

Lertwattanaruk, P. and Masuwan, K., 2015, "Investigation of Sound Insulation Properties of Fiber Cement Board Containing Natural Fibers," *KMUTT Research and Development Journal*, 38 (1), pp. 71-86. (In Thai)

Oladipo, F.O., O.D. Olorunfemi, O.D. Adetoro and T.O. Oladele. 2017. Farm waste utilization among farmers in Irepodun local government area, Kwara State, Nigeria: implication for extension education service delivery. *Ruhuna Journal of Science* 8: 1-11.

Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. Thailand's Roadmap on Plastic Waste Management 2018-2030. [Online]. (2024). [Cited June 2024]. Available: https://www.pcd.go.th/wpcontent/uploads/2021/10/pcdnew-2021-10-19_08-5931_527174.pdf

ผลของการเติมแป้งกล้วยและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หมูแผ่นรสพริกฉาบเหนียว

นภาพร ดีสนาม^{1*} ธมล แซ่ย่าง² อีรวัดน์ เทพใจกาศ³ รุ่งทิวา กองเงิน⁴ และวัชรีย์ เทพโยธิน⁵

^{1 2 3 4 5} สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail: mamnapadee@rmutl.ac.th, 0894334135

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรน้ำพริกฉาบที่เหมาะสมต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยศึกษาการทำหมูแผ่นรสพริกฉาบจำนวน 3 สูตร และศึกษาปริมาณการเติมแป้งกล้วยร้อยละ 7 และ 9 ของน้ำหนักเนื้อหมูร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 0.2 และ 4 ของน้ำหนักเนื้อหมู วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่า น้ำพริกฉาบสูตรที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หมูแผ่นประกอบไปด้วย พริกแห้ง เม็ดผักชี มะแขว่น ดีปลี พริกไทยดำ เกลือป่น ข่า ตะไคร้ หอมแดง และกระเทียม ร้อยละ 37.34 5.45 2.24 3.51 6.57 5.89 5.97 10.6 16.43 และ 5.97 ตามลำดับ การเติมแป้งกล้วยร้อยละ 9 และโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4 ของน้ำหนักเนื้อหมูมีความเหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด และมีปริมาณความชื้นหลังทอดต่ำ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยหยาบมากกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคที่ระดับคะแนนความชอบปานกลาง

คำสำคัญ: หมูแผ่น, พริกฉาบ, แป้งกล้วย, โปรตีนถั่วเหลือง

The effects of adding banana flour and soy protein isolate on the development of northern Laab-chili paste flavored dried pork

Napaporn Deesanam^{1*} Thamon Saeyang² Teeravat Tepjaikad³
Rungtiwa Kongngoen⁴ and Watcharee Thepyothin⁵

*^{1 2 3 4 5} Department of Agro-industry Faculty of Science and Agricultural Technology,
Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang
200 Moo 17 Tumbol Phichai Muang Lampang Province 52000 Thailand

*E-mail: mamnapadee@rmutl.ac.th, 0894334135

Abstract

This research aimed to study the Laap chilli paste formula in developing Laap chilli paste-flavored dried pork (LDP) with consumer acceptance. Preparing LDP from three formulas was performed. Examining the addition of 7% and 9% banana flour and 0%, 2% and 4% soy protein by weight of pork was carried out. The experimental design was a 2x3 factorial in a Completely Randomized Design (CRD). Chemical and sensory qualities were analyzed. The results revealed that the optimal formula for making LDP consisting of dried chili, coriander seed, Ma-kwaen, Dee-pli, black pepper, salt, galangal, lemongrass, shallots, and garlic in the proportions of 37.34%, 5.45%, 2.24%, 3.51%, 6.57%, 5.89%, 5.97%, 10.6%, 16.43%, and 5.97%, respectively. Adding 9% banana flour and 4% soy protein by weight of pork was appropriate for the product development. Panelists rated the sensory quality of texture the highest, and the product had low moisture content after frying. The final product contained higher levels of protein and crude fiber compared to the control formula ($p \leq 0.05$) and received a score of moderate sensory acceptance from consumers.

Keywords: *Dried Pork, Laab chilli paste, Banana flour, Soy protein*

1. บทนำ

หมูแผ่นเป็นประเภทผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวหรืออาหารว่าง (Snack) ที่ผู้บริโภคทั่วไปนิยมรับประทาน เนื่องจากเก็บรักษาไว้ได้นาน รับประทานได้ง่าย สะดวกต่อการพกพา ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดยังไม่มีหลากหลายมากนักในเรื่องของรสชาติและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ จากงานวิจัยการรับประทานอาหารประเภทอาหารว่าง ผู้บริโภคอาหารว่างมีประมาณ 3 ใน 4 (ร้อยละ 74.2) ของประชากรอายุ 6 ปีขึ้นไป โดยประชากรวัยเด็ก (6-14 ปี) มีการบริโภคอาหารว่างสูงสุดร้อยละ 89.2 รองลงมาคือ วัยเยาวชน (15-24 ปี) ร้อยละ 82.8 วัยทำงาน (25-29 ปี) ร้อยละ 72.6 ส่วนวัยสูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) บริโภคอาหารว่างต่ำสุดร้อยละ 62.3 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560)

ลาบเหนียวหรือลาบพื้นเมืองเป็นอาหารพื้นบ้านที่คนทางภาคเหนือนิยมรับประทานเป็นอาหารหลัก ทำจากเนื้อหมูบดสับละเอียดผสมเครื่องในหั่น เติมเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศหลายชนิดที่หาได้ง่ายเฉพาะภาคเหนือ เช่น ตีปลี มะแขว่น มะแหลบ เม็ดผักชี พริกไทยดำ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของอาหารล้านนา การทำลาบเหนียวไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานและมีขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยากเนื่องจากต้องเตรียมส่วนผสมหลายอย่าง จึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความสะดวก มีความหลากหลาย และมีความแปลกใหม่เหมาะสมกับคนในยุคปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลาบหมูพื้นเมือง (อภิรดา, 2554) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสาวยรสลาบ (ธนวรรณ และคณะ, 2566) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูแผ่นให้มีกลิ่นรสลาบเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัสแก่ผู้บริโภค เพิ่มเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์หมูแผ่น และช่วยเพิ่มความหลากหลายผลิตภัณฑ์ให้แก่ผู้บริโภค

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หมูแผ่นตามความหมายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2553) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อหมูมาล้างให้สะอาด นำไปแช่แข็ง แล้วนั้นเป็นแผ่นหรือใช้เนื้อหมูบด ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊วขาว อาจเติมไข่ขาว กรณีใช้เนื้อหมูบดนำมาแผ่เป็นแผ่นทำให้แห้งโดยให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่นแล้วบึ่งหรืออบให้สุก หมูแผ่นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ห้ามใช้สีทุกชนิด ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด ห้ามใช้โซเดียมไนเตรต โพแทสเซียมไนเตรต โซเดียมไนไตรต์ หรือโพแทสเซียมไนไตรต์ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity) ต้องมีไม่เกิน 0.6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553)

น้ำพริกเป็นอาหารพื้นบ้านที่รู้จักกันมาเป็นเวลานาน นิยมทำจากพืชสมุนไพรไทยได้แก่ พริก กระเทียม หัวหอม เครื่องเทศที่มีกลิ่นแรง ผักท้องถิ่นต่าง ๆ โขลกรวมกันกับเนื้อสัตว์หรือสัตว์น้ำ ซึ่งสมุนไพรแต่ละชนิดของแต่ละท้องถิ่นมีฤทธิ์ในทางยา เช่น พริกแห้งและกระเทียมมีฤทธิ์ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันของร่างกาย หอมแดงช่วยป้องกันการอักเสบ ป้องกันเชื้อแบคทีเรียและไวรัส น้ำพริกมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับส่วนประกอบหลักของท้องถิ่นนั้น เช่น ภาคเหนือนิยมจะใช้ถั่วเน่าเป็นส่วนประกอบหลัก ภาคอีสานมักจะใช้ปลาร้า และภาคใต้นิยมปรุงน้ำพริกด้วยน้ำบูดู เป็นต้น (นิรนาม, ม.ป.ป.) ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาปริมาณการเติมน้ำพริกที่ผสมในสูตรหมูแผ่น และช่วยเสริมภูมิคุ้มกันร่างกายให้แก่ผู้บริโภค

3.วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสูตรน้ำพริกลาบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหมูแผ่น โดยเตรียมส่วนผสม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมน้ำพริกลาบสูตรที่ศึกษา

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 (ร้อยละ)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ)
1. พริกแห้ง	86.51	88.94	37.34
2. เม็ดผักชี	1.26	1.30	5.45
3. มะแขว่น	0.78	0.80	2.24
4. เทียนข้าวเปลือก	1.66	1.71	-
5. มะแหลบ	0.87	-	-
6. ดีปลี	2.27	2.33	3.51
7. พริกไทยดำ	0.29	0.30	6.57
8. กานพลู	0.26	0.53	-
9. โป๊ยกั๊ก	0.43	0.44	-
10. ลูกจันทร์เทศ	1.56	1.60	-
11. ดอกจันทร์เทศ	0.83	0.85	-
12. อบเชย	1.16	0.79	-
13. กระวาน	0.38	0.39	-
14. เกลือป่น	1.73	-	5.89
15. ข่าแก่ซอย	-	-	5.97
16. ตะไคร้ซอย	-	-	10.60
17. หอมแดง	-	-	16.43
18. กระเทียม	-	-	5.97
รวม	99.98	100	99.97

หมายเหตุ สูตรที่ 1 ศูนย์สนเทศภาคเหนือ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ม.ป.ป.)

สูตรที่ 2 Narubet (2560)

สูตรที่ 3 ลาบของกินคนเมือง (อาหารภาคเหนือ) นรินาม (2555)

การผลิตหมูแผ่นโดยเติมน้ำพริกลาบสูตรที่ศึกษาในสูตรพื้นฐานซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหมูบด น้ำตาลทรายขาว ซีอิ้วขาว น้ำพริกลาบ ร้อยละ 83.33 12.5 2.5 1.66 ตามลำดับ ขนาดส่วนผสมทั้งหมดจนเหนียว จากนั้นนำส่วนผสมใส่ในถุงพลาสติกชนิดร้อน ขนาด 7×9 นิ้ว ถุงละ 50 กรัม และนำมารีดให้เป็นแผ่นเรียบความหนา 2±0.5 มิลลิเมตร ตัดขอบถุงพลาสติก 2 ด้านและเปิดถุงออก ให้อาหารสัมผัสกับลมร้อน นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 4±0.5 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ดังนี้

1.1 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยวิธี AOAC (2000) และวัดค่า water activity (Aw) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMNRT) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

1.2 ทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุดโดยใช้ผู้ทดสอบชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 60 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMNRT) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

2. ศึกษาการเติมโปรตีนถั่วเหลืองและแป้งกล้วยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหมูแผ่น โดยนำสูตรที่คัดเลือกจากข้อ 1. มาศึกษาการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 0 2 และ 4 ของน้ำหนักเนื้อหมูรวมกับการเติมแป้งกล้วยร้อยละ 7 และ 9 ของน้ำหนักเนื้อหมู วิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ดังข้อ 1.1 และ 1.2

3. ศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสของหมูแผ่นรสพริกฉาบ

นำสูตรที่เหมาะสมจากข้อ 2. เปรียบเทียบสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมน้ำพริกฉาบมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยหาปริมาณความชื้นก่อนและหลังทอด วัดค่า Aw วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน และวิเคราะห์เส้นใยหยาบโดยวิธี AOAC (2000) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วย T-test วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMNRT) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จากนั้นทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

4. ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสูตรน้ำพริกฉาบที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์หมูแผ่น

จากตารางที่ 1 พบว่า สูตรที่ 1 และ 3 ปริมาณความชื้นก่อนทอดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สูตรที่ 2 มีปริมาณความชื้นก่อนทอดน้อยที่สุด ($p\leq 0.05$) เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของเกลือและมีพริกแห้งมากกว่าสูตร 1 และ 3 สำหรับสูตรที่ 3 มีปริมาณความชื้นมากเนื่องจากมีส่วนผสมของข้าว ตะไคร้ หอมแดง และกระเทียม ยกเว้นสูตร 1 และ 2 ส่วนค่า Aw ก่อนทอดสูตรที่ 2 และ 3 น้อยกว่าสูตร 1 ($p\leq 0.05$) สูตรที่ 3 มีความชื้นสูงแต่มีค่า Aw ต่ำอาจเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้มาก

ปริมาณความชื้นและค่า Aw หลังทอดพบว่าทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่า Aw ทั้ง 3 สูตรก่อนและหลังทอดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.46-0.52 ดังนั้นผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกฉาบจึงจัดได้ว่าเป็นอาหารแห้ง อาหารแห้งมีค่า Aw น้อยกว่า 0.6 มีความชื้น (Moisture content) น้อย (ต่ำกว่าร้อยละ 15) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.) ซึ่งอาหารแห้งเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียไม่สามารถเจริญได้ การลดค่า Aw ของอาหารให้ต่ำกว่า 0.6 จะช่วยลดการเจริญของเชื้อรา

ตารางที่ 1 ผลของการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า Aw ของผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกฉาบ

สูตร	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)		ค่า Aw	
	ก่อนทอด	หลังทอด ^{ns}	ก่อนทอด	หลังทอด ^{ns}
สูตรที่ 1	7.32 ^a ±0.17	4.10±0.81	0.52 ^a ±0.01	0.52±0.00
สูตรที่ 2	6.73 ^b ±0.23	4.01±0.19	0.47 ^b ±0.02	0.49±0.00
สูตรที่ 3	7.26 ^a ±0.17	4.07±2.46	0.46 ^b ±0.01	0.49±0.00

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาพริกฉาบที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หมูแผ่น โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และด้านความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนด้านสี และกลิ่นรสของพริกฉาบจะเห็นได้ว่าสูตรที่ 3 มีคะแนนการยอมรับด้านสีและกลิ่นรสของพริกฉาบมากกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ($p\leq 0.05$) เนื่องจากสูตรที่ 3 มีเม็ดผักชี มะแขว่น ตีปลี และพริกไทยดำมากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 และยังมี ข้าว ตะไคร้ หอมแดง และกระเทียม ในขณะที่สูตร 1 และ 2 ไม่มีสมุนไพรกลุ่มนี้ สมุนไพรที่มีสารประกอบหลายชนิดแบ่งเป็นสารมีขี้ สารกึ่งมีขี้ และไม่มีขี้ สารประกอบคาร์โบไฮเดรตของสมุนไพรอาจมีส่วนช่วยให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล Maillard reaction นอกจากนี้กรดอินทรีย์ โกลโคไซด์ ฟีนอลิก และน้ำมันหอมระเหย (volatile oils) ของสมุนไพรช่วยปรับปรุงกลิ่นรสที่ดีของหมูแผ่น ดังนั้นจึงเลือกสูตรพริกฉาบสูตรที่ 3 นำไปพัฒนาในขั้นตอนต่อไปเนื่องจากสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นรสที่ดี ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของหมูแผ่นรสลาบทั้ง 3 สูตร

สูตร	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี	กลิ่นรสพริกลาบ	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
1	6.7±1.3	6.8 ^b ±1.3	5.6 ^b ±1.6	5.7±1.6	6.0±1.3	6.2±1.4
2	6.7±1.2	6.5 ^c ±1.2	6.3 ^a ±0.9	6.1±1.2	6.1±1.3	6.5±1.1
3	6.9 ±1.3	7.3 ^a ±0.9	6.3 ^a ±0.9	6.1±1.6	5.9±1.5	6.5±1.4

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาการเติมโปรตีนถั่วเหลืองและแป้งกล้วยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหมูแผ่น

จากตารางที่ 3 การเติมแป้งกล้วยในระดับที่ต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นก่อนทอด ($p>0.05$) ส่วนปริมาณความชื้นหลังทอดของตัวอย่างที่เติมแป้งกล้วยร้อยละ 9 มีความชื้นน้อยกว่าตัวอย่างที่เติมแป้งกล้วยร้อยละ 7 ($p\leq 0.05$) การเติมแป้งกล้วยในระดับที่สูงส่งผลให้ปริมาณความชื้นหลังทอดต่ำกว่าอาจเนื่องจากปริมาณแป้งกล้วยที่เติมสูง อาจทำให้โครงสร้างหมูแผ่นหนาแน่นมากจากกระบวนการทำแห้งส่งผลให้ปริมาณความชื้นต่ำกว่าหลังทอด สำหรับงานวิจัยของสุภรัตน์และคณะ (2553) การเติมแป้งมันในหมูแผ่นกรอบ พบว่ามีความชื้นร้อยละ 4

การเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 0 และ 4 มีผลทำให้ปริมาณความชื้นก่อนทอดน้อยกว่าการเติมร้อยละ 2 อาจเป็นไปได้ว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 2 จะดูดซับปริมาณน้ำได้เพียงพอในการก่อให้เกิดเจลที่สามารถอุ้มน้ำได้มากกว่า แต่การเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 2 มีผลต่อปริมาณความชื้นหลังทอดอาจเป็นไปได้ว่าการเกิดเจลที่สามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าส่งผลให้มีความชื้นหลังทอดสูงกว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 0 และ 4 ($p\leq 0.05$)

ผลของการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกลาบทั้ง 6 สูตร พบว่า ปริมาณความชื้นหลังทอดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ปริมาณความชื้นก่อนทอดของสูตรแป้งกล้วยร้อยละ 7 โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 2 มีค่าปริมาณความชื้นมากกว่าทุกสูตร ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยกว่าทุกสูตร ($p\leq 0.05$) อาจทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งและเหนียว จากงานวิจัยของ (Choi และคณะ, 2558) ศึกษาอิทธิพลของสภาวะ (อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้ง) พบว่าการเพิ่มสารที่ช่วยในการยึดเกาะเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อปริมาณความชื้น ค่า Aw และการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง

คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบรวมอยู่ในช่วง 6.5-6.8, 6.2-6.6, 6.1-6.4, 6.2-6.5 และ 6.4-6.6 ตามลำดับ ส่วนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนน้อยกว่าทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่มีการเติมแป้งกล้วยร้อยละ 9 โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4 เพื่อเสริมเส้นใยอาหารและเสริมโปรตีนให้สูงขึ้น โดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสมากและมีปริมาณความชื้นต่ำ

ตารางที่ 3 ผลของการวิเคราะห์ความชื้นก่อนและหลังทอดผลิตภัณฑ์และคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส

ปัจจัย	ความชื้นก่อนทอด	ความชื้นหลังทอด
แป้งกล้วย (ร้อยละ)	(ร้อยละ)	(ร้อยละ)
7	10.56 ^{ns} ±2.13	4.01 ^a ±0.48
9	10.32±0.83	3.06 ^b ±0.95
โปรตีนถั่วเหลือง (ร้อยละ)		
0	10.10 ^b ±0.96	3.74 ^a ±0.87
2	11.31 ^a ±2.36	3.12 ^b ±0.62
4	9.91 ^b ±0.59	3.74 ^a ±1.03

แป้งกล้วย (ร้อยละ)	โปรตีนถั่วเหลือง(ร้อยละ)	คะแนนความชอบเนื้อสัมผัส		
7	0	9.42 ^c ±0.16	4.01 ^{ns} ±0.52	6.0 ^{ab} ±1.4
7	2	12.76 ^a ±2.56	3.65±0.33	5.8 ^b ±1.3
7	4	9.49 ^c ±0.18	4.37±0.31	6.2 ^{ab} ±1.2
9	0	10.77 ^b ±0.95	3.47±1.10	6.3 ^a ±1.4
9	2	9.86 ^{bc} ±0.77	2.59±0.27	6.4 ^a ±1.4
9	4	10.34 ^{bc} ±0.55	3.11±1.12	6.3 ^a ±1.1

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3. ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสของหมูแผ่น

จากตารางที่ 4 ค่า Aw ของหมูแผ่นสูตรควบคุมทั้งก่อนและหลังทอดมีค่า Aw มากกว่าสูตรหมูแผ่นรสพริกเกลือ (p<0.05) เนื่องจากสูตรหมูแผ่นรสพริกเกลือมีการเติมพริกเกลือ ปริมาณแป้งกล้วยและโปรตีนถั่วเหลือง แต่อย่างไรก็ตามทั้งหมูแผ่นสูตรควบคุมและหมูแผ่นรสพริกเกลือมีค่า Aw อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช.100/2553 ค่า Aw ต้องไม่เกินร้อยละ 0.6 ปริมาณความชื้นก่อนทอดและหลังทอดทั้งหมูแผ่นสูตรควบคุมและสูตรหมูแผ่นรสพริกเกลือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ปริมาณความชื้นก่อนและหลังทอดไม่แตกต่างกัน (p>0.05) จากการทดลองนี้หมูแผ่นมีความหนา 2±0.5 มิลลิเมตร มีปริมาณความชื้นสุดท้าย 8.26±2.01 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาหมูแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยลมร้อน เอก และคณะ (2562) ที่ได้ศึกษาหมูแผ่นความหนา 1.3 มิลลิเมตร มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 14-15 และความหนา 2.2 มิลลิเมตร มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 29-30 ส่วนปริมาณโปรตีนและเส้นใยหยาบสูตรหมูแผ่นรสพริกเกลือสูงกว่าสูตรควบคุม (p<0.05) ซึ่งงานวิจัยของ สุภรัตน์ และคณะ (2553) พบว่า ผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบผสมแป้งมันร้อยละ 25 และ 35 มีความชื้นร้อยละ 4 โปรตีนร้อยละ 30 เถ้าร้อยละ 7 และมีค่า Aw เท่ากับ 0.3

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกเกลือ

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	หมูแผ่นสูตรควบคุม	หมูแผ่นรสพริกเกลือ
ค่า Aw ก่อนทอด	0.36 ^a ±0.00	0.34 ^b ±0.00
ค่า Aw หลังทอด	0.14 ^a ±0.01	0.11 ^b ±0.00
ความชื้นก่อนทอด (ร้อยละ) ^{ns}	8.25±0.36	8.26±2.01
ความชื้นหลังทอด (ร้อยละ) ^{ns}	2.99±0.85	2.65±0.45
โปรตีน (ร้อยละ)	37.94 ^b ±0.87	40.50 ^a ±2.35
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	0.94 ^b ±0.14	2.25 ^a ±0.23

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้ว โดยผู้บริโภคทั้งหมดจำนวน 100 คน ประกอบด้วยเพศหญิงร้อยละ 74 และเพศชายร้อยละ 26 มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 21-30 ปีร้อยละ 90 รองลงมาต่ำกว่า 20 ปีร้อยละ 9 และ 31-40 ปีร้อยละ 1 ระดับการศึกษาปริญญาตรีร้อยละ 94 รองลงมาคือ ปวส./อนุปริญญาร้อยละ 6 มีอาชีพเป็นนักเรียน นักศึกษาร้อยละ 98 รับจ้างร้อยละ 1 และอื่น ๆ ร้อยละ 1 รายได้ต่อเดือนอยู่ที่ ต่ำกว่า 5,000 บาทร้อยละ 81 รองลงมาคือ 5,001-10,000 บาทร้อยละ 16 รองลงมา 10,001-20,000 บาทร้อยละ 2 และมากกว่า 30,001 บาทขึ้นไปร้อยละ 1

ผู้บริโภคส่วนใหญ่เคยรับประทานผลิตภัณฑ์หมูแผ่น โดยเฉพาะหมูแผ่นรสดั้งเดิมจำนวน 84 คน รองลงมาคือ รสกระเทียม พริกไทย จำนวน 15 คน หมูแผ่นบาบีคิว จำนวน 6 คน หมูแผ่นเจ จำนวน 7 คน และอื่น ๆ จำนวน 1 คน โดยเหตุผลในการเลือกซื้อ คือ รสชาติจำนวน 71 คน รองลงมาคือ บรรจุภัณฑ์ 32 คน ราคาถูก 25 คน หาซื้อได้ง่าย 24 คน ปริมาณ 22 คน คุณค่าทางโภชนาการ 21 คน และโฆษณาให้ความมั่นใจจำนวน 9 คน ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์หมูแผ่นท่านจะซื้อจากแหล่งร้านสะดวกซื้อ 7-11 จำนวน 47 คน ร้านขายของชำทั่วไป 42 คน ซูเปอร์มาร์เก็ต 24 คน และตลาด 37 คน ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์หมูแผ่นที่มีขนาดบรรจุ 100 กรัม จำนวน 34 คน รองลงมาคือ 37 กรัม จำนวน 32 คน 70 กรัม จำนวน 30 คน และ 170 กรัม จำนวน 4 คน ความถี่ของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์หมูแผ่น นาน ๆ ครั้ง จำนวน 69 คน รองลงมาคือ 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ จำนวน 13 คน ถ้ามีผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกไทยจำหน่ายผู้บริโภคสนใจที่จะซื้อจำนวน 95 คน ไม่ซื้อจำนวน 5 คน และถ้าหากมีการนำผลิตภัณฑ์หมูแผ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เป็น หมูแผ่นรสพริกไทย ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับ จำนวน 98 คน และไม่ยอมรับ 2 คน

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-Point Hedonic Scale ในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคมอบรับผลิตภัณฑ์โดยได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.2 ถึง 7.6 อยู่ในช่วงระดับความชอบปานกลาง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คนต่อผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกไทย

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ
ลักษณะปรากฏ	7.4±0.95
สี	7.3±1.22
กลิ่นรส	7.5±1.23
รสชาติ	7.4±1.26
เนื้อสัมผัส	7.6±1.09
ความชอบรวม	7.6±1.09

5. สรุปและอภิปรายผล

สูตรน้ำพริกไทยที่เหมาะสมในการผลิตหมูแผ่นประกอบด้วย พริกแห้ง เม็ดผักชี มะแขว่น ดีปลี พริกไทยดำ เกลือป่น ข่า แกะข่อย ตะไคร้ข่อย หอมแดง และกระเทียม ร้อยละ 37.34 5.45 2.24 3.51 6.57 5.89 5.97 10.6 16.43 และ 5.97 ตามลำดับ การเติมแป้งกล้วยร้อยละ 9 โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4 ของน้ำหนักเนื้อหมู ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสสูงและมีปริมาณความชื้นต่ำ ผลิตภัณฑ์หมูแผ่นรสพริกไทยที่ได้รับการพัฒนาแล้วมีค่า Aw ก่อนและหลังทอดต่ำกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และผู้บริโภคมอบรับผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงมาก ดังนั้นการพัฒนาสูตรหมูแผ่นรสพริกไทยเนื้อจึงช่วยเพิ่มโปรตีนและเส้นใยอาหารและมีสมุนไพรหลายชนิดที่เสริมฤทธิ์ในทางยาให้แก่ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันโรคให้แก่ผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพและยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

6. เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. (ม.ป.ป). ลาบของกินคนเมือง (อาหารเหนือ) แหล่งที่มา:

https://thailandschiangmai.blogspot.com/2012/07/blog-post_18.html, 5 พฤษภาคม 2563.

นิรนาม. (ม.ป.ป). น้ำพริกสมุนไพร. แหล่งที่มา: <https://www.thaitastetherapy.com/immune-booster/thai-style-herb-dip/>, 16 กรกฎาคม 2563.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. (ม.ป.ป). Moisture content / ความชื้น. แหล่งที่มา:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0830/moisture-content-ความชื้น>,

2 กรกฎาคม 2563.

ธนวรรณ มุสิกกา จิรายุ มุสิกกา และพนารัตน์ สังข์อินทร์. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสาวยรสลาบ.

แหล่งที่มา: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/STJS/article/view/258931/177167> วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566. หน้า 1-12.

อภิรดา รินพล. (2555). รายงานการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลาบหมูพื้นเมือง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

เอก ปัญญาธิ์น จีระพงษ์ เล็กอ่อน กัญญา กุลสุวรรณ และภูมิใจ สอาดโฉม. (2562). การศึกษาระยะเวลาอบแห้งที่เหมาะสมและลักษณะทางกายภาพของหมูแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟตามด้วยอากาศร้อน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562. หน้า 63-77.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2553). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.100/2563 หมูแผ่น. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). การสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารของประชากร พ.ศ. 2560. สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.

สุภรัตน์ ชวนะ พัชรี โสธนาสมบุรณ์ และนิภา ตลับนาค. (2553). ผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์สนเทศภาคเหนือ. สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (ม.ป.ป). อาหารพื้นบ้านล้านนา พริกลาบ https://lannaifo.library.cmu.ac.th/lannafood/detail_lannafood.php?id_food=88. 16 กรกฎาคม 2563.

Narubet. (2560). พริกลาบ. แหล่งที่มา: <http://www.foodtravel.tv/recipe.aspx?viewid=4286>. 16 กรกฎาคม 2563.

Y. Choi- S. Ku S.-K. Park J.-D. Kim H.-J. Jang A. and Kim Y.-B. (2015). Effects of Drying Condition and Binding Agent on the Quality Characteristics of Ground Dried-Pork Meat Products. Korean Journal. Food Science. Vol. 35, No. 5, pp. 597~603.

งานวิจัยด้าน บริหารธุรกิจ และศิลปศาสตร์

ต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถอดยอด ตำบลมอแก้ว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

น้ำฝน สืบอ่อน^{1*} สรินยา สุภัทรานนท์²

¹ สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน
ตำบลแม่ใจ อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

² สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน
ตำบลแม่ใจ อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

*phonfirst@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด 2) ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด 3) วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของเกษตรกรในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด 4) ศึกษาปัญหาในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอดของเกษตรกร การศึกษาใช้วิธีรวบรวมข้อมูล โดยการออกแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์แบบเจาะจง สอบถามเกษตรกร บ้านพบพระน้อย ตำบลมอแก้ว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่ประกอบอาชีพปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด ซึ่งเป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีขนาดพื้นที่การปลูกข้าวโพด 10 ไร่ จำนวน 20 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากพิจารณาเห็นว่าเกษตรกรมีวิธีการจัดการเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด ไม่แตกต่างกัน โดยเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเพาะปลูกปีละ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ตั้งแต่เดือนมีนาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566 ครั้งที่ 2 ตั้งแต่เดือน กันยายน และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ย 17,425 บาทต่อไร่ มีต้นทุนรวมเฉลี่ย 6,241.73 บาทต่อไร่ มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 10,674.06 บาทต่อไร่ อัตรากำไรขั้นต้นคิดเป็นร้อยละ 64.18 อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขายคิดเป็นร้อยละ 61.26 อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ คิดเป็นร้อยละ 249.69 ต้นทุนการปลูกข้าวโพดประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ต้นทุนวัตถุดิบร้อยละ 5 ต้นทุนค่าแรงงานร้อยละ 48 และต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตร้อยละ 47 จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด ตำบลมอแก้ว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีรายได้จากการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์เป็นรายได้หลักเพียงพอต่อการดำรงชีพ ดังนั้นการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดรายอื่น

คำสำคัญ ต้นทุน, ผลตอบแทน, การปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์

COST AND RETURN OF SEED MAIZE PLANTING FOR REMOVING MAHAWAN SUB-DISTRICT, MAE SOT DISTRICT TAK PROVINCE

THE TOP

Namfon suebon ^{1*} Sarinya supatranont ²

¹ สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน
ตำบลแม่งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

² สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน
ตำบลแม่งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

*phonfirst@gmail.com

Abstract

This research The objectives of this study were 1) to study the general condition of corn growers, seeds for removing the tops, 2) to study costs and yields for planting corn, seeds for removing the tops 3) Analysis of costs and returns for farmers in growing seed corn for removing top shoots. 4) Study of problems in growing maize seed. For removing the tops of farmers The study uses data collection methods. By issuing a questionnaire and Interviews specific interviews Inquire about farmers in Ban Phop Phra Noi, Mahawan Subdistrict, Mae Sot District, Tak Province, who work in cultivating corn, seeding for take-offs, who are smallholder farmers with an area of 10 rai of corn planting, totaling 20 persons. Because it was considered that farmers had no different management method for growing corn and seeds by collecting data for the period because it is planted twice a year, the first time since March and harvested in July 2023, the second time since September and harvested in February 2024. The results of the study showed that farmers had an average income of 17,425 baht per rai, with an average total cost of 6,241.73 baht per rai, with an average net profit of 10,674.06 baht per rai, a gross profit margin of 64.18 Percentage, a net profit margin on sales of 61.26 Percentage, rate of return on assets 249.69 Percentage. The cost of corn planting comprises 3 key areas: raw material cost 5 Percentage, labor cost 48 Percentage and production cost 47 Percentage. It was informed that farmers growers of maize seed for removing the top at Mahawan Subdistrict, Mae Sot District, Tak Province earn income from cultivating maize seed which is the main income sufficient for their living. Therefore, planting corn seed is another option for other maize farmers.

Keywords: cost, return, planting maize for seed

1. บทนำ

จังหวัดตากมีพื้นที่ประมาณ 10,254,156 ไร่ หรือประมาณ 16.41 ล้านตารางกิโลเมตร โดยเป็นพื้นที่ป่าไม้ 8.8 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 86.75 และมีพื้นที่การเกษตร 1.20 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 11.39 สภาพพื้นที่ของจังหวัดตากส่วนใหญ่ประกอบด้วย ภูเขาสูงสลับซับซ้อน และมีพื้นที่รวมสำหรับการเกษตรเพียงเล็กน้อย พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเขียวถั่วดำ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ลำไย ถั่วเขียวหวาน ผักกาดขาวปลี พริก มันฝรั่ง (สำนักงานเกษตรจังหวัดตาก, 2566) การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากปัจจัยการผลิต เช่น เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย น้ำมัน และอัตราค่าจ้างแรงงานสูง อีกทั้งยังขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว บางพื้นที่มีการใช้เครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทดแทนแรงงาน แต่ต้องประสบปัญหาต้นทุนการผลิตสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากราคาน้ำมันและค่าจ้างเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

แม้ว่าในปัจจุบันผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ ประกอบกับภาครัฐได้ดำเนินมาตรการกำหนดสัดส่วนการนำเข้าข้าวสาลีต่อการรับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศ ในอัตรา 1:3 เพื่อไม่ให้กระทบต่อราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศและถึงแม้ว่ารัฐบาลจะดำเนินโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2565/66 เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับราคาที่เหมาะสมตามราคาตลาด และมาตรการคู่ขนานอีก 6 มาตรการ ได้แก่ 1) การบริหารจัดการการนำเข้ากำหนดให้นำเข้าได้เฉพาะในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – สิงหาคม ของทุกปี 2) การดูแลความเป็นธรรมในการซื้อขายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 3) การเพิ่มช่องทางการจำหน่าย โดยเชื่อมโยงผลผลิตกับผู้รับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 4) การดูแลความสมดุลโดยแจ้งปริมาณการครอบครองการนำเข้า สถานที่เก็บ และคลังสินค้า 5) โครงการสินเชื่อเพื่อรวบรวมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และสร้างมูลค่าเพิ่มโดยสถาบันเกษตรกร และ 6) สนับสนุนให้ผู้ประกอบการค้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เก็บคลังผลผลิตโดยไม่ต้องเร่งระบาย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) แต่ก็ไม่ทำให้การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นแต่อย่างใดและนอกจากนั้นปัจจัยการผลิตสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นราคาเมล็ดพันธุ์หรือปุ๋ยเคมี ต่างปรับตัวสูงขึ้น ขณะที่ราคาผลผลิตข้าวโพดไม่ได้ปรับตัวเพิ่มตามมากและยังเคลื่อนไหวไม่แน่นอน งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสภาพการผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถนอมในพื้นที่แหล่งผลิตสำคัญในสภาพปัจจุบัน รวมทั้งปัญหาและข้อจำกัดการผลิตเพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่ประกอบอาชีพปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดตากและจังหวัดใกล้เคียง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถนอม
2. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถนอม
3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของเกษตรกรในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถนอม
4. เพื่อศึกษาปัญหาในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถนอมของเกษตรกร

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถนอม

การปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถนอมมีหลายขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพมีกระบวนการปลูกดังต่อไปนี้ (กฤตวิษณุ สุขอั้ง และ ธัญญรัตน์ ไชยปิง, 2564)

1. การเตรียมดิน การไถพรวนดินลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตรเพื่อทำลายวัชพืชและปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด และการใส่ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดิน โดยใส่ในอัตรา 2-3 ตันต่อไร่
2. การเลือกเมล็ดพันธุ์ ควรเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและดินในพื้นที่ทำการปลูก
3. การปลูก เช่น การหว่านเมล็ดลงในแปลงที่เตรียมไว้ โดยควรหว่านในระยะที่เหมาะสมระหว่างแถวประมาณ 75-90 เซนติเมตร ระหว่างต้นประมาณ 20-30 เซนติเมตร และควรรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงที่ต้นข้าวโพดกำลังเจริญเติบโตและออกดอก
4. การดูแลรักษา เช่น การกำจัดวัชพืชเป็นประจำเพื่อไม่ให้วัชพืชแย่งธาตุอาหารและน้ำจากต้นข้าวโพด การใส่ปุ๋ยเสริมในช่วงที่ข้าวโพดเริ่มเจริญเติบโต โดยใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 16-16-8 ในอัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่

5. การถอดยอดระยะเวลาที่เหมาะสม ควรทำในช่วงที่ข้าวโพดมีอายุประมาณ 30-45 วัน หรือในช่วงที่ข้าวโพดมีความสูงประมาณ 60-80 เซนติเมตร วิธีการถอดยอดโดยใช้มือหรือเครื่องมือถอดยอด โดยถอดยอดส่วนบนของต้นออกเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าวโพดในส่วนที่เป็นเมล็ด

6. การเก็บเกี่ยว มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวโพดสำหรับเมล็ดพันธุ์สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 90-120 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพอากาศ การเก็บเมล็ดพันธุ์ หลังการเก็บเกี่ยว ควรทำการตากเมล็ดพันธุ์ให้แห้งสนิทเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา

การปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถอดยอดต้องการการดูแลรักษาที่ดีและความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอ

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทน

แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุนที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วยความหมาย การจำแนกต้นทุนตามส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์

ต้นทุน (Cost) เป็นมูลค่าของทรัพยากรที่สูญเสียไปเพื่อให้ได้สินค้าหรือบริการ โดยจะต้องสามารถวัดได้เป็นหน่วยเงินตรา จะมีลักษณะของการลดลงในสินทรัพย์หรือเพิ่มขึ้นในหนี้สิน ต้นทุนที่เกิดขึ้นอาจจะให้ประโยชน์ในปัจจุบันหรือในอนาคตก็เป็นไปได้ ต้นทุนที่ได้ให้ประโยชน์และกิจการได้ใช้ประโยชน์ทั้งหมดไปแล้วในขณะนั้นและสำหรับต้นทุนที่กิจการสูญเสียไป แต่จะให้ประโยชน์แก่กิจการในอนาคตที่เรียกว่า "สินทรัพย์ (Assets) (อนุรักษ์ ทองสุโขวงศ์, 2562) ดังนั้นต้นทุนในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ หมายถึง ต้นทุนทั้งสิ้นของการปลูกข้าวโพดตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนกระทั่งเป็นสินค้าสำเร็จรูป และสามารถจำแนกต้นทุนได้ดังนี้

1. วัตถุดิบทางตรง (Direct Materials) คือ เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต ซึ่งจะสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่ามีวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าชนิดหนึ่งในปริมาณและต้นทุนเท่าใด

2. ค่าแรงงานทางตรง (Direct Labor) คือ เป็นค่าแรงงานต่าง ๆ ที่จ่ายให้แก่คนงานหรือลูกจ้างที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูปโดยตรง

3. ค่าใช้จ่ายในการผลิต (Manufacturing Costs) คือ แห่ลงรวบรวมค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าซึ่งนอกเหนือจากวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง เช่น วัตถุดิบทางอ้อมค่าแรงงานทางอ้อม ค่าใช้จ่ายในการผลิตทางอ้อมอื่น การวิเคราะห์และผลตอบแทนจากการผลิต (อนุรักษ์ ทองสุโขวงศ์, 2562)

1. อัตรากำไรขั้นต้น เป็นการวัดอัตราส่วนเปรียบเทียบผลกำไรขั้นต้นกับยอดขาย ทำให้สามารถประเมินประสิทธิภาพในการดำเนินงานของกิจการเปรียบเทียบผลกำไรจากการขายเทียบเป็นร้อยละของยอดขาย (รายได้จากการขายและการให้บริการ) เพื่อใช้วัดความสามารถของบริษัทในการควบคุมต้นทุนสินค้า และความสามารถในการปรับราคาขายสินค้าหากบริษัทมีความสามารถในการควบคุมต้นทุนเมื่อเทียบกับรายได้จากการขายจะทำให้มีความสามารถในการทำกำไรได้ขึ้นถือว่าเป็นตัวตั้งต้นของการทำกำไรได้ หากอัตราส่วนนี้ดี กำไรสุทธิมีแนวโน้มที่จะดีตามมาและยังทำให้ทราบถึงความสามารถการจัดการผลิต การควบคุมต้นทุนการผลิต การตั้งราคา การแข่งขันในอุตสาหกรรมหากการแข่งขันสูง จะทำให้กำไรขั้นต้นมีความผันผวน

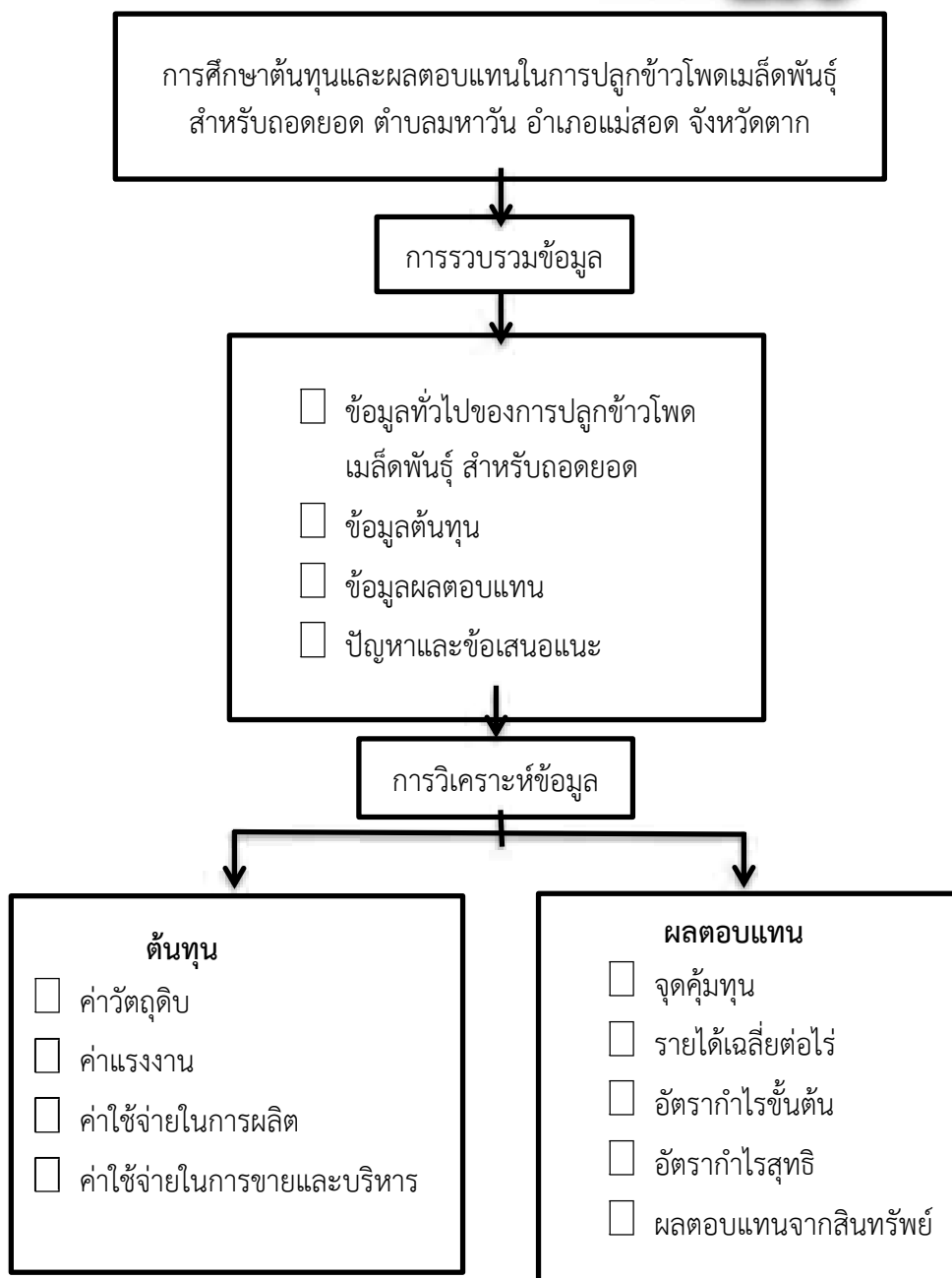
2. อัตรากำไรสุทธิ แสดงถึงความสามารถในการทำกำไรสุทธิเปรียบเทียบกับยอดขายทำให้ทราบถึงความสามารถในการทำกำไรสุทธิของกิจการหลังจากการหักค่าใช้จ่ายทุกรายการแล้วใช้วัดความสามารถของบริษัทในการควบคุมต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

3. อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ หรือ ROA เป็นอัตราส่วนทางการเงินระหว่างกำไรสุทธิกับสินทรัพย์รวม เป็นอัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความสามารถของกิจการที่จะนำสินทรัพย์ที่มีไปใช้ประโยชน์ในดำเนินการของกิจการได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน องค์ประกอบของต้นทุน ต้นทุนการผลิตแยกตามกิจกรรม ตามที่ กฤตวิษณุ สุขอึ้ง และ ธิญญรัตน์ ไชยปิง (2564) พบว่าต้นทุนและผลตอบแทนของผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน เกษตรกรมีต้นทุนน้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี และมีรายได้ไม่น้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี ส่วนผลตอบแทนที่เกษตรกรได้รับทั้งหมดเท่ากับ 10,599.94 บาทต่อไร่ แต่มีต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 6,850.96 บาทต่อไร่ ทำให้เกษตรกรมีกำไรสุทธิที่ค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 3,748.98 บาทต่อไร่ ดังนั้น การพัฒนาและส่งเสริมอาชีพทางเลือกเพื่อสร้างรายได้แก่เกษตรกรจึงเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร และเพ็ญญา เขาวนา, ศุภสุดา ต้นชะโร และ อามรรรัตน์ คงกะติ (2564) พบว่าการวิเคราะห์ต้นทุน

ผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกข้าวของเกษตรกรในอำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา มีต้นทุนรวมเฉลี่ย 3,577.62 บาทต่อไร่ มีต้นทุนคงที่รวมเฉลี่ย 679.15 บาทต่อไร่ ต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ย 2,227.19 บาทต่อไร่ อัตราส่วนกำไรต่อต้นทุนร้อยละ 43.52 อัตรากำไรต่อยอดขายร้อยละ 30.33 อัตราผลตอบแทนของสินทรัพย์ (ROA) 28.32 อัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน (ROI) 8.42 เช่นเดียวกับ อัมราภรณ์ เพชรวาที และคณะ (2565) พบว่าต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกข้าวของเกษตรกรจังหวัดลพบุรี ต้นทุนการปลูกข้าวต่อไร่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,720.66 บาท ในกรณีที่เกษตรกรเช่าพื้นที่ทำนา และ 4,689.29 บาท ในกรณีที่ดินเป็นของตนเอง มีต้นทุนกลุ่มวัสดุมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือร้อยละ 38.52 มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 1,050.30 บาทต่อไร่ อัตราผลตอบแทน ต่อยอดขายเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 15.51 และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 18.36 นอกจากนี้ จินตนา จันทนนท์, ศักดาเดช กุลากุล และนิรมล เนื่องสิทธิ (2565) ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกแตงโมเกษตรกร ตำบลท่าก้อน อำเภอบางบาล จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่ามีต้นทุนการผลิตโดยรวม 3,112,760 บาทต่อปี ต้นทุนรวม 8,622 บาทต่อไร่ ซึ่งต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่าใช้จ่ายในการผลิต มีต้นทุนคงที่ คือ ค่าเช่าที่ดิน ต้นทุนผันแปร คือ ค่ายาปราบวัชพืช ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและ ค่าน้ำมันหล่อลื่นและค่าปุ๋ย 1,119,060 บาทต่อปี 3,297 บาทต่อไร่ ผลตอบแทนจากการปลูกแตงโม โดยรวม 5,327,240 บาทต่อปี 14,757 บาทต่อไร่ การเปรียบเทียบผลตอบแทนกับต้นทุนจากการปลูกแตงโมผลตอบแทน 8,440,000 บาทต่อปี ต้นทุนการผลิต 3,112,760 บาทต่อปี ได้กำไร 5,327,240 บาทต่อปี คิดเฉลี่ยกำไร 14,757 บาทต่อไร่ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ผลิตผลและรายได้ลดลง คือ โรคระบาดและการตลาดที่เป็นการผูกขาดจากพ่อค้าคนกลางในการรับซื้อ ถ้าเกษตรกรลดค่าใช้จ่ายส่วนต้นทุนค่าแรงงานได้จะทำให้เกษตรกรเพิ่มผลตอบแทนได้มากขึ้นและเกษตรกรมีตลาดค้าส่งโดยไม่ผ่านพ่อค้าคนกลางจะทำให้มีรายได้ที่ยั่งยืน จากการศึกษา ทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องแนวคิดเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทนจึงสามารถสรุปเป็น กรอบแนวคิดของงานวิจัย แสดงในหัวข้อ กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้คือ เกษตรกรรายย่อยผู้ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถดถอยด ในพื้นที่บ้านพบพระน้อย ตำบลมหาวัน อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 179 ครัวเรือน (องค์การบริหารส่วนตำบลมหาวัน, 2566) โดยปลูกข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก ซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดถดถอยดของเอกชนที่พัฒนาขึ้นโดย บริษัท แปซิฟิกเมล็ดพันธุ์ จำกัด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเลือกด้วยวิธีเจาะจง คือ จากเกษตรกรรายย่อยจำนวน 20 ครัวเรือน เนื่องจากเป็นเกษตรกรที่มีขนาดพื้นที่ในการปลูกข้าวโพด 10 ไร่ เท่ากัน และเป็นกลุ่มที่มีวิธีการบริหารจัดการเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถดถอยด ไม่แตกต่างกัน มีช่วงเวลา

เพาะปลูกปีละ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ตั้งแต่เดือนมีนาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน กรกฎาคม ครั้งที่ 2 ตั้งแต่เดือนกันยายน และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ประธานครัวเรือนที่ทำการปลูกข้าวโพด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์แบบเจาะจง สร้างขึ้นจากรอบแนวคิดที่ได้มาจากการศึกษาทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับ การลงทุนปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถอดยอด มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) เพศ อายุ ระดับการศึกษา แหล่งเงินทุน ภาระหนี้สิน วิธีการเพาะปลูก และแบบปลายเปิด (Open-ended) สอบถามเกี่ยวกับพื้นที่ในการปลูกข้าวโพด จำนวนแรงงานที่ใช้ในการการปลูกข้าวโพดพันธุ์ สำหรับถอดยอด ต้นทุนค่าใช้จ่ายการลงทุนในสินทรัพย์ (เครื่องมือและอุปกรณ์การเกษตร) และรายได้จากการจำหน่ายข้าวโพด ดำเนินการหาคุณภาพโดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า แบบสอบถามมีค่า IOC เท่ากับ 1 ทุกข้อ จึงนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและทำการสัมภาษณ์ข้อมูลทางด้านต้นทุน และค่าใช้จ่ายในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถอดยอด รายรับจากการขายข้าวโพดรวมถึงข้อมูลทางด้าน การดำเนินงาน ปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นต้น

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรวจสอบความสมบูรณ์แปลงข้อมูล และทำการประมวลผล แล้วนำเสนอเชิงพรรณนาประกอบการอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาประกอบด้วย 4 ขั้นตอนได้แก่การตีความข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล การสังเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล เพื่อคำนวณหาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนดังนี้

1. วิเคราะห์ต้นทุนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถอดยอด โดยสามารถจำแนกต้นทุนเป็น 3 ประเภทตามสัดส่วนประกอบด้วย วัสดุปลูกทางตรง, ค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายในการผลิต
2. วิเคราะห์รายได้จากการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด
3. วิเคราะห์จุดคุ้มทุน เท่ากับ ต้นทุนคงที่หารด้วย (ราคาขายต่อหน่วย หัก ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย)
4. วิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน โดยทำการวิเคราะห์อัตรากำไรขั้นต้น อัตรากำไรสุทธิ และอัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ (ROA)

4.1 อัตรากำไรขั้นต้น (Gross Profit Margin) ได้จาก (ขายสุทธิ หัก ต้นทุนขาย = กำไรขั้นต้น) และสามารถคำนวณอัตรากำไรขั้นต้นคำนวณได้จาก (กำไรขั้นต้นหาร ขายสุทธิ) x 100

4.2 อัตรากำไรสุทธิ (Net Profit) โดยนำยอด (ขายสุทธิ หัก ต้นทุนขาย = กำไรขั้นต้น - ค่าใช้จ่ายในการขายและบริหาร = กำไรสุทธิ) และสามารถคำนวณอัตรากำไรสุทธิคำนวณได้จาก (กำไรสุทธิหาร ขายสุทธิ) x 100

4.3 อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ได้จาก กำไร(ขาดทุน)หาร สินทรัพย์รวม x 100

4. ผลการวิจัย

1. สถานภาพและข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากผลการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ส่วนใหญ่มีอายุ 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 40.00 และอายุ 21-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 35.00 มีระดับการศึกษาต่ำกว่าประถมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 40.00 และระดับการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 30.00 มีแหล่งเงินทุนจากธนาคาร/สหกรณ์ คิดเป็นร้อยละ 80.00 และส่วนใหญ่มีภาระหนี้สิน 50,001- 100,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 55.00

2. ข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอดของเกษตรกร

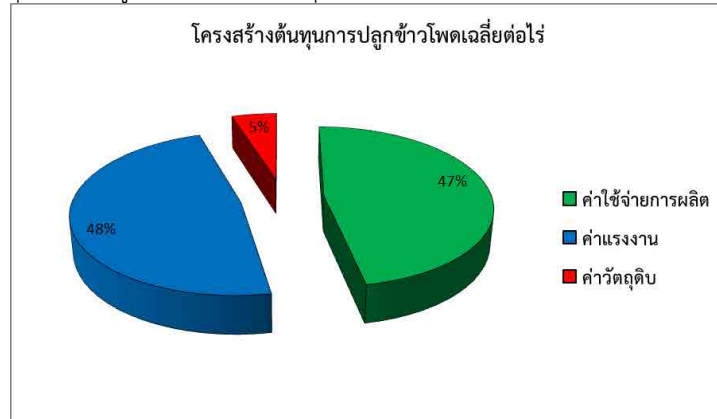
จากผลการศึกษา พบว่า พื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอดของเกษตรกรทั้งหมดเป็นที่ดินของตนเอง และใช้วิธีการเพาะปลูกโดยใช้เครื่องปลูก และเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 100.00 มีขนาดพื้นที่ในการเพาะปลูก 10 ไร่

3. ต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด

3.1 ต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อไร่

จากผลการศึกษา พบว่า ในการลงทุนปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถดถอยของเกษตรกรรายย่อยมีต้นทุนรวมเฉลี่ย 6,241.73 บาทต่อไร่ ประกอบด้วย ค่าวัสดุคิเฉลี่ย 281.25 บาทต่อไร่ ค่าแรงงานเฉลี่ย 2,990 บาทต่อไร่ และค่าใช้จ่ายการผลิตเฉลี่ย 2,970.48 บาทต่อไร่

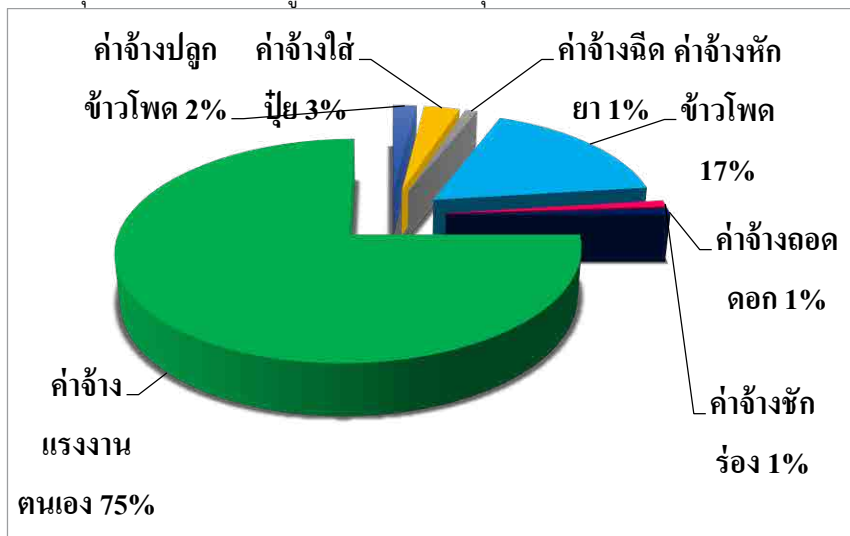
3.2 โครงสร้างต้นทุนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถดถอยถด ถเฉลี่ยต่อไร่



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างต้นทุนการปลูกข้าวโพดเฉลี่ยต่อไร่ ในรูปร้อยละ

จากผลการศึกษา พบว่า ต้นทุนในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถดถอยประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการผลิตคิดเป็นร้อยละ 47 ค่าแรงงานคิดเป็นร้อยละ 48 และค่าวัสดุคิคิดเป็นร้อยละ 5

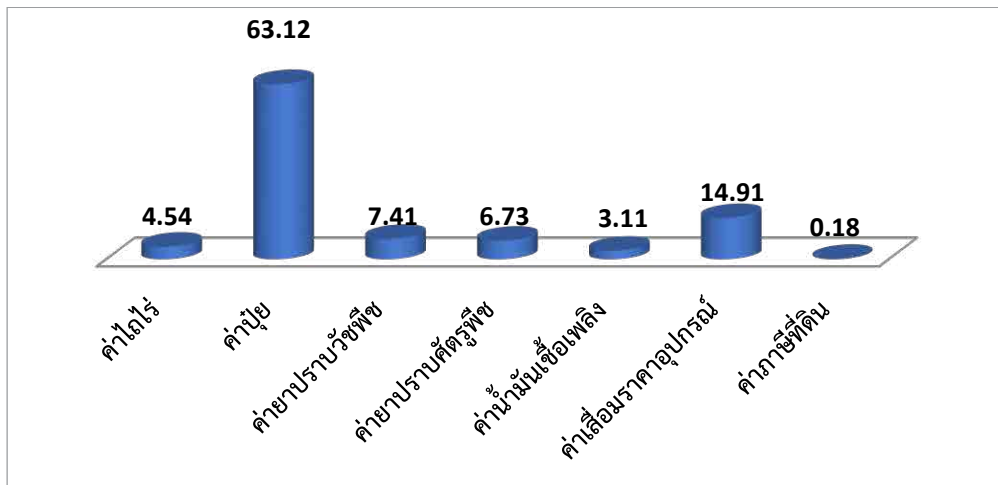
3.3 โครงสร้างต้นทุนค่าแรงงานในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ เฉลี่ยต่อไร่



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างต้นทุนค่าแรงงานในการปลูกข้าวโพดเฉลี่ยต่อไร่ ในรูปร้อยละ

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าแรงงานในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถดถอย ประกอบด้วย 7 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานตนเองคิดเป็นร้อยละ 75 ค่าจ้างหักข้าวโพดคิดเป็นร้อยละ 17 ค่าจ้างใส่ปุ๋ยคิดเป็นร้อยละ 3 ค่าจ้างปลูกรวมคิดเป็นร้อยละ 2 ค่าจ้างฉีดยาคิดเป็นร้อยละ 1 ค่าจ้างชักร่องคิดเป็นร้อยละ 1 และค่าจ้างถดดอกคิดเป็นร้อยละ 1

3.4 โครงสร้างต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิต เฉลี่ยต่อไร่



ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ในรูปร้อยละ

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าใช้จ่ายการผลิต ประกอบด้วย 7 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ค่าปุ๋ยคิดเป็นร้อยละ 63.12 ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์คิดเป็นร้อยละ 14.91 ค่ายาปราบวัชพืชคิดเป็นร้อยละ 7.41 ค่ายาปราบศัตรูพืชคิดเป็นร้อยละ 6.73 ค่าไถไร่คิดเป็นคิดเป็นร้อยละ 4.54 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงคิดเป็นร้อยละ 3.11 และค่าภาษีที่ดินคิดเป็นร้อยละ 0.18

3.5 ผลตอบแทนในการลงทุนปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์

ตารางที่ 1 แสดงการคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกข้าวโพด เฉลี่ยต่อไร่

อัตราส่วน	สูตรคำนวณ	แทนค่า	ผลการคำนวณ
1. อัตรากำไรขั้นต้น	$\frac{\text{กำไรขั้นต้นต่อไร่}}{\text{ขายสุทธิเฉลี่ยต่อไร่}}$	$\frac{11,183.27}{17,425}$	64.18%
2. อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขาย	$\frac{\text{กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อไร่}}{\text{ขายสุทธิเฉลี่ยต่อไร่}}$	$\frac{10,674.06}{17,425}$	61.26%
3. อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์	$\frac{\text{กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อไร่}}{\text{สินทรัพย์เฉลี่ยต่อไร่}}$	$\frac{10,674.06}{4,275}$	249.69%

จากผลการศึกษา พบว่า มีอัตรากำไรขั้นต้นร้อยละ 64.18 อัตรากำไรสุทธิร้อยละ 61.26 และอัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ (ROA) ร้อยละ 249.6

5. สรุปและอภิปรายผล

จากสรุปผลการวิจัยมีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. ต้นทุนการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ต้นทุนค่าวัสดุคิดเป็นร้อยละ 5 ต้นทุนค่าแรงงานร้อยละ 48 และต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตร้อยละ 47 เห็นได้ว่าการลงทุน ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรรายย่อย มีสัดส่วนของค่าแรงงานมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ ผลการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนการปลูกข้าวโพดของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ที่ได้ทำการ วิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ช่วงการผลิต 2565/66 ที่พบว่า มีสัดส่วนค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าแรงงานมากที่สุด (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2566) ทั้งนี้อาจ เนื่องมาจากการผลิตข้าวโพดในปัจจุบันเกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้ค่าแรงงานมากขึ้นทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาโครงสร้างค่าใช้จ่ายการผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์สำหรับถอดยอดในปัจจุบัน จะเห็นว่ามีส่วนของค่าปุ๋ย คิดเป็นร้อยละ 63.12 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายการผลิตรายการอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยมีราคาสูงขึ้น ในขณะที่เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่ม มากขึ้นด้วยเช่นกัน ค่าใช้จ่ายการผลิตที่

สำคัญที่มีสัดส่วนมากกรองลงมา ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ คิดเป็นร้อยละ 14.91 และค่ายาปรับวัชพืช คิดเป็นร้อยละ 7.41 เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารเคมีในการปรับวัชพืช และการใช้น้ำในปัจจุบันใช้เครื่องสูบน้ำ แต่ละปีจะเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนส่วนนี้มากขึ้น ประกอบกับการทำไรในปัจจุบันเกษตรกรนิยมทำไร่ข้าวโพดซึ่งทำให้มีต้นทุน ค่าน้ำมันที่ต้องใช้เพื่อสูบน้ำเข้าพื้นที่ทำไร่ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งจึงทำให้มีต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตในปัจจุบันสูงขึ้นตามไปด้วย

2. ผลตอบแทนในการลงทุนปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ การลงทุนปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรรายย่อย ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.02 ตันต่อไร่ จะเห็นได้ว่า ผลผลิตต่อไร่ที่ได้อยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับต้นทุนที่ต้องจ่าย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้และประสบการณ์ที่จะนำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้น อีกทั้งยังมีพนักงานของบริษัทเข้ามาติดตามการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรตลอดจนถึงในช่วงที่เก็บเกี่ยวผลผลิตและเมื่อพิจารณารายได้ พบว่า รายได้เฉลี่ย 17,425 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิเฉลี่ย 10,674.06 บาทต่อไร่ อัตรากำไรขั้นต้นคิดเป็นร้อยละ 64.18 อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขายคิดเป็นร้อยละ 61.26 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง ผลการวิจัยที่สอดคล้องกับผลการวิจัยของ กฤตวิญญ์ สุขอึ้ง และ ธัญญรัตน์ ไชยปิง (2564) เรื่อง ต้นทุนและผลตอบแทนของผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนน้อยกว่า 50,000 บาท/ปี และมีรายได้น้อยกว่า 50,000 บาท/ปี ส่วนผลตอบแทนที่เกษตรกรได้รับทั้งหมดเท่ากับ 10,599.94 บาท/ไร่ แต่มีต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 6,850.96 บาท/ไร่ ทำให้เกษตรกรมีกำไรสุทธิที่ค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 3,748.98 บาท/ไร่ ดังนั้น การพัฒนาและส่งเสริมอาชีพทางเลือกเพื่อสร้างรายได้แก่เกษตรกรจึงเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

3. อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ (ROA) คิดเป็นร้อยละ 249.69 จะเห็นได้ว่าการลงทุนปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรรายย่อยในขนาดพื้นที่การเพาะปลูก 10 ไร่ ให้ผลตอบแทนสูงมากแสดงว่าเกษตรกรได้นำสินทรัพย์ที่มีอยู่ไปใช้ในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาชิกกลุ่มผู้ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ สำหรับถอดยอด ณ ที่ตั้ง 56 หมู่ 11 ตำบลมหาวัน อำเภอแม่สอด จังหวัดตากทั้ง 20 ท่าน ที่สละเวลาให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์แก่การทำงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุน เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

กฤตวิญญ์ สุขอึ้ง และ ธัญญรัตน์ ไชยปิง. (2564). ต้นทุนและผลตอบแทนของผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน. วารสารวิชาการวิจัยกาสะลองคำ(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 15(2), 27- 37.

จินตนา จันทนนท์, ศักดาเดช กุลากุลและนิรมล เนื่องสิทธิ์. (2565). เรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกแตงโมเกษตรกร กรณีศึกษา ตำบลท่ากอน อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร. วารสารการจัดการและการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 10(1), 37-48.

เพ็ญญา เขาวานา, ศุภสุตา ต้นชะโร และอำมรัตน์ คงกะโชติ. (2564). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกข้าวของเกษตรกรในอำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา. วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

พสุ ศาลากิจ. (2562). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ในโซ่อุปทานการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ กรณีศึกษาจังหวัดลพบุรี. วารสารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ (สาขา มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 5(1), 63-80.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. (2566). สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2562. สืบค้น 27 กรกฎาคม 2563, จาก <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/2563/commodity2562.pdf>

สำนักงานเกษตรจังหวัดตาก. (2566). ข้อมูลทั่วไปจังหวัดตาก. สืบค้น 30 สิงหาคม 2566, จาก
<http://www.tak.doae.go.th/>

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. สืบค้น 27 สิงหาคม 2566, จาก
<http://www.oae.go.th>

องค์การบริหารส่วนตำบลมหาวัน. (2566). ข้อมูลพื้นฐาน. สืบค้น 8 สิงหาคม 2566, จาก
<https://www.mahawan.go.th/condition1.php>

อนุรักษ์ ทองสุขโขวงศ์. (2562) การบัญชีต้นทุน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

อัมราภรณ์ เพชรวาที, ธนิตา ภูแดง, ชมนาด มั่นสัมฤทธิ์และ วรณวิไล โกชะโยธิน. (2565). ต้นทุนและ
ผลตอบแทนการปลูกข้าวของเกษตรกรจังหวัดลพบุรี. วารสารลวะศรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี,
7(2), 76-8

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงาน ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ในสาขาเชียงใหม่

พีรยา สมศักดิ์^{1*} ขววิภา เตชากิตติกานต์² และธัญพรรณ ณ สงขลา³

^{1*2,3} คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*E-mail, drpeeraya@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การทำวิจัยปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง สาขา เชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานโดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 401 ชุด ผลการพบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง สถานภาพโสด อายุ 31-40ปี พนักงานส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาคือ ระดับปริญญาตรี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,501-20,000 บาท พนักงานส่วนใหญ่ไม่มีเงินจากรายได้อื่นๆจากอาชีพเสริม มีอายุการทำงาน ตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป ส่วนใหญ่จะเป็นพนักงานหน้าร้าน และมีภาระหนี้สินคือมีการผ่อนบ้าน มีรายได้เฉลี่ยต่อครอบครัว 20,000 บาท และปัจจัยที่ส่งผลต่อดัชนีความสุขในการทำงานของพนักงานมีปัจจัยด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มีส่งผลต่อการมีความสุขในระดับดีในการทำงานของพนักงาน มีค่าเฉลี่ย 3.85 แสดงว่าบุคลากรที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะมีความสุขในการทำงาน ทั้งนี้เพราะแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะเป็นแรงผลักดันให้ก้าวไปสู่ความสำเร็จ และปัจจัยด้านองค์กรพนักงานมีระดับความคิดเห็นต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานอยู่ในระดับมาก โดยปัจจัยด้านการบูรณาการทางทางสังคมหรือการทำงานร่วมกันมาเป็นอันดับแรก

คำสำคัญ: ความสุขในการทำงานของพนักงาน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ พนักงาน

Factors Affecting Work Happiness Index of The Employee at Department Store Chiang Mai Branch

Peeraya Somsak^{1*} Chawipa Dachakitikan² and Thanupun Na Songkhla³

^{1*,2,3} Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, 50300

*E-mail, drpeeraya@rmutl.ac.th

Abstract

Conducting research on factors affecting the work happiness of employees of Department Store Company Limited, Chiang Mai branch. The objective was to study factors affecting the work happiness index of employees of Department Store Company Limited, Central Festival Chiang Mai branch, using a questionnaire to collect data from a sample of 401 sets. Research results Employees of l Department Store Company Limited, Chiang Mai branch, completed the questionnaire. They were female, single, aged 31-40 years. Most employees had an education level of Bachelor's degree has an average monthly income. 10,501-20,000 baht. Most employees do not have money from other income from additional jobs. They have a working life of 3 years and up. Most are storefront employees. and have debt burden, namely having a mortgage payment. And the factors affecting the work happiness index of employees include the achievement motivation affecting supporting staff's performance, which has a positive relationship with Department Store Company Limited., Chiang Mai branch has an average of 3.85, which is at a high level, showing that personnel who are motivated to achieve results will be happy at work. This is because achievement motivation will be the driving force for success, organizational factors, and employees have a high level of opinion on factors affecting happiness at work. The factor of social integration or working together comes first.

Keywords: Employee happiness, Achievement Motivation, Employee

1. บทนำ

ปัจจุบันกระแสการสร้างการทำงานอย่างมีความสุขในประเทศไทยได้เริ่มแพร่หลายมากขึ้น เพื่อสร้างผลผลิตหรือผลประกอบการที่ยั่งยืน สร้างแรงจูงใจในการทำงานให้แก่บุคลากรโดยให้เขาเหล่านั้นรู้สึกถึงการมีส่วนร่วมในการทำงาน รู้สึกทำงานแล้วมีความสุข รู้สึกถึงความมั่นคงในงาน การเจริญเติบโตก้าวหน้า กระตือรือร้นที่จะปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย รวมถึงมีความสัมพันธ์อันดีกับเพื่อนร่วมงาน และสภาพแวดล้อมที่ทำงานที่ดี ที่เอื้ออำนวยให้เกิดความสุขในการทำงาน ลดความเครียดและความขัดแย้งในองค์กร ซึ่งช่วยให้องค์กรเจริญก้าวหน้าและพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (ภัทรดนัย ฉลองบุญ, 2561) และในปัจจุบันถือเป็นยุคอุตสาหกรรม เป็นเหตุให้ด้านสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรมในประเทศได้มีการปรับเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความเจริญด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีพของคนเราในปัจจุบัน ส่งผลกระทบต่อประเทศ องค์กร และครอบครัว ดังนั้นคนเราจึงต้องใช้เวลาของชีวิตเกี่ยวกับการปฏิบัติงานเพิ่มมากขึ้น ทำงานตรงความสามารถ ทำงานอย่างมีความสุข มีความปลอดภัยในการทำงานและได้รับค่าตอบแทนมากพอต่อการดำรงชีพ จึงเป็นคำว่า คุณภาพชีวิตในการปฏิบัติงาน (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ สสส., 2566)

ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่เป็นแหล่งการช้อปปิ้งที่ใหญ่ที่สุด และทันสมัยที่สุดแห่งหนึ่งในภาคเหนือ นอกจากแบรนด์แฟชั่นชั้นนำ ก็ยังมีร้านอาหาร โรงภาพยนตร์ รวมทั้งร้านค้าในเครือของบริษัทอีกมากมาย โดยทางองค์กรได้ให้ความสำคัญกับการทำงานของบุคลากร และได้ตระหนักถึงความสำคัญที่จะทำให้พนักงานทำงานได้อย่างมีความสุข ดังนั้นการสร้างความสุขในการทำงาน จะเกิดประโยชน์ทั้งบุคลากรและองค์กร โดยทำให้บุคลากรมีความสุข ดำรงชีวิตอย่างเหมาะสม มีความมั่นคงในอาชีพ เกิดความรู้สึกว่าตนเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าสำคัญต่อองค์กร มีความสัมพันธ์ที่ดีในหมู่เพื่อนร่วมงาน มีแรงจูงใจในการทำงานมากยิ่งขึ้น และรู้จักบำเพ็ญประโยชน์ทั้งต่อตนเอง และองค์กร สำหรับประโยชน์ต่อองค์กร ความสุขในการทำงานจะช่วยผลักดันประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น คุณภาพของการบริการดีขึ้น ส่งผลให้ผู้บริหารได้รับการบริการที่ดีมีประสิทธิภาพ และกลับมาใช้บริการอีก ลดปัญหาการขาดงาน การเข้าทำงานช้า การลาป่วย ลากิจ ของบุคลากรลดลง รวมทั้งลดอัตราการเข้า-ออกของบุคลากร เนื่องจากบุคลากรมีความรักในองค์กร สานิตย์ เพชรสุวรรณ (2562) กล่าวว่าปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวผลักดันให้เกิดความสำเร็จ คือปัจจัยแห่งความสุขของพนักงาน เนื่องจากชีวิตคนทำงานไม่มีอะไรที่ไม่ต้องการความสุข เพราะความสุขที่เกิดขึ้นเปรียบเสมือนน้ำหล่อเลี้ยงให้พฤติกรรมคนเปลี่ยนแปลงและพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้น อันนำไปสู่การปฏิบัติงานตามที่บริษัทต้องการ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อดัชนีความสุขในการทำงานของพนักงาน และผู้ศึกษาได้สังเกตเห็นถึงปัญหาซึ่งอาจส่งผลต่อพนักงานไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ดังที่บริษัทคาดหวังไว้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงต้องการศึกษาข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางที่จะช่วยส่งเสริมให้พนักงานมีความสุขในการทำงาน รวมไปถึงการสร้างสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นและสนับสนุนการทำงานที่ดีในการทำให้พนักงานเกิดความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งขององค์กรมากขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนในการสร้างความสุขของพนักงาน และบริษัทสามารถกำหนดทิศทางเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการความสุขของพนักงาน เพื่อพนักงานเกิดแรงจูงใจในการทำงาน และสามารถสร้างโอกาสในการเติบโตในสายงานของพนักงาน โดยมีวัตถุประสงค์ในงานวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อดัชนีความสุขในการทำงานของพนักงานห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง สาขาเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อดัชนีความสุขในการทำงานของพนักงานบริษัท สรรพสินค้าแห่งหนึ่งในเชียงใหม่ ผู้ศึกษาได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัย โดยศึกษาหัวข้อแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสุขในการทำงาน

ทฤษฎีสองปัจจัยของเฮอริชเบิร์ก (Herzberg) (Two-Factor Theory) เฮอริชเบิร์ก ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลถึงความพึงพอใจในงานและไม่พึงพอใจในงานนั้นแยกจากกันและไม่เหมือนกัน เป็นปัจจัยที่เกิดจากสองกลุ่มจึงให้ชื่อทฤษฎีของเขาว่า ทฤษฎีสองปัจจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจในงาน (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. 2551) โดยมีสมมติฐานว่า ความพึงพอใจในงานที่ทำเป็น สิ่งจูงใจสำหรับผลการปฏิบัติงาน องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดความสุขจากการทำงานมีอยู่ 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการทำงาน ซึ่งเป็นปัจจัยภายในความต้องการภายใน และเป็นปัจจัยที่จะนำไปสู่ทัศนคติทางบวกและการจูงใจที่แท้จริง ประกอบด้วยปัจจัย 6 ด้าน คือ ความสำเร็จในการทำงาน ด้านการยอมรับในความสามารถและได้รับ

การยกย่องนับถือ ด้านความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน ด้านลักษณะงานที่ทำ ด้านโอกาสในการเจริญเติบโตส่วนตัว ด้านความรับผิดชอบที่ได้รับมอบหมายงาน

ปัจจัยช่วยลดความไม่พึงพอใจในการทำงาน เป็นปัจจัยภายนอกที่ป้องกันไม่ให้นักงงานเกิดความไม่พึงพอใจในการทำงาน เป็นปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานโดยตรงแต่เป็นเพียงสิ่งที่ช่วยสกัดกั้นไม่ให้นักงงานเกิดความไม่พึงพอใจ ประกอบไปด้วยปัจจัยทั้งหมด 10 ด้านคือ นโยบายและการบริหารงานขององค์กร ขั้นตอน ข้อบังคับ วิธีการปกครองบังคับบัญชา ความสัมพันธ์กับหัวหน้างานและเพื่อนร่วมงาน ความสัมพันธ์กับบุคคลในแผนกอื่น ค่าตอบแทน ความมั่นคงในการทำงาน ชีวิตส่วนตัว สภาพการทำงาน และตำแหน่งงาน

แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของคำว่า "แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์" ไว้แตกต่างกันดังนี้

ฮิลการ์ด (Hilgard. 1967 : 153) ให้ความหมายของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ว่าเป็นแรงจูงใจชนิดหนึ่งที่ทำให้บุคคลมีการกระทำเพื่อบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายด้วยมาตรฐานอันดีเยี่ยม และ นนทริรัตน์ พัฒนภักดี (2560) กล่าวว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เป็นการจูงใจของบุคคลที่กระทำการเพื่อให้ได้มาซึ่งความสำเร็จ มิได้หวังรางวัลตอบแทนจากการกระทำของเขา ซึ่งความต้องการความสำเร็จนี้ในแง่ของการทำงาน หมายถึง ความต้องการที่จะทำงานให้ดีที่สุดและทำให้สำเร็จผลตามที่ตั้งใจไว้ เมื่อตนทำอะไรสำเร็จได้ก็จะเป็นแรงกระตุ้นให้ทำงานอื่นต่อไปได้สำเร็จ

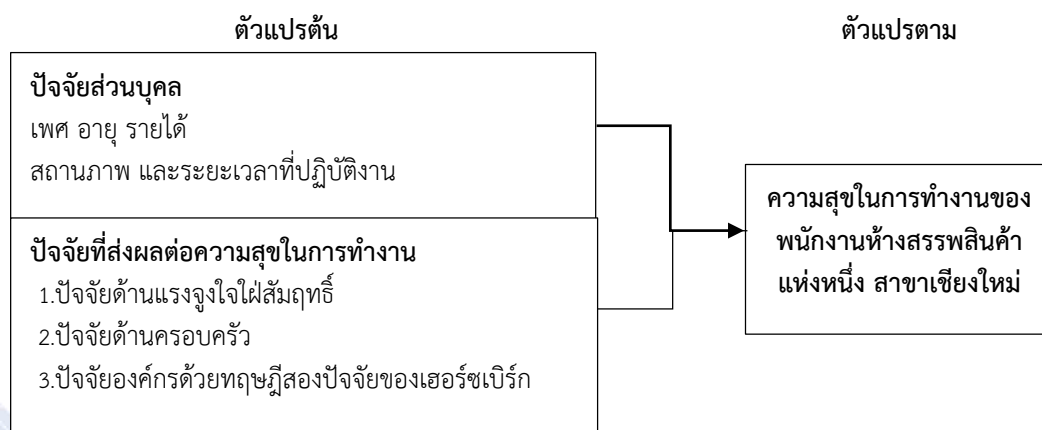
McClelland. 1987 cited in Rue and Byars. (2003) กล่าวว่าแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ หมายถึง แรงจูงใจที่ใฝ่สัมฤทธิ์ว่าเป็นดัชนีของควมมีคุณภาพของทรัพยากรมนุษย์อย่างหนึ่ง และได้กำหนดลักษณะของผู้ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงไว้ดังนี้ 1)เป็นผู้ที่มีพยายามบากบั่นกระทำกิจกรรมต่างๆ 2)จะเลือกทำงานที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง และเป็นผู้ตั้งวัตถุประสงค์ที่มีโอกาสจะทำได้สำเร็จ 3)เป็นผู้ที่มีความคิดว่างานทุกอย่างจะสำเร็จก็เพราะความตั้งใจจริงของตนเอง 4)การกระทำกิจกรรมใดๆ นั้นมุ่งหวังเพื่อให้บรรลุมาตรฐานของตนเองไม่ได้มีจุดมุ่งหมายหลักอยู่ที่รางวัลหรือชื่อเสียง 5)ต้องการข้อมูลผลย้อนหลังกลับของผลงานที่ทำ และ 6)เมื่อประสบความสำเร็จมักอ้างสาเหตุภายใน เช่นความสามารถและความพยายาม นอกจากนั้น ประสิทธิ์ ทองอุ่น (2542) กล่าวถึงคุณลักษณะ 5 ประการ ของผู้ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ประกอบด้วย 1) ทำงานอย่างมีเป้าหมายและมีการวางแผนการดำเนินงานไปสู่เป้าหมายโดยกำหนดเป้าหมาย 2)มีความมานะพยายามและความอดทน 3)มีความรับผิดชอบในงานและความรับผิดชอบต่อผลการกระทำของตน 4) แข่งขันกับมาตรฐานที่เป็นเลิศ และ 6)ทำงานที่ท้าทายความสามารถ

ผู้วิจัยนำแนวคิดแรงจูงใจใฝ่การเรียนรู้ด้านคุณลักษณะ ผู้มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เข้ามาปรับใช้ในการเป็นข้อคำถามแบบสอบถามในบางข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานที่เด่นชัด เพื่อศึกษาถึงแรงจูงใจของพนักงาน

แนวคิดเกี่ยวกับสัมพันธภาพในครอบครัว

ศิริกุล อิศรานุรักษ์ (2546) ได้นิยามความหมายของ สัมพันธภาพในครอบครัวว่า หมายถึง ความสัมพันธ์ความใกล้ชิดคุ้นเคยกันตามบทบาทที่คนเรามาติดต่อสมาชิกในครอบครัว ถ้าความสัมพันธ์เป็นไปในลักษณะปรองดองรักใคร่กลมเกลียวกัน ถือว่าเป็นสัมพันธภาพที่ดีแต่ถ้าเป็นความขัดแย้งหรือรู้สึกไม่ดีต่อกัน ถือว่าเป็นสัมพันธภาพที่ไม่ดีลักษณะความสัมพันธ์ครอบครัวประกอบด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างสามี-ภรรยา เป็นจุดเริ่มต้นของสัมพันธภาพที่สำคัญที่สุดที่สุดในครอบครัว เพราะถ้าคู่สามีภรรยาไม่มีความรักใคร่ซึ่งกันและกัน ร่วมมือร่วมใจช่วยเหลือเกื้อกูลกันและกัน ตลอดจนรับผิดชอบและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ภายในครอบครัวร่วมกัน และ ความสัมพันธ์ระหว่างพี่น้อง สัมพันธภาพระหว่างพี่น้องจะดีหรือไม่ จะแนบแน่นเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพการณ์ในครอบครัวอันประกอบด้วยความสัมพันธ์พื้นฐาน และลักษณะการเลี้ยงดูของผู้ปกครอง

กรอบแนวคิด



3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ(Quantitative Research) โดยวิธีการวิจัยเป็นแบบสำรวจ (Survey) เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม(Questionnaire) ประชากรคือ พนักงานของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งในสาขาเชียงใหม่ ซึ่งปัจจุบันปฏิบัติงานอยู่ในห้างสรรพสินค้าแห่งนี้มีจำนวนทั้งหมด 401 คน และเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

รวบรวมเนื้อหาที่ได้จากเอกสารเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเป็นลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยประกอบไปด้วย 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นแบบสอบถามปลายปิด ข้อคำถามจำนวน 13 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน อาชีพ สถานภาพ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการทำงานของพนักงาน มีข้อคำถามจำนวน 9 ข้อ โดยใช้มาตราวัดแบบ Rating Scale เป็นคำถามแบบปลายปิดเป็นแบบอันตรภาคช่วง (Interval Scale)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลปัจจัยด้านครอบครัว ได้แก่ สัมพันธภาพในครอบครัว มีข้อคำถามจำนวน 6 ข้อ โดยใช้แบบสอบถามที่ประยุกต์จากการทบทวนวรรณกรรม โดยใช้มาตราวัดแบบ Rating Scale เป็นคำถามปลายปิดเป็นอันตรภาคช่วง (Interval Scale) กำหนดค่าน้ำหนัก 5 ระดับ

ส่วนที่ 4 ข้อมูลปัจจัยองค์การในการทำงานอย่างมีความสุขของพนักงาน มีข้อคำถามจำนวน 39 ข้อเป็นแบบตรวจรายการ (Check List) จำนวน 7ข้อ ได้แก่ จำนวน 8 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านตอบแทน 2.ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน 3.ด้านโอกาสและการพัฒนาศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน 4.ด้านโอกาสความก้าวหน้าและความมั่นคงในงาน 5.ด้านความเป็นประชาธิปไตยในองค์การ 6.ด้านความเป็นประโยชน์ต่อสังคมจากฝ่ายบริหารของบริษัท 7.ด้านการบูรณาการทางการสังคมหรือการทำงานร่วมกัน

ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะและอื่น ๆ เป็นคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้ตอบคำถามได้แสดงความคิดเห็น

วิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากแบบสอบถาม พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำแบบสอบถามทั้งหมดมาลงรหัสและวิเคราะห์ข้อมูล โดยระเบียบวิธีทางสถิติ ประกอบด้วย ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Derivation)

4. ผลการวิจัย

ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 401 พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 65.10 สถานภาพส่วนใหญ่โสดคิดเป็นร้อยละ 61 มีอายุระหว่าง 31-40 ปี รองลงมาอายุ 41-49 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี และมัธยมศึกษาตอนปลาย มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,001-20,000 บาท ระยะเวลาในการปฏิบัติงานส่วนใหญ่ทำงาน 3-6 ปี โดยพนักงานห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง มีพนักงานหน้าร้านร้อยละ 55.60 มีภาระหนี้สินส่วนใหญ่จาก รถส่วนบุคคลและที่อยู่อาศัย สมาชิกครัวเรือนอยู่ร่วมกันจำนวน 1-3 คนต่อครัวเรือน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 261 คนคิดเป็นร้อยละ 65.10 มากที่สุดและเพศชาย จำนวน 134 คนคิดเป็นร้อยละ 33.40 และเพศอื่น ๆ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.20

การวิเคราะห์ข้อมูลแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการทำงานของพนักงานโดยมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่ส่งผลต่อความสุขความภูมิใจในการทำงานของพนักงานภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.85 หากพิจารณารายด้านพบว่าพนักงานมีความรู้สึกภูมิใจเมื่อทำงานสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ด้านความรู้สึกดีเมื่อสามารถให้บริการได้

ตามความคาดหวัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และพนักงานมีความกระตือรือร้นในการทำงานให้ประสบความสำเร็จ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับแรงจูงใจ
1.ท่านรู้สึกภูมิใจเมื่อทำงานสำเร็จตามเป้าหมาย	4.35	0.88	มาก
2.ท่านรู้สึกสนุกกับงาน	3.75	1.23	มาก
3.ท่านรู้สึกดีเมื่อสามารถให้บริการได้ตามความคาดหวัง	4.29	0.86	มาก
4.ท่านรู้สึกเบื่อกับที่ต้องทำงาน	3.13	0.99	ปานกลาง
5.ท่านมุ่งมั่นที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงาน	4.06	0.76	มาก
6.ท่านมีความกระตือรือร้นในการทำงานให้ประสบความสำเร็จ	4.14	0.76	มาก
7.ท่านมีความยืดหยุ่นในการจัดการงานและชีวิตส่วนตัว	4.06	0.82	มาก
8.ท่านคิดว่าท่านทำงานที่มีความรับผิดชอบสูงเกินหน้าที่	3.59	1.29	มาก
9.ท่านไม่สามารถตัดสินใจด้วยตนเองในงานที่ท่านทำเองได้	3.27	1.37	ปานกลาง
แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่รวม	3.85	1.00	มาก

วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยด้านครอบครัว

จากการวิเคราะห์ผลปัจจัยด้านครอบครัวของพนักงานห้างสรรพสินค้าพบว่า ความสัมพันธ์ภาพในครอบครัวแสดงถึงความรัก ความเอื้ออาทรต่อกันในภาพรวมของพนักงานอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวม 3.62 โดยเมื่อแยกออกเป็นรายด้านพบว่า กรณีพนักงานประสบปัญหาต่างๆในที่ทำงาน สมาชิกในครอบครัวคอยสนับสนุนและให้กำลังใจแก่พนักงานเสมอ มีค่าเฉลี่ย 3.99 บุคคลในครอบครัวของพนักงานพร้อมช่วยเหลือ สนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจในการทำงานของพนักงานอยู่เสมอ มีค่าเฉลี่ย 3.94 สมาชิกในครอบครัวมีความภูมิใจในหน้าที่การงานของท่าน มีค่าเฉลี่ย 3.78 ในการทำงานของพนักงานส่งผลให้ทำกิจกรรมร่วมกับครอบครัวลดลง เช่น การใช้เวลาร่วมกัน หรือพักผ่อนกับครอบครัว มีค่าเฉลี่ย 3.52 และเมื่อเกิดปัญหาในการทำงานพนักงานไม่เคยปรึกษาคณะในครอบครัวของท่านเลย มีค่าเฉลี่ย 3.34 ตามลำดับ

วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยองค์กร

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยองค์กรโดยมีผลการศึกษา โดยพบว่าปัจจัยด้านองค์กรภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวม 3.60 ดังตารางที่ 2 โดยมี 8 ปัจจัยองค์กรกับความสุขในการทำงานของพนักงาน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของปัจจัยองค์กร

ปัจจัยองค์กร	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความสุข
1.ปัจจัยด้านผลตอบแทน	3.68	1.38	มีความสุขมาก
2.ปัจจัยสภาพแวดล้อมในการทำงาน	3.55	1.25	มีความสุขมาก
3.ปัจจัยด้านโอกาสและการพัฒนาศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน	3.69	1.41	มีความสุขมาก
4.ปัจจัยด้านโอกาสความก้าวหน้าและความมั่นคงในงาน	3.57	1.31	มีความสุขมาก
5.ปัจจัยด้านความเป็นประชาธิปไตยในองค์กร	3.52	1.20	มีความสุขมาก
6.ปัจจัยด้านความเป็นประโยชน์ต่อสังคม	3.63	1.36	มีความสุขมาก
7.ปัจจัยด้านการบูรณาการทางการสังคมหรือการทำงานร่วมกัน	3.77	1.21	มีความสุขมาก
8.ปัจจัยด้านความต้องการด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	3.41	1.23	มีความสุขมาก

จากตารางที่ 2 มีปัจจัยองค์กรกับความสุขในการทำงานของพนักงาน จำนวน 8 ด้านโดยเรียงตามลำดับระดับความสุขของพนักงานห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งตามลำดับดังนี้

ลำดับที่ 1 ปัจจัยด้านการบูรณาการทางสังคมหรือการทำงานร่วมกัน ส่งผลต่อความสุขของพนักงานห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งมากที่สุดในระดับมีความสุขมาก ค่าเฉลี่ยรวม 3.77 ในการทำงานร่วมกันแต่ละแผนกนั้นพนักงานส่วนใหญ่มีการให้เกียรติซึ่งกันและกันในการทำงาน และมีความเคารพสิทธิส่วนบุคคลส่งผลต่อพนักงานมีความสุขมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.94 ในทางปฏิบัติหัวหน้างานของพนักงานรวมทั้งเพื่อนร่วมงานมีการยอมรับผลการปฏิบัติงานที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือตามยอดขายของพนักงานที่สร้างผลงาน ส่งผลต่อความสุขในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.74 และแต่ละส่วนงานส่วนใหญ่หัวหน้างานมีการสนับสนุนการทำงานร่วมกัน เป็นทีมส่งผลให้ระดับความสุขอยู่ในระดับมีความสุขมาก ค่าเฉลี่ย 3.73 ตามลำดับ

ลำดับที่ 2 ปัจจัยองค์กรด้านโอกาสในการพัฒนาศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน ของห้างมีผลกับความสุขในการทำงานของพนักงานในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.69 หากมองถึงความสุขของพนักงานคือการที่ห้างสรรพสินค้ามีการเปิดโอกาสให้พนักงานได้ใช้ความคิด สร้างสรรค์ในการวางแผนงานด้วยตนเองอย่างมีอิสระ มีการคิดนอกกรอบในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.84 องค์กรให้ความสำคัญในการศึกษาเพื่อให้นักวิชาการเพิ่มพูนความรู้ความสามารถส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรระดับดี ค่าเฉลี่ย 3.78 และมีการส่งเสริมในการพัฒนาสมรรถนะของบุคลากรทุกตำแหน่งระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.65 ตามลำดับ

ลำดับที่ 3 ปัจจัยด้านผลตอบแทนส่วนใหญ่พนักงานมีระดับความสุขต่อปัจจัยด้านนี้ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.68 โดยพบรายด้านส่วนใหญ่มีความสุขต่อ การมีอัตราการปรับเพิ่มเงินเดือนอย่างสม่ำเสมอของบริษัทมีค่าเฉลี่ย 3.84 ห้างสรรพสินค้ามีวัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานที่ทันสมัยมีค่าเฉลี่ย 3.79 และมีทุนการศึกษาสำหรับพนักงานอย่างทั่วถึงค่าเฉลี่ย 3.78 ตามลำดับ

ลำดับที่ 4 ปัจจัยด้านความเป็นประโยชน์ต่อสังคม ส่งผลต่อความสุขของพนักงานมีค่าเฉลี่ยรวม 3.63 หากมองเป็นเหตุผลของความสุขของพนักงานส่วนใหญ่พบว่า พนักงานมีความสุขเมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกับบริษัทในการลงทำกิจกรรมเพื่อชุมชนและได้รับการสนับสนุนที่ดีของบริษัท ค่าเฉลี่ย 3.81 ลำดับต่อไปพนักงานมีความสุขเมื่อได้เข้าร่วมทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องของบริษัท ค่าเฉลี่ย 3.65 และสนับสนุนให้พนักงานจัดทำโครงการที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมตามลำดับ

ลำดับที่ 5 ปัจจัยด้านโอกาสความก้าวหน้าและความมั่นคงในงาน มีผลต่อความสุขมาก มีค่าเฉลี่ย 3.57 หากมองเป็นด้านพบว่าส่วนใหญ่พนักงานมีความสุขในการทำงานเมื่อทราบว่าฝ่ายผู้บริหารของบริษัท มีการพิจารณาเลื่อนขั้นตำแหน่งพนักงานเป็นประจำทุกปี และมีการพิจารณาความดีความชอบอย่างเป็นธรรม เสมอภาคส่งผลให้พนักงานมีความสุขต่อการทำงานในระดับดี อีกเหตุผลหนึ่งนั่นคือพนักงานรู้สึกมีโอกาสที่ได้รับการสนับสนุนให้เลื่อนตำแหน่งตามความรู้ความสามารถของพนักงานส่งผลต่อความสุขในระดับมาก

ลำดับที่ 6 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน มีผลต่อความสุขในระดับมาก โดยพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความสุขมาก เนื่องจากสภาพบรรยากาศในที่ทำงานมีวัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานที่มีความทันสมัยและบริษัทมีการวางมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานในบริษัท

ลำดับที่ 7 ปัจจัยด้านความเป็นประชาธิปไตยในองค์กร มีผลต่อความสุขของพนักงานรายด้านพบว่า พนักงานมีความสุขมากในเรื่องของการปฏิบัติงานอย่างเป็นธรรมและมีความสม่ำเสมอจากผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้บริหารระดับต้น และในสายงานต่างๆ มีความเคารพการตัดสินใจโดยให้มติในที่ประชุมหรือเสียงส่วนใหญ่ พร้อมทั้งบริษัทยอมรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของพนักงานบริษัท

ลำดับที่ 8 ปัจจัยองค์กรด้านความต้องการด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล มีผลกับความสุขในการทำงานของพนักงานในห้างสรรพสินค้า สาขาเชียงใหม่แห่งหนึ่งโดยมีค่าเฉลี่ยรวม 3.41 ในระดับมีความสุขมาก เมื่омองในด้านต่างๆพบว่า พนักงานของห้างมีความสุขกับเพื่อนร่วมงานและมีความสัมพันธ์ที่ดีมาก ค่าเฉลี่ย 3.88 แต่ส่วนใหญ่ยังมีความเกรงใจ เกิดความลังเลที่จะขอความช่วยเหลือจากเพื่อนร่วมงานเมื่อมีปัญหาค่าเฉลี่ย 3.75 ตามลำดับ แต่พบว่า มีระดับความสุขของพนักงานในระดับปานกลางในบางแผนก พนักงานมีความรู้สึกว่าบรรยากาศในการทำงานกับเพื่อนร่วมงานเป็นไปด้วยดี มีความเป็นมิตรที่ดีต่อกันในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.80 และ พนักงานอาจมีความรู้สึกที่ว่า เพื่อนร่วมงานมีความคิดว่าพนักงานไม่เหมาะกับตำแหน่งงานหรือหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย จึงทำให้มีผลต่อความสุขในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง

5. สรุปและอภิปรายผล

ความสุขในการทำงานของพนักงานสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง สาขาเชียงใหม่ มีความสุขในการทำงานภาพรวมอยู่ในระดับมาก กล่าวคือพนักงานรู้สึกมีความสุขดีกับเพื่อนร่วมงาน ได้ทำงานในบริษัทที่ดี และมีความภาคภูมิใจเมื่อทำงานสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ มีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดีรู้สึกมีความสุขปลอดภัย และบรรยากาศบนพื้นที่การปฏิบัติงานที่ทันสมัย และมีสิ่งสนับสนุนทางด้านสวัสดิการรองรับให้กับพนักงาน จากการวิจัยพบว่า พนักงานส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ส่วนใหญ่สถานภาพโสด มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,501-20,000 บาท ส่วนใหญ่จะเป็นพนักงานหน้าร้าน

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานห้างสรรพสินค้า สาขาเชียงใหม่พบว่าปัจจัยใฝ่สัมฤทธิ์ในการทำงาน ที่พนักงานปรารถนาที่จำสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้ลุล่วงด้วยดี พนักงานรู้สึกสบายใจเมื่อประสบผลสำเร็จในระดับมีความสุข โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลถึงความภาคภูมิใจเมื่อทำงานสำเร็จตามเป้าหมาย อาทิเช่น เป้ายอดขายของห้างสรรพสินค้า และเป้าของแผนก

ทั้งนี้เพราะแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะเป็นแรงผลักดันให้ก้าวไปสู่ความสำเร็จ มีความมุ่งมั่นในการทำงานโดยการกำหนดเป้าหมายที่มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้สำเร็จ เหมาะสมกับความสามารถของตน มีความอดทน มานะพยายาม มีความรับผิดชอบในการทำงาน ความภาคภูมิใจในความสำเร็จของงาน อีกทั้งความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน ทำให้มีความสุขในการทำงานมากขึ้น และสอดคล้องกับแนวคิดของแมคเคลแลนด์ (McClelland, 1987 cited in Rue and Byars, 2003) กล่าวไว้ว่า บุคคลที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ จะมีความสุขสูงที่สุดในการทำงานเนื่องจากแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ด้านความต้องการที่จะบรรลุความสำเร็จเพื่อเป็นที่ยอมรับหรือชื่นชมส่งผลต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน (นันทวดี อุ่นละมัย และกฤษฎา เขียววัฒนสุข, 2562) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มีอิทธิพลต่อความสุขในการทำงานมากกว่าปัจจัยอื่น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ กฤษฎา เขียววัฒนสุข สุพร อ่อนพุทธา และธัญลักษณ์ เทพแพง (2561) ที่พบว่าแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เป็นแรงจูงใจที่เป็นพื้นฐานที่มนุษย์ทุกคนต้องการเพื่อให้เกิดความสุขในงานและชีวิต และเป็นแรงจูงใจที่ทำให้บุคคลได้มาซึ่งเป้าหมายสูงสุดที่ต้องการ อันจะนำมาซึ่งความสำเร็จในชีวิต

ปัจจัยด้านสัมพันธภาพในครอบครัวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสุขในการทำงานของพนักงาน ห้างสรรพสินค้าสาขาเชียงใหม่ พบว่าบุคลากรที่มีสัมพันธภาพในครอบครัวที่ดีจะมีความสุขในการทำงาน ทั้งนี้เพราะครอบครัวเป็นส่วนสำคัญในการผลักดัน รวมไปถึงการให้ความดูแลเอาใจใส่ซึ่งกันและกัน การแสดงออกถึงความรัก การให้คำปรึกษา แก้ไขปัญหา และการมีกิจกรรมร่วมกันในครอบครัว ส่งผลทำให้บุคลากรมีความสุขในการทำงาน สอดคล้องกับณัฐธยาน์ อิทธิโชติ และบัวทอง สว่างโสภาคกุล (2562) ที่พบว่า การได้รับสัมพันธภาพในครอบครัวหรือคู่สมรส จะช่วยให้บุคคลมีที่ภาวะความเครียดหรือเจอปัญหาในการทำงาน สามารถผ่อนคลายลงเนื่องจากมีการทำกิจกรรมร่วมกัน พูดคุย แสดงออกถึงความรักและความเอื้ออาทรต่อกันทั้งกายวาจาและใจ มีส่วนช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการตัดสินใจ ในการแก้ปัญหา สัมพันธภาพที่มีในครอบครัว จะช่วยลดความเครียดจากการทำงาน

ปัจจัยองค์กร ในภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก โดยพบว่า ปัจจัยด้านการบูรณาการทางการสังคมหรือการทำงานร่วมกัน มาเป็นอันดับแรก ลำดับถัดมา ปัจจัยด้านรายได้ผลประโยชน์ตอบแทนที่ยุติธรรม ปัจจัยด้านโอกาสและการพัฒนาศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน ปัจจัยด้านผลตอบแทน ปัจจัยด้านสภาพการทำงานที่มีความปลอดภัยถูกสุขลักษณะและด้านความเป็นประโยชน์ต่อสังคม ด้านโอกาสความก้าวหน้าและความมั่นคงในงาน ด้านความเป็นประโยชน์ต่อสังคมจากฝ่ายห้างสรรพสินค้า สาขาเชียงใหม่ สอดคล้องกับสมาลี ทองดี (2563) ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรในด้านปัจจัยสภาพแวดล้อมในการทำงาน ด้านความเป็นประชาธิปไตยในองค์กร และปัจจัยด้านความต้องการด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปัจจัยด้านการบูรณาการทางการสังคมหรือการทำงานร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานทฤษฎีของ Herzberg, B. (1959) ได้ให้ความหมายของคุณภาพชีวิตในการทำงานว่า หมายถึง กิจกรรมทุกอย่างที่เกิดขึ้นในทุกระดับขององค์การ เพื่อให้เกิดประสิทธิผลขององค์การ โดยวิธีการที่ทำให้ศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์และความเจริญเติบโต ของพนักงานในองค์การมีมากขึ้น ทำงานด้วยกันด้วยความร่วมมือกันอย่างใกล้ชิด การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจการเปลี่ยนแปลงงาน และทำให้เป้าหมายของพนักงานสอดคล้องกับเป้าหมายขององค์การ ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อดัชนีความสุขในการทำงานของพนักงานห้างสรรพสินค้า สาขาเชียงใหม่

ข้อค้นพบจากการศึกษาผลจากการแจกแบบสอบถามในครั้งนี้จำนวน 401 ชุด พบว่าพนักงานบริษัท มีข้อเสนอแนะดังนี้ ฝ่ายบริหารบริษัทควรรับฟังพนักงานและให้ความสำคัญ มีเหตุผลที่ดี ให้คำชี้แนะดีกว่าว่าพนักงาน พนักงานอยากให้ฝ่าย

บริหารมองหลายมุมอย่าเลือกมองมุมที่ตนอยากมอง และมีการจัดทำกิจกรรมเยอะไปจนไม่มีเวลาบริการลูกค้าได้ทันทางที่อยากให้บริษัทเข้าใจและมองเห็น ความสำคัญของการทำงานของพนักงานหน้าร้าน ว่างานที่ทำอยู่นั้นหนักมากพอสมควร ไม่ได้ขายหน้าร้านอย่างเดียว ต้องทำหน้าที่อื่นคู่ไปด้วย อาจจะมีผิดพลาด ถ้าบ้าง แต่อยากให้เข้าใจ และอย่าเพิ่มหน้าที่ให้พนักงานหน้าร้านรับผิดชอบอีกเกินความสามารถ

6. เอกสารอ้างอิง

- เกษดา เขียววัฒนสุขม, สุรพร อ่อนพุทธา, และสุพรรณษา พักข้า. (2561). ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบภาวะผู้นำ รูปแบบภาวะผู้ตามกับความผูกพันต่อองค์กรของพนักงาน. *วารสารสหวิทยาการวิจัย: ฉบับบัณฑิตศึกษา*, 7(1), 25-34.
- ณัฐธยาน์ อิทธิโชติ และบัวทอง สว่างโสภาคกุล. (2562). ทักษะชีวิต การปรับตัว สัมพันธภาพในครอบครัวกับการพึ่งพาตนเองของผู้สูงอายุ ชุมรมผู้สูงอายุเทศบาลตำบลบางเมืองจังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 9(1), 1-17.
- นันทวี อุ้นละมัย และเกษดา เขียววัฒนสุข (2562) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่มีผลต่อผลการปฏิบัติงานและการคงอยู่ในองค์กรของพนักงาน มหาวิทยาลัยสายสนับสุนนุ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. *วารสารการวิจัยการบริหารการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*. 9(3). 126-138.
- ประสิทธิ์ ทองอุ้น. (2542). พฤติกรรมมนุษย์กับการพัฒนาคน. กรุงเทพฯ: เจริญเวฟ เอ็ด ดูเคชั่น.
- ภัทรนัย ฉลองบุญ. (2561). ความสุขในการปฏิบัติดีงานของบุคลากรภาครัฐ. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- ศิริกุล อิศรานุรักษ์. (2546). สัมพันธภาพในครอบครัว การยอมรับจากเพื่อนกับการเห็นคุณค่าในตนเองของเด็กวัยรุ่นตอนต้น. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์* 32(2). 129-139.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2551). กลยุทธ์การตลาดการบริหารการตลาด. กรุงเทพมหานคร: ซีระฟิล์มและไซเท็กซ์.
- सानิตย์ เพชรสุวรรณ (2562). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรสาธารณสุขในสังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพัทลุง. กลุ่มงานบริหารทรัพยากรบุคคล สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพัทลุง.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ สสส (2566). สายด่วนสุขภาพจิตเผย “ความเครียด กังวล ทำงาน ไม่มีความสุข”. (ออนไลน์) สืบค้นวันที่ 23 ธันวาคม 2566. จากเว็บไซต์ <https://www.thaihealth.or.th/>
- สุมาลี ทองดี. (2563). ปัจจัยที่มีส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. *วารสารวิชาการ ปชมท. CIUAST Journal สังคมศาสตร์*. 9(1), 141-155.
- Herzberg, B. (1959). *The motivation to work*. New York: John Wiley an Sons.
- Hilgard, E.R. (1967). *Introduction to Psychology*. New York: Harcourt Prace World.
- McClelland, D. C., Atkinson, J. W., Clark, R.A., and Lowell, E. L. (1987). *The Achievement Motive*. New York: Appleton Century crofts.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ริณฎฎาภัทร์ เจริญนันท์¹ ชนินทรักษ์ ถาวรธิดกุล² และณัฐพันธ์ เจริญนันท์³

^{1,2} สาขาวิชาธุรกิจการค้าและบริการ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 503000

³ วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ

140 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000

*E-mail : rinrmutl@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : 080 713 3657

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยจิตใจ และปัจจัยค้ำจุนกับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และปัจจัยที่ส่งผล ต่อความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่าง คือ พนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 400 ราย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ส่วน สถิติการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และการถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงานร้าน สะดวกซื้อ ใน อำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ด้านรายได้ ด้านตำแหน่งงาน และด้านประสบการณ์ทำงาน มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ปัจจัยจิตใจด้านความสำเร็จในงานมีค่า P-Value เท่ากับ 0.028 ด้านลักษณะของงาน มีค่า P-Value เท่ากับ 0.003 และด้านความรับผิดชอบ มีค่า P-Value เท่ากับ 0.001 และปัจจัยค้ำจุนด้านการบังคับบัญชา ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน ด้านนโยบายและการบริหาร ด้านสภาพการทำงาน มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 และด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล มีค่า P-Value เท่ากับ 0.006 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในส่วน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ ปัจจัยจิตใจด้านการยอมรับนับถือ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยค้ำจุนที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงาน พบว่า ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน ด้านการบังคับบัญชา ด้านนโยบายและการบริหาร และด้านสภาพการทำงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : ความสุขในการทำงาน, ปัจจัยส่วนบุคคล, ปัจจัยจิตใจ, ปัจจัยค้ำจุน

FACTORS AFFECTING HAPPINESS AT WORK OF CONVENIENCE STORE EMPLOYEE IN MUEANG, CHIANG MAI

Rinyaphat Kecharananta^{1*} Chanintarak Thawornthitikun² and Nattaphan Kecharananta³

^{1,2} Trade and Service Business, Faculty of Business Administration and Liberal Arts,

Rajamangala University of Technology Lanna

128 Huay Kaew Road, Mueang, Chiang Mai, Thailand, 50300

³ Management for Development College, Thaksin University

140 Kanjanavanit Road, Mueang, Songkhla, Thailand, 90000

*E-mail : rinmutl@gmail.com, Tel : 080 713 3657

Abstract

This research examines the relationship between personal factors, motivational factors, and hygiene factors with job happiness of convenience store employees in Mueang District, Chiang Mai Province, and the factors affecting job happiness of convenience store employees in Mueang District, Chiang Mai Province. The sample consisted of 400 convenience store employees in Mueang District, Chiang Mai Province. A questionnaire was used as a tool for data collection. Statistical analysis methods included frequency, percentage, mean, standard deviation, correlation coefficient, and multiple regression.

The research results showed that factors correlated with job happiness of convenience store employees in Mueang District, Chiang Mai Province included personal factors such as income, job position, and work experience, with P-values of 0.00, statistically significant at the 0.05 level. Motivational factors including work achievement had a P-value of 0.028, job characteristics had a P-value of 0.003, and responsibility had a P-value of 0.001. Hygiene factors including supervision, salary and compensation, policy and administration, and working conditions had P-values of 0.00, while interpersonal relationships had a P-value of 0.006, all statistically significant at the 0.05 level. Regarding factors affecting job happiness of convenience store employees in Mueang District, Chiang Mai Province, the motivational factor of recognition was found to be statistically significant at the 0.05 level. When comparing hygiene factors affecting job happiness, salary and compensation, supervision, policy and administration, and working conditions were found to be statistically significant at the 0.05 level.

Keyword : Happiness at work, Personal factors, Motivating factors, Hygiene factors

1. บทนำ

ความสุขในการทำงาน (Work Happiness) คือ การรับรู้ทางด้านอารมณ์ต่าง ๆ ของพนักงาน ในทางที่ดีต่อการกิจหรืองานที่ได้รับมอบหมาย และความสุขในการทำงานเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น การได้รับการยกย่อง ความมั่นคง ความก้าวหน้า หรือแม้แต่กระทั่ง ความปลอดภัยในการทำงาน รวมถึง ปัจจัยทางด้านบุคคล เช่น เพื่อนร่วมงานที่ดี หัวหน้างานที่เมตตา ดังนั้น ความสุขในการทำงาน จึงถือเป็นตัวสร้างความผูกพันและแรงจูงใจภายในองค์กร โดยจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน การสร้างความจงรักภักดี และลดอัตราการลาออก (สทธร เพชรวิโรจน์ชัย, 2564)

กลับกัน หากไม่มีความสุขในการทำงานจะเกิดอาการที่เรียกว่า ภาวะหมดไฟในการทำงาน (Burnout Syndrome) ที่กำลังกลายเป็นปัญหาสำคัญของพนักงานและนำไปสู่ปัญหาอีกหลายอย่าง ทางปัจเจก พนักงานอาจยอมเกิดความรู้สึกไม่มีความสุข วิตกกังวล เครียด หรือนำไปสู่ภาวะซึมเศร้า และทำให้ศักยภาพของพนักงานลดลงหรือประสิทธิภาพขององค์กรถดถอยในที่สุดและ ด้วย พฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป และเพื่อปรับตัวให้ทันต่อความเร่งรีบและความสะดวกสบาย ส่งผลให้ร้านสะดวกซื้อ (Convenience Store) เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ซึ่งมีลักษณะเป็นร้านค้าปลีกขนาดกลางและจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวัน และจำหน่ายอาหารและเครื่องดื่มในรูปแบบพร้อมรับประทาน (Ready Meal) โดย ตั้งอยู่ในชุมชนใกล้กับที่พักอาศัย เปิดให้บริการทุกวันหรือบางแห่งเปิดให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีพนักงานคอยทำหน้าที่ต้อนรับลูกค้า แนะนำสินค้า สาธิต หยิบสินค้า ตอบข้อซักถามต่าง ๆ ของลูกค้า ดังนั้น ความสุขในการทำงานของพนักงานจึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นอย่างมาก ซึ่งจะส่งผลต่อความพร้อม ความกระตือรือร้น ความคิดเชิงบวกต่อตนเองและเพื่อนร่วมงาน รวมถึง ลูกค้า เพราะ พนักงานร้านสะดวกซื้อ คือ หน้าที่ด้านที่จะต้องคอยให้บริการคอยรับมือ สร้างความประทับใจ และความพึงพอใจให้กับลูกค้า (ธนะภรณ์ แจ่มเพลง, 2562)

ดังนั้น หากพนักงานมีความสุขในการทำงานก็จะสามารถส่งต่อความสุขไปยังลูกค้า ทำให้ ลูกค้าได้รับการบริการที่มีประสิทธิภาพ เกิดความประทับใจและความพึงพอใจตามมา ทั้งนี้ ความสุข ในการทำงานยังส่งผลทำให้พนักงานมีความมั่นคงทางอาชีพ มีความสัมพันธ์อันดีกับเพื่อนร่วมงาน มีแรงจูงใจในการทำงาน รวมถึง ลดปัญหาการขาด การลา การสาย และอัตราการเข้าออกของพนักงาน แต่ถ้าพนักงานมีความเครียด ความกดดัน อันเป็นผลมาจากการหาลูกค้าใหม่ การรักษาลูกค้าเก่า การเพิ่มยอดขายตามเป้าหมายที่กำหนดอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานลดลง (ชินกร น้อยคำยาง และ ปภาดา น้อยคำยาง, 2555)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุข ในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ แต่ด้วยข้อจำกัดของ ข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวกับกิจการจึงทำให้ไม่สามารถระบุชื่อของร้านสะดวกซื้อที่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้ โดยศึกษาจากทฤษฎีสองปัจจัยของเฮิร์ชเบิร์ก ได้แก่ ปัจจัยจูงใจ ประกอบด้วยความสำเร็จในงาน การยอมรับนับถือ ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้า และปัจจัยค้ำจุน ประกอบด้วยนโยบายและการบริหาร การบังคับบัญชา สภาพการทำงาน ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล เงินเดือน และค่าตอบแทน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปเผยแพร่แก่ผู้ประกอบการค้าปลีกหรือ นักลงทุน เพื่อเป็นแนวทางประกอบการวางนโยบายเกี่ยวกับการเสริมสร้างความสุขในการทำงาน อันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของพนักงานและองค์กรต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยจูงใจ ปัจจัยค้ำจุนกับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อ.เมือง จ.เชียงใหม่

1.1.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อ.เมือง จังหวัดเชียงใหม่

1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1.2.1 ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ รายได้ ตำแหน่งงาน และประสบการณ์ทำงาน มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อ.เมือง จ.เชียงใหม่

1.2.2 ปัจจัยจูงใจ ได้แก่ ความสำเร็จในงาน การยอมรับนับถือ ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้า มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อ.เมือง จ.เชียงใหม่

1.2.3 ปัจจัยค้ำจุน ได้แก่ นโยบายและการบริหาร การบังคับบัญชา สภาพการทำงาน ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล เงินเดือนและค่าตอบแทน มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อ.เมือง จ.เชียงใหม่

1.2.4 ปัจจัยจูงใจ ได้แก่ ความสำเร็จในงาน การยอมรับนับถือ ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้า และ ปัจจัยค้ำจุน ได้แก่ นโยบายและการบริหาร การบังคับบัญชา สภาพการทำงาน ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล เงินเดือนและค่าตอบแทน ส่งผลต่อความสุขในการทำงาน ของพนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อ.เมือง จ.เชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล

Kotler & Armstrong (2018) กล่าวว่า ปัจจัยส่วนบุคคล คือ การวิเคราะห์เกี่ยวกับประชากร เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการกระจายคุณลักษณะต่าง ๆ ของประชากรภายในสังคม หรือ กลุ่มประชากรอื่น เพื่อทำความเข้าใจ สร้างนโยบาย และคาดการณ์ ว่า สังคม หรือ ประชากร จะมุ่งไปทิศทางใดในอนาคต ดังนั้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลของประชากรจึงจำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคล โดยการรวบรวมและการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของประชากร เพื่อกำหนดวิธีการในการเข้าถึง และการแบ่งกลุ่มประชากร

2.2 แนวคิดและทฤษฎีสองปัจจัยของเฮอรัชเบิร์ก

Herzberg (1959) กล่าวว่า ความต้องการของบุคคลในองค์กรหรือการจูงใจจากการทำงาน ว่า ความพึงพอใจในงานที่ทำและความไม่พึงพอใจในงานที่ไม่ได้มีสาเหตุมาจากปัจจัยกลุ่มเดียวกัน แต่มีสาเหตุมาจากปัจจัย 2 กลุ่ม ได้แก่

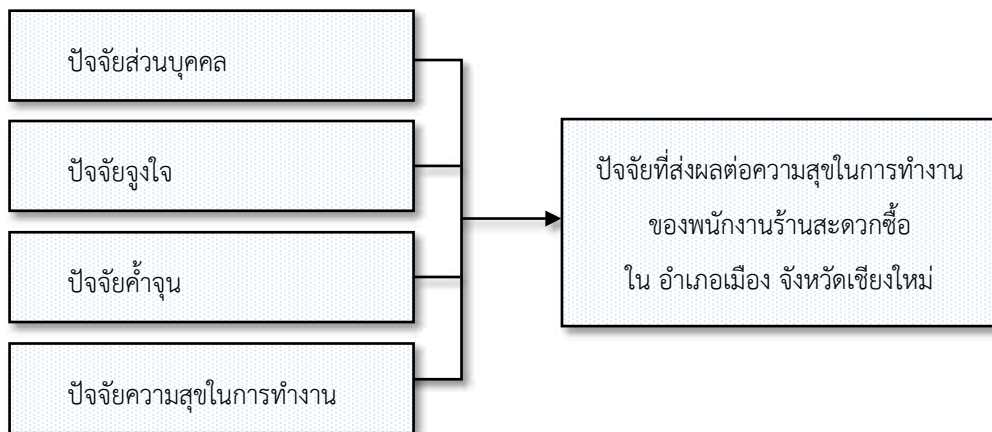
1. ปัจจัยจูงใจ (Motivation Factors) คือ ปัจจัยที่เป็นความต้องการของพนักงาน ที่มีอิทธิพลในการสร้างความพึงพอใจในการทำงาน และเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานโดยตรง รวมถึง เป็นตัวกระตุ้นให้พนักงานทำงานด้วยความพึงพอใจ ประกอบด้วย ความสำเร็จในการทำงานการยอมรับนับถือ ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ และความก้าวหน้า

2. ปัจจัยค้ำจุน (Hygiene Factors) คือ ปัจจัยภายนอกที่ช่วยป้องกันไม่ให้นักงานเกิดความไม่พึงพอใจในงานที่ทำ และเป็นปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงาน รวมถึง เป็นปัจจัยพื้นฐาน ที่จำเป็นต่อพนักงาน อีกทั้ง ถ้าหากไม่สามารถตอบสนองกับความต้องการของพนักงานอย่างเพียงพอ ก็จะทำให้เกิดความไม่พึงพอใจในงานที่ทำ ประกอบด้วย นโยบายและการบริหารงาน การบังคับบัญชา ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล สภาพการทำงาน เงินเดือนและค่าตอบแทน

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความสุขในการทำงาน

Diener (2000) กล่าวว่า ปัจจัยหรือองค์ประกอบของความสุข หมายถึง สิ่งสำคัญที่เป็นรากฐานของการดำรงชีวิต เป็นอารมณ์หรือความรู้สึกที่สามารถประเมินความเป็นอยู่หรือเป้าหมายของชีวิตได้ ซึ่งบุคคลที่มีความสุขเกิดได้จากหลากหลายปัจจัยที่แตกต่างกัน อาทิเช่น เพศ อายุ สถานภาพ รายได้ และสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความต้องการของบุคคลให้เกิดเป็นความพึงพอใจในชีวิต ได้แก่

1. ความพึงพอใจในชีวิต (Life Satisfaction)
2. ความพึงพอใจในงาน (Work Satisfaction)
3. อารมณ์ทางบวก (Positive Effect)
4. อารมณ์ทางลบ (Negative Effect)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ พนักงานร้านสะดวกซื้อ (เพศชาย, เพศหญิง) ใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ แต่ เนื่องจาก ผู้วิจัยไม่ทราบจำนวนพนักงานร้านสะดวกซื้อที่แน่นอนและแน่ชัด จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรการคำนวณในกรณีที่ไม่ทราบจำนวนประชากรตามแนวคิดของคอคแรน (Cochran, 1997) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.05 ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่าง 385 ราย และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผลข้อมูล จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 ราย และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม ซึ่งแบ่งคำถามเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยจิตใจ ปัจจัยค้ำจุน ความสุขในการทำงาน และข้อเสนอแนะ จากนั้น ทำการทดสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถามด้วยการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC : Index of item Objective Congruence) (Rovinelli & Hambleton, 1977) พบว่า ข้อคำถามดังกล่าวทุกข้อ มีความเที่ยงตรงและครอบคลุมกับเนื้อหาจึงสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (IOC > 0.50) และการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's

Alpha Coefficient) (Cronbach, 1970) พบว่า ตัวแปรที่นำมาศึกษามีความเหมาะสม ที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตอบคำถามของการวิจัย ($\alpha = 0.953$)

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การแจกแบบสอบถามให้พนักงานร้านสะดวกซื้อ ใน อ.เมือง จ.เชียงใหม่ จำนวน 400 ราย และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทบทวน การศึกษา และการค้นคว้า เช่น แนวคิด ทฤษฎี วรรณกรรม งานวิจัย วารสาร หนังสือ การสืบค้นผ่านทางเว็บไซต์ หรือข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยสูงใจ ปัจจัยค้ำจุน และความสุข ในการทำงาน ด้วยสถิติทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และกำหนดเกณฑ์การพิจารณา ค่าเฉลี่ยแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (Best, 1981) ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การพิจารณาความหมายของค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.21 - 5.00	ระดับความคิดเห็น มากที่สุด
3.41 - 4.20	ระดับความคิดเห็น มาก
2.61 - 3.40	ระดับความคิดเห็น ปานกลาง
1.81 - 2.60	ระดับความคิดเห็น น้อย
1.00 - 1.80	ระดับความคิดเห็น น้อยที่สุด

3.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยสูงใจ และปัจจัยค้ำจุน กับความสุขในการทำงาน โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (The Pearson Product Moment Correlation) คือ การหาค่าความสัมพันธ์ของสองตัวแปรที่มีความเป็นอิสระต่อกัน และกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) (Best, 1977) ดังนี้

ตารางที่ 2 เกณฑ์การพิจารณาความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ความหมาย
0.81 - 1.00	มีความสัมพันธ์กัน สูง
0.51 - 0.80	มีความสัมพันธ์กัน ปานกลาง
0.21 - 0.50	มีความสัมพันธ์กัน ต่ำ
0.01 - 0.20	มีความสัมพันธ์กัน ต่ำมาก

3.4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยสูงใจ และปัจจัยค้ำจุนที่มีอิทธิพลต่อดัชนีความสุขในการทำงาน โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นต้น (Stepwise Multiple Linear Regression Analysis) คือ การหาค่าความสัมพันธ์หลายตัวแปรที่เป็นอิสระต่อกัน

4. ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างส่วนมากเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 60.5) มีอายุระหว่าง 26 - 30 ปี (ร้อยละ 37.0) สถานภาพโสด (ร้อยละ 52.5) รายได้ 5,001 - 15,000 บาท (ร้อยละ 34.5) ตำแหน่งงานระดับปฏิบัติการ (ร้อยละ 53.8) และมีประสบการณ์ทำงาน 2 - 4 ปี (ร้อยละ 55.0)

ตารางที่ 3 ปัจจัยจูงใจ ปัจจัยค้ำจุน และความสุขในการทำงาน

ปัจจัย	\bar{X}	S. D.	แปลผล
ปัจจัยจูงใจ			
ด้านความสำเร็จในงาน	4.07	0.54	มาก
ด้านการยอมรับนับถือ	3.90	0.51	มาก
ด้านลักษณะของงาน	3.97	0.45	มาก
ด้านความรับผิดชอบ	4.06	0.39	มาก
ด้านความก้าวหน้า	4.00	0.63	มาก
รวม	4.00	0.36	มาก

ปัจจัยค้ำจุน			
ด้านนโยบายและการบริหาร	3.91	0.45	มาก
ด้านการบังคับบัญชา	3.99	0.42	มาก
ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	3.98	0.43	มาก
ด้านสภาพการทำงาน	3.97	0.38	มาก
ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน	3.85	0.56	มาก
รวม	3.94	0.28	มาก

ความสุขในการทำงาน			
ความพึงพอใจในชีวิต	3.98	0.55	มาก
ความพึงพอใจในงาน	3.91	0.39	มาก
อารมณ์ที่มีต่องาน	3.90	0.46	มาก
รวม	3.93	0.33	มาก

จากตารางที่ 3 กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยจูงใจ ภาพรวม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.36) เมื่อพิจารณาออกเป็นรายด้าน พบว่า อันดับ 1 ได้แก่ ด้านความสำเร็จในงาน รองลงมา คือ ด้านความรับผิดชอบ ด้านความก้าวหน้า ด้านลักษณะของ งาน และด้านการยอมรับนับถือ ตามลำดับ

กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยค้ำจุน ภาพรวม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.94 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.28) เมื่อพิจารณาออกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการบังคับบัญชา รองลงมา คือ ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ด้านสภาพการทำงาน ด้านนโยบายและการบริหาร และด้าน เงินเดือนและค่าตอบแทน ตามลำดับ

และกลุ่มตัวอย่างมีความสุขในการทำงาน ภาพรวม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.93 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.33) เมื่อพิจารณาออกเป็นรายด้าน พบว่า อันดับ 1 ได้แก่ ความพึงพอใจในชีวิต รองลงมา คือ ความพึงพอใจในงาน และอารมณ์ที่มีต่องาน ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยจูงใจ ปัจจัยค้ำจุนกับความสุขในการทำงาน

ปัจจัย	ความสุขในการทำงาน		
	r	p - value	ระดับความสัมพันธ์
ปัจจัยส่วนบุคคล			
รายได้	- 0.526*	0.000	ปานกลาง
ตำแหน่งงาน	- 0.200*	0.000	ต่ำ
ประสบการณ์ทำงาน	- 0.306*	0.000	ต่ำ
ปัจจัยจูงใจ			
(X ₁) ด้านความสำเร็จในงาน	0.096*	0.028	ต่ำมาก
(X ₂) ด้านการยอมรับนับถือ	0.059	0.120	ไม่มีความสัมพันธ์
(X ₃) ด้านลักษณะของงาน	0.139*	0.003	ต่ำมาก
(X ₄) ด้านความรับผิดชอบ	0.162*	0.001	ต่ำมาก
(X ₅) ด้านความก้าวหน้า	0.050	0.160	ไม่มีความสัมพันธ์
ปัจจัยค้ำจุน			
(X ₆) ด้านนโยบายและการบริหาร	0.333*	0.000	ต่ำ
(X ₇) ด้านการบังคับบัญชา	0.541*	0.000	ปานกลาง
(X ₈) ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	0.124*	0.006	ต่ำมาก
(X ₉) ด้านสภาพการทำงาน	0.456*	0.000	ต่ำ
(X ₁₀) ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน	0.616*	0.000	ปานกลาง

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์เชิงลบในทิศทางตรงกันข้ามกับความสุขในการทำงาน ได้แก่ รายได้ (r = - 0.526) ตำแหน่งงาน (r = - 0.200) ประสบการณ์ทำงาน (r = - 0.306) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปัจจัยจูงใจที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในทิศทางเดียวกันกับความสุขในการทำงาน ได้แก่ ด้านความสำเร็จในงาน ($r = 0.096$) ด้านลักษณะของงาน ($r = 0.139$) ด้านความรับผิดชอบ ($r = 0.162$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปัจจัยค้ำจุนที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในทิศทางตรงกันข้ามกับความสุขในการทำงาน ได้แก่ ด้านนโยบายและบริหาร ($r = 0.333$) ด้านการบังคับบัญชา ($r = 0.541$) ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ($r = 0.124$) ด้านสภาพการทำงาน ($r = 0.456$) ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน ($r = 0.616$) อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5 ปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงาน

ปัจจัย	Beta	t	p - value
ปัจจัยจูงใจ			
ด้านการยอมรับนับถือ	- 0.158	- 3.508	0.001*
ปัจจัยค้ำจุน			
ด้านนโยบายและการบริหาร	0.289	6.339	0.000*
ด้านการบังคับบัญชา	0.319	8.497	0.000*
ด้านสภาพการทำงาน	0.143	3.515	0.000*
ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน	0.364	8.431	0.000*

$$A = 1.228, R = 0.741, R^2 = 0.549, \text{Adj. } R^2 = 0.543, \text{Est. SE} = 0.220$$

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 ปัจจัยจูงใจที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงาน ได้แก่ ด้านการยอมรับนับถือ (Sig. = 0.001) และ ปัจจัยค้ำจุนที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงาน ได้แก่ ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน (Sig. = 0.000) ด้านการบังคับบัญชา (Sig. = 0.000) ด้านนโยบายและการบริหาร (Sig. = 0.000) และด้านสภาพการทำงาน (Sig. = 0.000) เนื่องจาก ค่า Sig. น้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 ด้านปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านค้าปลีก ใน อำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่ ได้แก่ รายได้ ตำแหน่งงาน และประสบการณ์ทำงาน กล่าวคือเมื่อเกิดรายได้ที่เพียงพอจะทำให้พนักงานเกิดความมั่นคงทางด้านการเงิน ลดความเครียดที่เกิด จากความกังวลในเรื่องของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ส่วน ตำแหน่งงานที่สูงขึ้นจะมาพร้อมกับความรับผิดชอบหรือการตัดสินใจที่มากขึ้น และได้รับการยอมรับและการยกย่องจากหัวหน้าหรือเพื่อนร่วมงาน ทำให้พนักงานเกิดความภาคภูมิใจ มีความสุขในการทำงาน และรู้สึกที่ตนเอง มีความสำคัญต่อองค์กร ส่วนมุมของประสบการณ์ทำงานที่มากขึ้นจะก่อให้เกิดความรู้ ความสามารถ ความชำนาญ และสามารถจัดการกับปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ จันทกฤต กฤตธรรม (2553) เรื่อง ความสุขในการทำงานของพนักงานบริษัท เซ็นทรัลพัฒนา เชียงใหม่ จำกัด พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงาน ได้แก่ รายได้ต่อเดือน ตำแหน่งงาน อายุการทำงาน โดยมีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95

5.2 ด้านปัจจัยจูงใจที่มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านค้าปลีกใน อำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่ ได้แก่ ความสำเร็จในงาน ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้า กล่าวคือ เมื่อพนักงานประสบความสำเร็จในการทำงานจะก่อให้เกิดความมั่นใจและความภาคภูมิใจ เนื่องจาก ความสำเร็จในงานถือเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้พนักงาน เกิดความสุข ส่วน ลักษณะของงานที่มีความหลากหลาย ทำหาย และเปิดโอกาสให้พนักงานได้ใช้ทักษะ ความรู้ต่าง ๆ จะทำให้พนักงานเกิดแรงบันดาลใจในการทำงานและรู้สึกว่าคุณค่าต่องานที่ปฏิบัติ รวมถึง ความรับผิดชอบที่เหมาะสม กับความสามารถของพนักงานจะช่วยสร้างความผูกพันต่อองค์กร และพนักงานรู้สึกว่าคุณค่าต่อตนเองมีอำนาจในการตัดสินใจต่าง ๆ เกี่ยวกับงานที่ปฏิบัติ ทั้งนี้ โอกาสในการพัฒนา และเติบโตในสายงานต่าง ๆ ของพนักงานจะก่อให้เกิดความสุขในระยะยาว ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัย ของ อรรถพร คงเขียว (2556) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความสุขในการทำงานของพนักงาน บริษัท ดี อี เอ็ม คอนพิแดนท์ จำกัด พบว่า ปัจจัยทางด้านความสำเร็จในงาน ด้านลักษณะของงานที่ปฏิบัติ ด้านความก้าวหน้า ด้าน ความรับผิดชอบ มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงาน

5.3 ด้านปัจจัยค้ำจุนที่มีความสัมพันธ์กับความสุขในการทำงานของพนักงานร้านค้าปลีก ใน อำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่ ได้แก่ นโยบายและการบริหาร ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล สภาพการทำงาน เงินเดือนและค่าตอบแทน กล่าวคือ การมีนโยบายที่ชัดเจนและการบริหารที่ยุติธรรมจะช่วยสร้างความเชื่อมั่นและความพึงพอใจทำให้พนักงานเกิดความมั่นใจใน บทบาทและหน้าที่ของตน รวมถึง การให้คำปรึกษาและการสนับสนุนจากหัวหน้างานจะทำให้พนักงานรู้สึกได้รับการดูแล และมีบุคคลที่สามารถพึ่งพาได้ในสถานการณ์ต่าง ๆ และการมีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างเพื่อนร่วมงานหรือการทำงานเป็นทีมจะ ช่วยสร้างบรรยากาศในการทำงานที่ดีจะก่อให้เกิดความร่วมมื้อมีความใจ อีกทั้ง ความสามัคคีจะทำให้พนักงานรู้สึกว่าคุณค่าต่อตนเองเป็นส่วนหนึ่งขององค์กรที่มีความสัมพันธ์อันดี นอกจากนี้ สถานที่ทำงานที่สะอาด ปลอดภัย และมีสภาพแวดล้อมที่น่าอยู่จะช่วยให้พนักงานรู้สึก สบายใจและผ่อนคลายอันจะส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงาน ประกอบกับ เงินเดือนและ ค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและสอดคล้องกับตลาดแรงงานจะช่วยเสริมสร้างความพึงพอใจในการทำงานและเกิดความรู้สึกว่า ความรู้ความสามารถของตนได้รับค่าตอบแทนอย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้อง กับงานวิจัยของ กฤษณา ปานจันทร์ (2563) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานธุรกิจค้าปลีก คำส่ง ใน กรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยทางด้าน นโยบายและการบริหาร ด้านการ บังคับบัญชา ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน มีความสัมพันธ์ กับความสุขในการทำงานของพนักงาน

5.4 ปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงาน ได้แก่ การยอมรับนับถือ นโยบายและการบริหาร การบังคับบัญชา สภาพการทำงาน เงินเดือนและค่าตอบแทน กล่าวคือ เมื่อพนักงานได้รับการยอมรับและการนับถือจาก หัวหน้างานหรือเพื่อนร่วมงานจะก่อให้เกิดขวัญและกำลังใจสูง รู้สึกมีคุณค่า มีความสุขในการทำงาน และพร้อมที่จะทุ่มเทใน การทำงาน ส่วนนโยบาย และการบริหารที่ดีจะทำให้พนักงานได้รับการปฏิบัติอย่างเป็นธรรมและปลอดภัยในการทำงาน อีกทั้ง การบังคับบัญชาที่เป็นธรรมจะช่วยเสริมสร้างความมั่นใจและเกิดแรงจูงใจให้กับพนักงานจนรู้สึกว่าได้ รับการสนับสนุนและเกิด ความสุขในการทำงาน รวมถึง การลดความเครียดและความเหนื่อยล้า จากการทำงาน และการได้รับเงินเดือนและค่าตอบแทน ที่เป็นธรรมจะทำให้พนักงานเกิดความพอใจ และเกิดความมั่นคงทางด้านการเงินภายในชีวิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดำรง ถาวร (2564) เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิต บริษัทผลิตภัณฑอาหารและเครื่องดื่ม พบว่า ปัจจัยทางด้านความสำเร็จในงาน ด้านการยอมรับและการนับถือ ด้านเงินเดือนและค่าตอบแทน ด้านความรับผิดชอบ ด้านสภาพของการทำงาน ด้านนโยบายและการบริหาร ส่งผลต่อความสุขในการทำงาน เนื่องจาก ปัจจัยข้างต้นมีกระบวนการ ทำงานร่วมกัน เพื่อเสริมสร้างสภาพแวดล้อมที่ดี ของการทำงาน และส่งผลทำให้พนักงานเกิดความสุข องค์กรเกิดประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา ปานจันทร์. (2563). ปัจจัยที่มีผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานธุรกิจค้าปลีก คำส่ง
ใน กรุงเทพมหานคร. สืบค้น 12 มีนาคม 2567. จาก <https://mmm.ru.ac.th>
- จันทกฤต กฤตธรรม. (2553). ความสุขในการทำงานของพนักงาน บริษัท เซ็นทรัลพัฒนา เชียงใหม่ จำกัด.
บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชินกร น้อยคำยาง และ ปภาดา น้อยคำยาง. (2555). ปัจจัยที่ส่งผลต่อดัชนีความสุขในการทำงานของ
บุคลากรในสำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ : กรุงเทพมหานคร.
- ดำรง ถาวร. (2564). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิต บริษัทผลิตภัณฑ์อาหาร
และเครื่องดื่ม. วารสารศิลปศาสตร์และอุตสาหกรรมบริการ. 5(1), 1 - 11
- ธนะภรณ์ แจ่มเพลง. (2562). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการขาย.
สืบค้น 12 มีนาคม 2567, จาก <https://tanapont.thai.ac>
- สทธร เพชรวิโรจน์ชัย. (2564). วิธีการสร้างความสุขในการทำงานอย่างยั่งยืน (Workplace Work).
สืบค้น 12 มีนาคม 2567, จาก <https://th.hrnote.asia>
- อรรถพร คงเขียว. (2556). ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความสุขในการทำงานของพนักงาน บริษัท ดี อี เอ็ม
คอนทิแดนท์ จำกัด. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- Best, J. W. (1981). *Research in Education*. New Jersey : Prentice - Hall.
- Best, J. W. (1977). *Research in Education*. (3rd Ed). New Jersey : Prentice - Hall.
- Cochran, W. G. (1997). *Sampling Techniques*. (3rd Ed). New York : John Wiley & Sons.
- Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of psychological testing*. (3rded). New York : Harped.
- Diener, E. (2000). Subjective Well - Being : The science of happiness and proposal
For a national index. *American Psychologist Association*. 1(2), 34 - 43.
- Herzberg, F. M. (1959). *The Motivation to Work*. New York : John Wiley & Sons.
- MC Millan, J. H. & Schumacher, S. (2001). *Research in Education*. New York : Wiley.
- Rovinelli, R. J. & Hambleton, R. K. (1977). On the Use Content Specialist in the
Assessment of Criterion Reference Test Item Validity. *Dutch Journal of
Educational Research*. (2), 49 - 60.

การเปิดรับและความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้า เซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่

ธัญพรรณ ณ สงขลา^{1*} ภูริวัฒน์ จินนะताल² พิรยา สมศักดิ์³

วิชาเอกธุรกิจการค้าและบริการ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์ : 0-53921444

*E-mail thanupun.na@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การเปิดรับและความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัทสรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นพนักงาน สังกัด CENTRAL DEPARTMENT STORE จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 172 คนและนำเครื่องมือหรือเทคนิคการวิเคราะห์ ได้แก่การใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ยของข้อมูล ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาค้นพบว่าการเปิดรับและความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงานบริษัทสรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขา เซ็นทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่ พบว่า กลุ่มพนักงานส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 31-40 ปี ซึ่งส่วนมากมีระยะเวลาการ ปฏิบัติงานมากที่สุดคือ 3-5 ปี โดยภายในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2567 ส่วนใหญ่พนักงานมีการเข้าใช้งานระบบ C-Next 2-7 ครั้ง และมีจุดประสงค์การเข้าใช้งานเพื่อใช้งานเช็ค (ขาด/ลา/มาสาย/ลวงเวลา) โดยเข้าใช้งานผ่านอุปกรณ์ โทรศัพท์มือถือ และมีความพึงพอใจจากปัจจัยด้านประโยชน์ ซึ่งระบบ C-Next สามารถช่วยลดปริมาณการเก็บข้อมูลที่เป็นกระดาษได้

คำสำคัญ การเปิดรับ ความพึงพอใจ เซ็นทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่

Exposure and Satisfaction Towards the C-Next System at Central Festival Chiang Mai Branch

Thanupun Na Songkhla^{1*} Puriwat Jinnatan² Peeraya somsak³

^{1*,2,3} Trade and service business Faculty of Business Administration and Liberal Arts

Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai

128 Huaykaew Road, Tambon Sutep, Muang, Chaing mai, Thailand 50300

*E-mail thanupun.na@rmutl.ac.th

This study aims to exposure and satisfaction of employee with the C-Next system at Central Department Store, Central Festival Chiang Mai Branch. The study sample of 172 affiliated employees from Central Department Store in Chiang Mai. Analytical tools used include descriptive statistics, averages, percentages, and standard deviations.

The results reveal that most employees are female aged between 31-40 years old, with the longest tenure being 3-5 years. During January 2024, the most employees accessed the C-Next system 2-7 times. The primary purpose of access was for leave (sickness/absent/late/overtime), primarily through mobile devices. Employee satisfaction stems from the system's benefits its capability to reduce paper-based data storage.

Keywords: Exposure, Satisfaction, Central Festival Chiang Mai

1. บทนำ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสมัยใหม่ ได้เข้ามาเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินธุรกิจ ทำให้องค์กรต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนองค์กร เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทั้งการปรับปรุงและพัฒนาองค์กรให้ดีขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากร ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์กรอยู่เสมอ เช่น การนำเทคโนโลยี มาใช้สำหรับการส่งเสริมการขายให้กับพนักงาน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับลูกค้าและ การจัดทำระบบบันทึกข้อมูลคลังสินค้า เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลคลังลดความผิดพลาด รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้สำหรับพนักงานเพื่อลดกระบวนการทำงาน ส่งผลให้พนักงานทำงานได้ง่ายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2563) จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่องค์กรส่วนใหญ่ต่างเริ่มตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อนำเข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานมากขึ้น

ซึ่งในยุคที่การแข่งขันสูง องค์กรจึงจะต้องมีวิธีในการสนับสนุนและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้พนักงานมีความคุ้นชินและทำงานได้รวดเร็วขึ้น โดยห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลฯ ที่ดำเนินธุรกิจจำหน่ายสินค้านำเข้าจากแบรนด์ชั้นนำมากมาย อีกทั้งยังเป็นผู้นำธุรกิจค้าปลีกและสินค้าอีกหลากหลายประเภท ผ่านรูปแบบช่องทางที่หลากหลาย มาอย่างยาวนาน กว่า 76 ปี ดังนั้นการที่องค์กรสามารถดำเนินธุรกิจมาได้อย่างยาวนาน หลายยุคสมัย ก็ย่อมมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงพัฒนาองค์กรให้มีความทันสมัย ผ่านการนำเทคโนโลยีมาเป็นตัวช่วยในการทำงานส่วนต่าง ๆ อย่างในเรื่องของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัลก็มีการนำระบบ ซีเน็ค (C-Next) ซึ่งเป็นระบบจัดการทรัพยากรมนุษย์ในรูปแบบ Online ทำให้สามารถใช้งานได้แบบ Real Time โดยเป็นระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูลของพนักงาน เช่น การตรวจสอบเงินเดือน ค่า Overtime การตรวจสอบสวัสดิการสิทธิประโยชน์ของพนักงาน และการจัดอบรมเรียนรู้หลักสูตรต่าง ๆ ให้กับพนักงานแบบออนไลน์ แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับองค์กรขนาดใหญ่ที่มีพนักงานหลายร้อยคน ทำให้พนักงานสามารถเข้าดูข้อมูลได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องติดต่อผ่านแผนกบุคคล (HR) ซึ่งสร้างความสะดวกต่อพนักงานและการทำงานอีกด้วย



รูปที่ 1 แสดงฟังก์ชันการทำงานของระบบ C-Next)

โดยการนำระบบ C-Next มาใช้ในองค์กรของของบริษัทสรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด ก็ได้มีการพัฒนาระบบอัปเดตข้อมูลใหม่ ๆ อยู่เสมอ แต่ถึงแม้พนักงานจะมีอายุการทำงานที่ยาวนานมีประสบการณ์ทำงานที่สูง ประกอบกับพนักงานของบริษัทสรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่ นั้นมีทั้งวัยกลางคนและช่วงสูงวัยเป็นส่วนมาก แต่ก็อาจยังมีข้อจำกัดในการเข้าถึงระบบสารสนเทศขององค์กร และการที่ระบบมีการอัปเดตข้อมูลอยู่เป็นประจำ ก็ทำให้พนักงานยังไม่เข้าใจ ขาดความคุ้นชินในตัวระบบ จึงขาดความเข้าใจในการใช้งานที่ไม่ทั่วถึง จึงต้องอาศัยเพื่อนร่วมงานหรือคนใกล้ชิดเข้าสู่อุปกรณ์การใช้งานให้และไม่สามารถเข้าใช้ระบบได้ด้วยตนเอง ทำให้พนักงานไม่

สามารถอัปเดตข้อมูลการทำงานของตนเองได้ รวมถึงการดำเนินเรื่องขออนุมัติผลงาน หรือเปิดคำขอต่างๆกับหัวหน้างาน ก็ไม่สามารถดำเนินการได้ทันเวลาที่กำหนด และทำให้ขาดการเข้าถึงสวัสดิการหรือติดตามผลสิทธิประโยชน์ของตนเองได้

จากเหตุที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาในด้านข้อจำกัดในการใช้งาน และการเปิดรับต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงาน รวมถึงความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงานห้างเซ็นทรัลเฟสติวัล เชียงใหม่ ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางในการเสนอแนะการจัดกิจกรรมส่งเสริมให้พนักงานสามารถเกิดความเข้าใจต่อการเข้าใช้งานระบบ และสามารถเข้าใช้ระบบด้วยตนเองให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นประโยชน์สำหรับผู้บังคับบัญชา หัวหน้างานและผู้ปฏิบัติงานในการพัฒนาองค์กรและพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปิดรับต่อการใช้งานระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งาน ระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่

2.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการเปิดรับสาร Atkin (1973) ได้ให้ความหมายว่า การเปิดรับสารคือการที่บุคคลมีการเปิดรับสารมากยิ่งขึ้นทำให้มีหูตาก็กว้างไกลมากมีความรู้มากมีความเข้าใจในสภาพแวดล้อมและเป็นคนที่ทันต่อเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นมากกว่าบุคคลอื่นๆที่เปิดรับสารน้อยกว่า นอกจากนี้ Becker (1972) ได้ให้นิยามของการเปิดรับสารโดยแบ่งตามพฤติกรรมการเปิดรับของบุคคลซึ่งแบ่งได้ 3 ประเภทคือ การแสวงหาข้อมูล (Information Seeking) คือบุคคลจะแสวงหาข้อมูลเมื่อต้องการให้ตนเองมีความเหมือนหรือคล้ายครั้งกับบุคคลหรือกลุ่มคนที่มีความสนใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การเปิดรับข้อมูล (Information Receptivity) คือบุคคลจะเปิดรับข้อมูลข่าวสารในเรื่องที่ตรงกับความต้องการหรือความสนใจของตนเองโดยหาข้อมูลข่าวสารมีความเกี่ยวข้องกับตัวเองบุคคลจะให้ความสนใจในประเด็นนั้นเป็นพิเศษ การเปิดประสบการณ์ (Experience Receptivity) คือบุคคลที่จะเปิดรับสารเพื่อความผ่อนคลายอารมณ์ให้ความบันเทิงหรือตอบสนองกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

จากความหมายของการเปิดรับข่าวสารที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการเปิดรับหมายถึง ความถี่ในการเปิดรับข่าวสารผ่านสื่อต่าง ๆ โดยมีจุดมุ่งหมายในการเปิดรับสื่อที่แตกต่างกันออกไป

แนวคิดความพึงพอใจ Wolman (1973) กล่าวว่า ความพึงพอใจคือความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากภายในเมื่อบุคคลรู้สึกถึงความสุขเวลาที่ได้รับผลสำเร็จตามสิ่งที่มุ่งหวังหรือได้รับในสิ่งที่ต้องการหรือแรงจูงใจ วฤทธิ สารฤทธิคาม (2558) กล่าวว่าความพึงพอใจคือความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดหรือปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับความรูสึกเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของบุคคลนั้นได้รับการตอบสนองหรือบรรลุตาม หมายซึ่งความรู้สึกดังกล่าวจะลดลงหรือไม่เกิดขึ้นหากความต้องการหรือจุดมุ่งหมายนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง

จากความหมายของความพึงพอใจ ความรู้สึกหรือมีทัศนคติในเชิงบวกที่ได้รับการตอบสนองอาจเกิดขึ้นจากการใช้บริการสิ่งหนึ่งสิ่งใด เป็นไปตามคาดหวังของบุคคล อีกทั้ง สิ่งที่เกิดขึ้นจะต้องได้รับการตอบสนอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยวิธีการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) และใช้แบบสอบถามซึ่งให้ผู้ตอบเป็นผู้กรอกข้อมูลเองเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการแจกแบบสอบถามให้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 172 คน

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประกอบไปด้วยจำนวนพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ ซึ่งมีจำนวน 172 คน (เซนต์ทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่, 2566) จำแนกเป็นพนักงานฝ่ายขาย จำนวน 81 คน พนักงานแคชเชียร์ จำนวน 31 คน พนักงานส่วนหลัง (Back of House: BOH) จำนวน 60 คน ซึ่งการทำวิจัยในครั้งนี้โดยจะใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 172 คน ทั้งหมดของพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ เซนต์ทรัลเฟสติวัล เชียงใหม่

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การเปิดรับและความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซนต์ทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่ ซึ่งแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ 1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม 2. ความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ใช้วิธีการเก็บข้อมูลเป็นแบบสอบถามประเภทปลายปิด (Close-ended response question) โดยเป็นการเลือกตอบคำตอบแบบตรวจรายการ (Check List) เพื่อเก็บข้อมูลและนำข้อมูลดังกล่าวมาแจกแจงความถี่

4.ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามด้านเพศ พบว่า เพศชายมีจำนวน 52 คนคิดเป็นร้อยละ 30.2 และเพศหญิงมีจำนวน 120 คน คิดเป็นร้อยละ 69.8 ด้านอายุ ช่วง 20-30 ปี มีจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 15.7 ช่วง 31-40 ปี มีจำนวน 71 คน คิดเป็นร้อยละ 41.3 ช่วง 41-50 ปี จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5 ช่วง 51-60 ปี มีจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 10.5 ด้านระยะเวลาในการปฏิบัติงาน 3-5 ปี จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 34.9 ระยะ 6-8 ปี จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 29 ระยะ 9 ปี ขึ้นไป จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 18.6 และต่ำกว่า 2 ปี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 17.4 แผนกที่ปฏิบัติงาน พนักงานขาย จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 47.1 พนักงานส่วนหลัง (Back of House: BOH) จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 34.8 และพนักงานแคชเชียร์ จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 18.1

ส่วนที่ 2 การเปิดรับระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซนต์ทรัลเฟสติวัลเชียงใหม่ ได้แก่ 2.1 ความถี่ในการเข้าสู่ระบบ C-Next ภายในเดือน มกราคม 2567 พบว่า เข้าใช้งาน 2-7 ครั้ง ร้อยละ 42.4 รองลงมา 8-14 ครั้ง ร้อยละ 20.3 รองลงมา 15-21 ครั้ง ร้อยละ 19.7 รองลงมา มากกว่า 30 ครั้ง ร้อยละ 8.1 รองลงมา 22-30 ครั้ง ร้อยละ 8 และ 1 ครั้ง ร้อยละ 1.7 ตามลำดับ 2.2 จุดประสงค์การใช้งานระบบ C-Next พบว่า ตรวจสอบเวลางาน (ขาด/ลา/มาสาย/ล่วงเวลา) ร้อยละ 68.6 รองลงมา ขอเบิกสวัสดิการ (Key Benefit) ร้อยละ 15.1 รองลงมา ขอใบรับรองเงินเดือน (Print Slip) ร้อยละ 11.1 และ เข้ารับการอบรม คิดเป็นร้อยละ 5.2 ตามลำดับ 2.3 ช่องทางการเข้าใช้งาน พบว่า โทรศัพท์มือถือ (Smartphone) ร้อยละ 69.7 และ คอมพิวเตอร์ ร้อยละ 30.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจในการใช้งานระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัล เฟสติวัล เชียงใหม่

รายการ	□	S.D	ระดับความพึงพอใจ
ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน	3.44	0.88	ปานกลาง
ด้านการสื่อสาร	3.05	0.87	ปานกลาง
ด้านเนื้อหา	3.32	1.03	ปานกลาง
ด้านประโยชน์	3.92	1.23	มาก

ส่วนที่ 3 ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจ ด้านประโยชน์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.23 ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.88 ด้านเนื้อหา โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.32 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.03 ด้านการสื่อสาร โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.87

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการเปิดรับและความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัล เชียงใหม่ สามารถสรุปและนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 31-40 ปี อยู่ในแผนกแคชเชียร์ ระยะเวลาปฏิบัติงาน 3-5 ปี

1.การเปิดรับระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัล เชียงใหม่ ในช่วงเดือนมกราคม 2567 มีอัตราการเข้าใช้ระบบ C-Next 2-7 ครั้ง จุดประสงค์ในการเข้าใช้ ตรวจสอบเวลาด่าน (ขาด/ลา/มาสาย/ขอล่วงเวลา) ช่องทางที่ใช้ในการเข้าถึงส่วนใหญ่เป็นโทรศัพท์มือถือ (Smartphone) แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มักจะเลือกเปิดรับข้อมูลที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับของตนเอง และเลือกใช้ช่องทางที่ตนเองถนัดและเข้าใช้เป็นประจำซึ่งสอดคล้องกับ Becker (2015) กล่าวว่า การเปิดรับข้อมูลข่าวสาร (Information Receptivity) ของบุคคล จะเปิดรับข้อมูลข่าวสารในเรื่องที่ตรงกับเรื่องที่ตรงกับเรื่องที่ตนเองสนใจ โดยหากข้อมูลข่าวสารนั้นเกี่ยวข้องกับตนเองก็จะให้ความสำคัญกับเรื่องนั้นเป็นพิเศษ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า บุคคลจะมีการเลือกสาร (Selective Processes) ด้วยสาเหตุที่แตกต่างกันไปตามประสบการณ์

2.ความพึงพอใจในการใช้งานระบบ C-Next ของพนักงาน บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด สาขาเซ็นทรัลเฟสติวัล เชียงใหม่ จากผลการวิจัยผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อประโยชน์ของระบบ C-Next เนื่องจากเป็นระบบออนไลน์และสามารถเก็บข้อมูลที่สำคัญสามารถนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานมาใช้ได้ตลอดเวลา อีกทั้ง ช่วยลดขั้นตอนในการทำงานให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิสร่า กาญจนรัตน์กุล (2561) พบว่า เมื่อพนักงานสามารถใช้เทคโนโลยีหรือยอมรับทำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานได้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานขององค์กรให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้สำเร็จ ความพึงพอใจต่อด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ปัจจุบันพนักงานมีโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา อีกทั้ง ในห้างสรรพสินค้ามีจุดให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) อยู่โดยรอบทำให้สะดวกต่อการเข้าใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมยภัทร์ อีรพงษ์ (2562) พบว่า การใช้โครงข่ายในการเชื่อมต่อข้อมูลต่าง ๆ ภายในองค์กรมีส่วนช่วยให้พนักงานเกิดความพึงพอใจต่อการใช้ชีวิตในการทำงาน อีกทั้ง หากสิ่งอำนวยความสะดวกอย่างเช่นระบบอินเทอร์เน็ตสามารถเข้าถึงได้ทั่วทุกพื้นที่ในองค์กรจะเป็นส่วนช่วยในการลดภาระค่าใช้จ่ายให้กับพนักงานส่งผลให้เกิดความพึงพอใจ ด้านเนื้อหา เนื่องจากระบบสามารถแสดงข้อมูลรวมถึงหน้าต่างที่สำคัญต่อการใช้ให้กับผู้ใช้ได้อย่างครบถ้วนและสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

อีกทั้งมีการเตือนให้ทราบข่าวสารข้อมูลที่สำคัญต่อการปฏิบัติงานที่มีความเกี่ยวข้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bakos, Zsuzsanna (2019) พบว่า ผู้ใช้งานระบบสามารถใช้งานได้ด้วยตนเองผ่านการเรียนรู้ ผ่านสัญลักษณ์ สี และตัวอักษร โดยสามารถใช้หน้าต่างของเว็บไซต์ได้อย่างสะดวกสบาย ด้านการสื่อสาร ด้านการสื่อสาร ในการนำเทคโนโลยีที่เข้ามาปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานเพื่อให้สามารถทำงานได้บรรลุจุดมุ่งหมายขององค์กรจึงจำเป็นต้องมีการประชาสัมพันธ์ เพื่อให้เกิดการรับรู้และมีหน่วยงานในการให้ความช่วยเหลือจึงจะทำให้เกิดการยอมรับในสิ่งใหม่ที่เปลี่ยนแปลงเข้ามาใช้ สอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม Everett Rogers (1962) ที่กล่าวว่าขั้นตอนที่สำคัญในการยอมรับ นวัตกรรมคือการเกิดความรู้จากนวัตกรรมว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้างและต้องเกิดการโน้มน้าวใจกับผู้ใช้ โดยเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ไม่ทางใดก็ทางหนึ่งซึ่งจะเป็นส่วนทำให้เกิดการยอมรับนวัตกรรมใหม่

6. เอกสารอ้างอิง

ชนิสรา กาญจนรัตน์กุล. (2561). การศึกษาคุณสมบัติส่วนบุคคลปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมองค์กรและปัจจัยด้านการใช้เทคโนโลยีเทคโนโลยีที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีในการทำงานกรณีศึกษาพนักงานบริษัทน้ำมันเชื้อเพลิงแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ปรินธิญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

เซนทรัลเฟสติวัล เชียงใหม่. (2566). อัตราคงอยู่ของพนักงานสายปฏิบัติการ.

พิมพ์ภัทร์ ชีรพงษ์ธร. (2562). พฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีในการทำงาน ของพนักงานบริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนตรัคชั่น จำกัด. ปรินธิญามหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วฤทธิ สารฤทธิคาม. (2558). “ความพึงพอใจของประชาชนต่อการให้บริการขององค์การบริหารส่วนตำบล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลดอนจัว อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม” มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2564). รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือน. สืบค้นจาก <http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/home.aspx>

Atkin. (1973). “Anticipated communication and mass media information seeking”.

Bakos, Z. (2019). Comparing the UI and UX of a business web-site, a user feedback study.

Becker, L. B, (1972). “Using mass communication theory”.

Everett M. Rogers. (1983). Diffusion of Innovation. 3rd ed. New York: The Free Press.

Wolman, (1973). “Dictionary of education”.

การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรด้านโควิด ภายใต้การปฏิบัติการเกษตรที่ดินทางการเกษตร

กิงกาญจน์ ปวนสุรินทร์^{1*} เดือนเพ็ญ มะโนเรือง¹ อังกร ว่องตระกูล²

¹ หลักสูตรระบบสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

² หลักสูตรวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

*อีเมล kingkan@mutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 094-6289445

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรด้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมองค์ความรู้และสกัดองค์ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการคัดเลือกสมุนไพรรวมทั้งพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรรวมทั้งพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร โดยกระบวนการดำเนินการวิจัยคือ 1) ศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานและตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการคัดเลือกสมุนไพรรวมทั้งพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรด้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร 2) การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเชิงภูมิศาสตร์ และ 3) วิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืชสมุนไพร โดยนำไปสู่ผลลัพธ์งานวิจัยคือ เสนอพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกสมุนไพรด้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร ซึ่งพบว่า ดินในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มี 3 ชนิด คือ ดินเนื้อละเอียด ดินเนื้อปานกลาง ดินเนื้อหยาบ จากปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกพืชสมุนไพรไทยด้านโควิด พบว่า ดินเนื้อปานกลาง เป็นดินที่คุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรในพื้นที่ 9 ตำบล คือ เจริญเมือง ทรายขาว ธารทอง ป่าหุง ม่วงคำ เมืองพาน แม่เย็น แม่ฮ้อ และสันมะเค็ด นอกจากนี้ยังพบว่าในอำเภอพานมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทพื้นที่ป่ามากที่สุด 1,302,601.95 ไร่ ดังนั้นพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืชสมุนไพรด้านโควิดของพื้นที่เป้าหมายคือ พื้นที่ที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ในพื้นที่อำเภอพาน ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเพาะปลูกบนดินเนื้อปานกลาง ซึ่งโดยส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นพื้นที่นา (67824.65 ไร่) พืชไร่ (1288.13 ไร่) ไม้ผล (852.14 ไร่) สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (569.53 ไร่) และไม้ยืนต้น (566.23 ไร่) ผลการศึกษานี้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการคัดเลือกพืชสมุนไพรด้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร ควรพิจารณาให้สอดคล้องกับความต้องการการเพาะปลูกของเกษตรกร และองค์ความรู้เกี่ยวกับการเพาะปลูกพืชสมุนไพรด้านโควิดควรมีการสร้างความรู้ความเข้าใจด้านการตลาด รายได้ ผลได้ผลเสียแก่เกษตรกร รวมทั้งสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ร่วมทางการเกษตร เพื่อสร้างโอกาสการแข่งขันทางการตลาดด้านพืชสมุนไพรด้านโควิดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

คำสำคัญ เทคโนโลยีสารสนเทศ สมุนไพร การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร

The suitable information technology development for selecting anti-COVID19 herbs under the good agricultural practices criteria

Kingkan Puansurin ^{1*} Dueanpen Manoruang¹ Unggoon Wongtraگون²

¹ Division of Business Information System, Department of Business, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai

² Division of Civil Engineering, Department of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai

*E-mail kingkan@rmutl.ac.th, Tel 094-6289445

Abstract

The suitable information technology development for selecting anti-COVID19 herbs under the good agricultural practices criteria aimed to integrate the relevant knowledge and extract the knowledge about the good agricultural practices process and to develop the information technology for providing the information to farmer to plant anti-COVID19 herbs on the suitable area. The research process was 1) to study and collect the knowledge and extract the knowledge about standards for selecting anti-COVID herbs, 2) to study and collect the relevant indicators for selecting anti-COVID19 herbs in terms of cultivation, 3) to study and collect the information about the development of the appropriate information technology for selecting anti-COVID herbs under good agricultural practices, 4) to design and develop the geographic information technology system, and 5) to analyze and propose the suitable areas suitable for cultivating anti-COVID19 herbs. The research output was to propose the suitable areas for planting anti-COVID herbs under good agricultural practices and to propose. It was found that the soil texture in Phan District Chiang Rai Province had 3 types: fine-textured soil medium textured soil and coarse textured soil. With the appropriate environmental factors for planting 8 anti-COVID19 herbs, it was medium textured soil which was in 9 subdistricts of Phan districts such as Chalearnmeaung, Saikhow, Tharnthong, Phahung, Muangkhum, Meaungphan, Maeyen, Mae-Oa, and Sanmaket. For the land use in Phan district, it was forest (1,302,601.95 rai). Therefore, the suitable areas for planting anti-COVID herbs under the good agricultural practices process were paddy field (67824.65 rai), vegetable field (1288.13 rai), fruit field (852.14 rai), fish pond (569.53 rai), and plant field (566.23 rai). Therefore, the suitable and targeted agricultural area for planting anti-COVID 19 herbs was the GAP area in Phan district with medium textured soil and most land use areas were paddy field (67,824.65 rai) fruit (852.14 rai) fish pond (569.53 rai) and standing timber (566.23 rai). This study suggested that the farmers' cultivation demand was required for consideration in the study and the knowledge of anti-COVID herbs should concern on marketing, income, opportunity and threat for agriculture. The agricultural network was necessary in order to compete in the global and local market.

Keywords: Technology Information, Herbs, Good Agricultural Practices

1. บทนำ

จังหวัดเชียงราย เป็นพื้นที่ต้นแบบการพัฒนาเมืองสมุนไพรจังหวัดเชียงราย หรือ Herbal City เพื่อขับเคลื่อนเมืองสมุนไพรให้เป็นรูปธรรมตามโครงการแผนแม่บทแห่งชาติพัฒนาสมุนไพร ไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564 เพื่อการพึ่งตนเองของชุมชน การแข่งขันอย่างยั่งยืน ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้มีการนำสมุนไพรไทยมาใช้ในประเทศอย่างครบวงจร โดยการสร้างอาชีพ สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและสร้างความเข้มแข็งให้ชุมชน รวมถึงการพัฒนาพืชสมุนไพรไทยให้ใช้ประโยชน์ สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากสมุนไพรไทย (กระทรวงสาธารณสุข, 2559) จากสถานการณ์โรคโควิด 19 (Coronavirus disease 2019) ที่มีการแพร่ระบาดทั่วโลก ประเทศไทยได้มีการศึกษาวิจัยสมุนไพรไทยเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการสร้างภูมิคุ้มกันและต้านโควิด โดยมีผลการศึกษาวิจัยสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อไวรัสให้ไม่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ลดการอักเสบ ทำให้เม็ดโลหิตขาวซึ่งมีหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกัน สามารถสร้างภูมิขึ้นมาได้เพียงพอในการฆ่าเชื้อโรคได้ อีกทั้งนโยบายส่งเสริมการใช้สมุนไพรของรัฐบาล เช่น ส่งเสริมให้โรงพยาบาลสถานพยาบาลใช้สมุนไพรทดแทนการนำเข้ายาแผนปัจจุบันและนำสมุนไพรมาใช้ในการรักษาโรค สำหรับโอกาสทางการตลาดของสมุนไพรไทยในอนาคตจะสามารถสร้างรายได้และผลตอบแทนทางธุรกิจให้กับผู้ประกอบการไทยที่อยู่ในห่วงโซ่การผลิตสมุนไพรได้อย่างมีศักยภาพ (นาริลักษณ์ ศิริวรรณ, 2564)

ดังนั้นเพื่อให้การพัฒนาเมืองสมุนไพรให้บรรลุวัตถุประสงค์ของจังหวัดจำเป็นต้องมีการเก็บรวบรวมและสกัดองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการคัดเลือกสมุนไพรต้านโควิดที่มีฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ปรับภูมิคุ้มกัน ลดการอักเสบ ต้านไวรัสและบรรเทารักษา รวมทั้งสมุนไพรที่มีสาระสำคัญที่ช่วยลดโอกาสการติดเชื้อ สมุนไพรเศรษฐกิจจากผู้เชี่ยวชาญด้านสมุนไพรไทยและหน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่ เพื่อพัฒนาขับเคลื่อนเมืองสมุนไพรครบวงจรด้านการผลิตวัตถุดิบสมุนไพรที่ได้มาตรฐานการปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร และการพัฒนาวัตถุดิบสมุนไพรยกระดับมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกร สามารถเป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้และฝึกอบรม รวมทั้งเป็นศูนย์จำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพรส่งเสริมสุขภาพและมีวัตถุดิบสมุนไพรและสมุนไพรแห้งที่ได้มาตรฐาน ชุมชนมีรายได้จากการผลิตและการให้บริการด้านสมุนไพร

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในรวบรวมและสกัดองค์ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการคัดเลือกสมุนไพรสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการคัดเลือกสมุนไพรภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร เพื่อเสนอพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมในพื้นที่ที่ศึกษาสามารถพัฒนากลายเป็นแหล่งสมุนไพรที่มีศักยภาพที่มีการนำเอาการจัดการองค์ความรู้ภายใต้การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพรไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สมุนไพรไทยที่เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (COVID-19) จำนวน 8 ชนิด ประกอบด้วย ฟักทลายใจ กระชาย ขมิ้น มะขามป้อม ชิง ข่า หัวหอม กระเทียม (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2564) ทั้งนี้การปลูกพืชสมุนไพรเป็นสิ่งจำเป็น โดยในอดีตการใช้สมุนไพรเป็นการเก็บจากธรรมชาติแต่ไม่มีการปลูกทดแทน ทำให้พืชสมุนไพรที่มีจำนวนลดลง ปัจจุบันเริ่มมีการนำเอาพืชสมุนไพรมาใช้ประโยชน์มากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการปลูกให้ได้จำนวนมากขึ้นให้เพียงพอกับความ ต้องการ ดังนั้นเพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จึงต้องคำนึงถึงการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชสมุนไพรแต่ละชนิด พืชสมุนไพรเป็นพืชที่ขึ้นตามธรรมชาติ แต่ละพื้นที่ที่เหมาะสมที่พืชสมุนไพรจะขึ้นแตกต่างกัน การเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมจะช่วยให้พืชขึ้น ๆ เจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ ทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการจัดการและดูแลรักษา (กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545) ดังนั้นการเพาะปลูกสมุนไพรให้มีคุณภาพมาตรฐานควรมีหลักเกณฑ์ วิธีการที่ดีในการเพาะปลูก (Good Agrrotechnological Practices: GAP) มีปัจจัยที่ต้องคำนึงคือ 1)

รายละเอียดทั่วไปของพืช เช่น วงศ์พืช ส่วนที่ใช้ และประโยชน์ หรืออื่นๆ 2) ลักษณะเฉพาะของพืช 3) สภาพของดินและภูมิอากาศที่เหมาะสม 4) การเตรียมพื้นที่และการแพร่พันธุ์ 5) การให้ปุ๋ย การให้น้ำ และการบำรุงรักษา 6) โรคพืชและศัตรูของพืช และ 7) การเก็บเกี่ยวและผลผลิต (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร, 2555) จากข้อกำหนดของการปฏิบัติการทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร พื้นที่ปลูกไม่อยู่ในสภาพแวดล้อมซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ที่กระทบต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์สมุนไพร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบข้อมูลที่เชื่อมโยงพื้นที่กับค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยชุดเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการต่าง ๆ ในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่ออธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวโลก โดยข้อมูลบนแผนที่อาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural environments) เช่น แม่น้ำ และ ป่าไม้ เป็นต้น หรือเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-Made Environments) เช่น ถนน ตึก เป็นต้น (ชฎาณรงค์ฤทธิ์, 2547) การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) เป็นการวิเคราะห์โดยนำสมการทางคณิตศาสตร์มาใช้วิเคราะห์พื้นที่ให้เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1) การคัดเลือกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในการศึกษา โดยพิจารณาจากปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง 2) การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ เป็นข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ในรูปแบบแผนที่ มีรายละเอียดและมาตราส่วนที่เหมาะสม 3) การนำเข้าและจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นการจัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างราสเตอร์หรือเวกเตอร์ตามความต้องการ 4) การวิเคราะห์ข้อมูล โดยกำหนดค่าความสามารถของปัจจัย (Rating Value) เป็นการกำหนดระดับค่าความสัมพันธ์ขององค์ประกอบหรือปัจจัยย่อยของปัจจัยหลักว่ามีมากน้อยเพียงใด (สุระ พัฒนเกียรติ, 2546)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย สามารถให้ความรู้เกี่ยวกับการคัดเลือกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในการศึกษา การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ การนำเข้าและจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการศึกษาที่ใช้กระบวนการวิเคราะห์โดยมุ่งเน้นการนำเทคนิควิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย สอบถามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกพืชสมุนไพร ได้แก่ ชนิดของดิน ความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความต้องการแสง และความสูงจากระดับน้ำทะเล รายละเอียดดังตารางที่ 1

2) เก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกการปลูกพืชสมุนไพร

ความต้องการแสง	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์
100%	18-25 องศาเซลเซียส	ต่ำกว่า 60%
75%	25-30 องศาเซลเซียส	ระหว่าง 60-80%
50%	30-35 องศาเซลเซียส	สูงกว่า 80%

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	รูปแบบไฟล์	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดเชียงราย (ปี 2561)	Shapefile (*.shp)	สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย

2. ข้อมูลชนิดของดิน จังหวัดเชียงราย (ปี 2561)	Shapefile (*.shp)	สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย
3. ข้อมูลขอบเขตการปกครอง จังหวัดเชียงราย (ปี 2561)	Shapefile (*.shp)	สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย
4. ข้อมูลพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรที่ได้รับการรับรองรับรองมาตรฐาน GAP (ปี 2566)	Excel (*.xlsx)	ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย
5. ข้อมูลเกษตรอินทรีย์ PGS อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย (ปี 2566)	Excel (*.xlsx)	สำนักงานเกษตรอำเภอพาน
6. ข้อมูลเกษตรกรที่แจ้งปลูกพืชสมุนไพร อำเภอพาน (ปี 2566)	PDF (*.pdf)	สำนักงานเกษตรอำเภอพาน

3) การเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในการกำหนดพื้นที่วิจัยอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย สืบเนื่องจากทุกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอพานได้ดำเนินกิจกรรมตามโครงการ 1 อปท. 1 สวนสมุนไพร เฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา 28 กรกฎาคม 2566 ซึ่งในแต่ละชุมชนเห็นคุณค่าของสมุนไพรที่มีอยู่และเป็นประโยชน์ต่อการรักษาสุขภาพ รวมทั้งการอนุรักษ์และการใช้สมุนไพรไทยเป็นศูนย์การเรียนรู้ การปลูกและนำสมุนไพรไปใช้ในการรักษาโรคโควิด 19 และใช้หัววัดต่างๆ ใช้ในชุมชน

3.3 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล โดยการนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูล รวมทั้งทำการแปลงข้อมูลรูปแบบไฟล์ PDF ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Excel (*.xlsx) จากนั้นทำการแปลงข้อมูลรูปแบบไฟล์ Excel (*.xlsx) ให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Shapefile (*.shp) เพื่อให้ข้อมูลทุกชั้นอยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำไปสำหรับการวิเคราะห์ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดเชียงราย มี 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด

2) ข้อมูลชนิดดิน ทั้ง 62 ชุดดิน แบ่งดินเป็น 3 ชนิด คือ ดินเนื้อละเอียด ดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อหยาบ แบ่งโดยใช้เกณฑ์การจำแนกชนิดดิน ดังตารางที่ 3 (บุญแสน เตียนกุลธรรม, 2548)

หมายเลขชุดดิน คือ กลุ่มชุดดิน เป็นหน่วยของแผนที่ดินที่กรมพัฒนาที่ดินพัฒนาขึ้นมา โดยการรวมชุดดินที่มีลักษณะ สมบัติ และศักยภาพในการเพาะปลูก รวมถึงการจัดการดินที่คล้ายคลึงกันมาไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) หลังจากทำการกรองชุดข้อมูลทั้งหมดเสร็จสิ้นแล้ว นำชุดข้อมูลมาแปลงให้เป็นข้อมูลราสเตอร์ เพื่อที่จะนำชุดข้อมูลทั้งหมดมาซ้อนทับกัน (Overlay) เพื่อทำการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมในการปลูกพืชสมุนไพรภายในการปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

3) ข้อมูลขอบเขตการปกครอง จังหวัดเชียงราย ประกอบด้วยขอบเขตจังหวัด ขอบเขตอำเภอ และขอบเขตตำบล โดยทำการเลือกเฉพาะพื้นที่ขอบเขตอำเภอพาน และพื้นที่เฉพาะขอบเขต 15 ตำบลที่อยู่ในอำเภอพาน

4) ข้อมูลพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรที่ได้รับการรับรองรับรองมาตรฐาน GAP อำเภอพาน โดยการตรวจสอบข้อมูลดังกล่าว พบว่า มีแปลงเกษตรอำเภอพาน 415 รายการ ได้รับการรับรองรับรองมาตรฐาน GAP และมีข้อมูลแปลงทำการเกษตร GAP จำนวน 275 รายการ ยังขาดข้อมูลตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ จากนั้นทำการแปลงไฟล์รายชื่อ GAP จากรูปแบบไฟล์ Excel ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์นามสกุล CSV เพื่อให้สามารถนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม QGIS

ตารางที่ 3 การจำแนกของชนิดดิน

ชนิดของดิน	คุณสมบัติของดิน	หมายเลขชุดดิน
ดินเนื้อละเอียด	ดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 28, 29, 30, 31, 45, 46, 47, 52, 54, 55, 26, 27, 53, 12, 13, 15, 32
ดินเนื้อปานกลาง	ดินร่วน ดินร่วนทรายแป้ง ดินทรายแป้ง ดินร่วนเหนียวปนทราย	51, 57, 58, 16, 17, 33
ดินเนื้อหยาบ	ดินทราย ดินทรายเป็นร่วน ดินร่วนทราย	23, 24, 42, 43, 44, 59, 60, 61, 19, 37, 41, 62, 18, 20, 21, 22, 25, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 48, 49, 50, 56

3.4 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรภายในการปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกพืชสมุนไพรไทยที่เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ประกอบด้วยพืชสมุนไพร 8 ชนิด คือ ฟักทลายโจร กระชาย ขมิ้นชัน มะขามป้อม ชิง ข่า หัวหอม และกระเทียม รวมทั้งรวบรวมปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพร คือ ดิน ความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความสูงจากระดับน้ำทะเล จากนั้นนำปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพร ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชนิดของดิน ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ข้อมูลพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ข้อมูลเกษตรกรอินทรีย์ PGS และข้อมูลเกษตรกรที่แจ้งปลูกพืชสมุนไพร มาซ้อนทับกัน (Overlay) เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

3.5 การออกแบบและพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเชิงภูมิศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) ข้อมูลนำเข้า (Input Data) คือ การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าสู่โปรแกรม QGIS ประกอบด้วย 1) การนำเข้าข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ CSV จำนวน 3 ไฟล์ คือ ข้อมูลพื้นที่เกษตร PGS ข้อมูลพื้นที่ทำการเกษตร GAP และข้อมูลเกษตรกรที่แจ้งปลูกพืชสมุนไพร และ 2) การนำเข้าข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบ Shape File จำนวน 4 ไฟล์ คือ ข้อมูลชุดดิน (soil25k_phan.shp) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (landuse_phan_2563.shp) ข้อมูลขอบเขตตำบลในอำเภอพาน (ตำบล-อำเภอพาน.shp) และข้อมูลขอบเขตอำเภอพาน (อำเภอพาน.shp)

2) การประมวลผล (Processing) เป็นการนำข้อมูลนำเข้ามาทำการประมวลผลเชิงพื้นที่ด้วยการประยุกต์เทคนิคทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยการใช้โปรแกรม QGIS 3.34.3 'Prizren' สำหรับการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืชสมุนไพรภายในการปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

3) ผลลัพธ์ (Output) จากการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืชสมุนไพรภายในการปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร อำเภอพาน ผลลัพธ์ที่ได้พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืชสมุนไพรและแสดงในรูปแบบแผนที่

3.6 วิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืชสมุนไพร เสนอพื้นที่ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก และจัดโซนการเพาะปลูก โดยพิจารณาจากตัวชี้วัดหรือปัจจัยที่ได้มาจากการรวบรวมข้อมูล ทบทวนวรรณกรรม ผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่เป้าหมาย โดยปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตรของพื้นที่เป้าหมาย ข้อมูลพืชสมุนไพรด้านโควิด ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชนิดของดิน ข้อมูลขอบเขตการปกครอง จังหวัดเชียงราย ข้อมูลพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ข้อมูลเกษตรกรอินทรีย์ PGS อำเภอพาน และข้อมูลเกษตรกรที่แจ้งปลูกพืชสมุนไพร อำเภอพาน ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศเชิง

ภูมิศาสตร์ แล้วทำการวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เพื่อเสนอพื้นที่ที่หรือโซนพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืชสมุนไพรต้านโควิดต่อไป

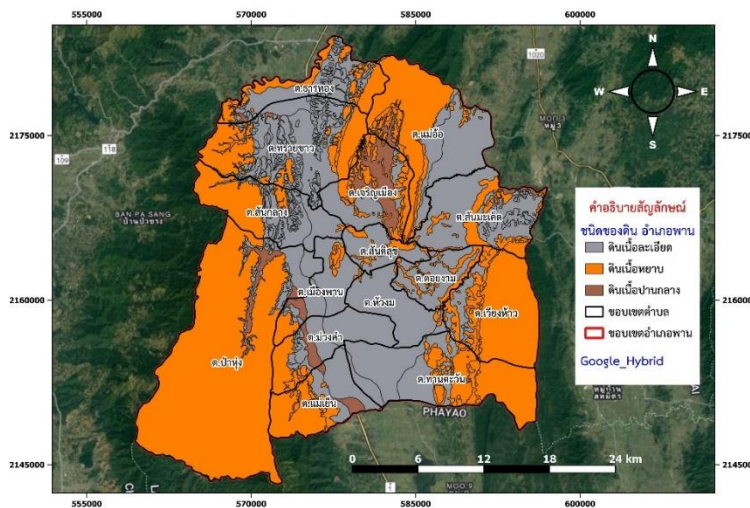
4. ผลการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรต้านโควิดภายในการปฏิบัติการที่ทำการเกษตร อำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย มีผลของการวิจัยดังนี้

การวิเคราะห์ชนิดของดินในพื้นที่อำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย พบว่าพื้นที่อำเภอฟานมีดิน 3 ชนิด คือ **ดินเนื้อละเอียด** ซึ่งมีคุณสมบัติของดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทราย แปรดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทรายแปร **ดินเนื้อปานกลาง** มีคุณสมบัติของดินร่วน ดินร่วนทรายแปร ดินทรายแปร ดินร่วนเหนียวปนทราย และ **ดินเนื้อหยาบ** มีคุณสมบัติของดินทราย ดินทรายร่วน ดินร่วนทราย รายละเอียดดังตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาตามขนาดของพื้นที่ดินแต่ละชนิด พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอฟานเป็นดินเนื้อละเอียดจำนวน 2,700,306.93 ไร่ รองลงมาเป็นดินเนื้อหยาบ จำนวน 770,692.34 ไร่ และดินเนื้อปานกลาง จำนวน 68,311.22 ไร่ จากการศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกพืชสมุนไพรไทยที่เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ทั้ง 8 ชนิด พบว่า **ดินเนื้อปานกลาง** เป็นดินที่คุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรอยู่ในพื้นที่ 9 ตำบล คือ ต.เจริญเมือง (11,211.29 ไร่) ต.ทรายขาว (12,264.68) ต.ธารทอง (674.69 ไร่) ต.ป่าหุง (7,783.54 ไร่) ต.ม่วงคำ (4,102.49 ไร่) ต.เมืองพาน (4,102.49 ไร่) ต.แม่เย็น (ไร่) ต.แม่ฮ้อ (11,211.29 ไร่) และ ต.สันมะเค็ด (11,483.53 ไร่) รายละเอียดดังรูปที่ 1 แผนที่ชนิดดินอำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย

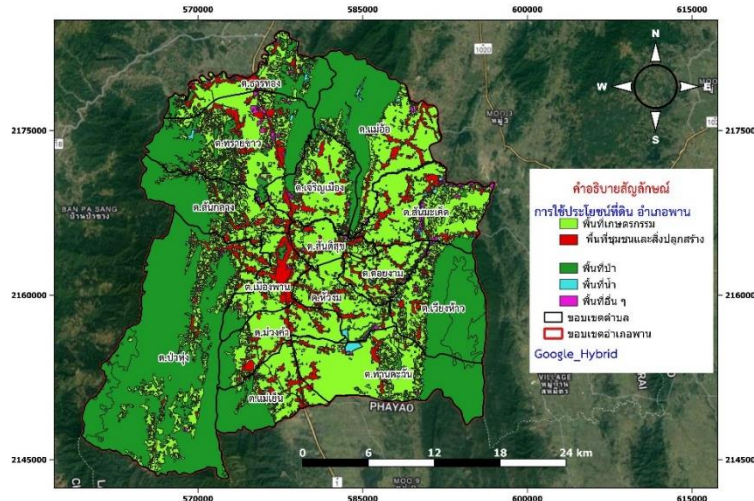
ตารางที่ 4 ชนิดของดินและกลุ่มชุดดินในพื้นที่อำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย

ชนิดของดิน	กลุ่มชุดดิน	หน่วยแผนที่ดิน
ดินเนื้อละเอียด	5, 6, 7, 29, 31, 46, 47, 55	5, 6, 7, 29B, 29C, 29D, 29E, 31B, 31Bb, 31C, 31D, 31E, 46B, 47B, 47C, 47D, 47E, 55B, 55C, 55D, 55E
ดินเนื้อปานกลาง	16, 33	16, 33
ดินเนื้อหยาบ	18, 22, 35, 38, 40, 48, 56, 59, 60, 62	59, 60, 62, 18, 22, 35, 35b, 35C, 35D, 35E, 38B, 40B, 48B, 48C, 48D, 48E, 56B, 56C, 56D, 56E



รูปที่ 1 แผนที่ชนิดของดินในพื้นที่อำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย

การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทพื้นที่ป่ามากที่สุด 1,302,601.95 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม 636,082.91 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 71,198.82 ไร่ พื้นที่น้ำ 13,434.08 ไร่ และพื้นที่อื่น ๆ 13,168.59 ไร่ ซึ่งพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทปรากฏดังรูปที่ 2

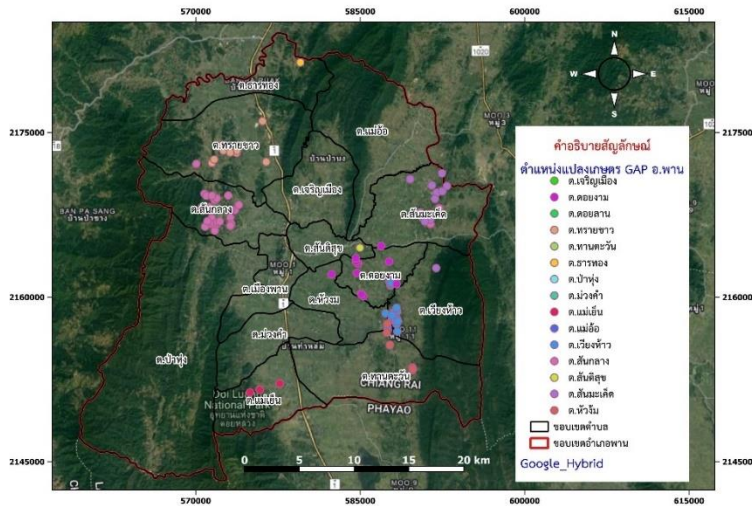


รูปที่ 2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

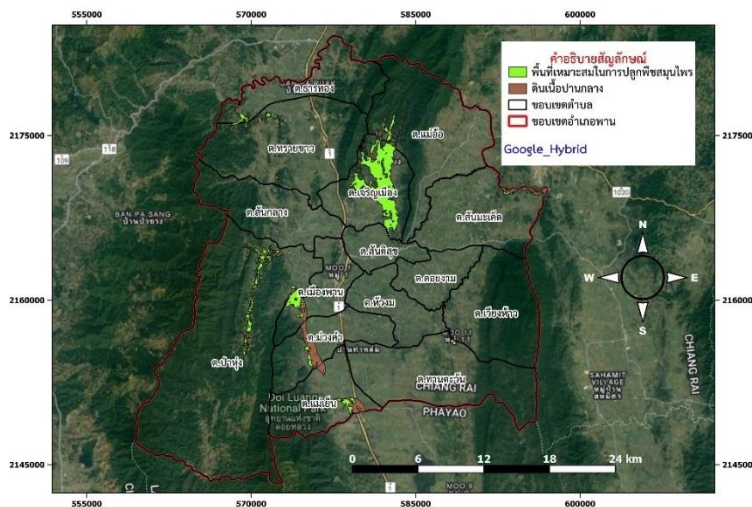
ปัจจุบันทุกพื้นที่ในอำเภอพานมีพื้นที่การปลูกพืชหลากหลายชนิดที่ดำเนินการเพาะปลูกตามแนวการปฏิบัติการเกษตรที่ดี (GAP) และได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ประกอบด้วย กระจับปี่เยียว กระจับปี่เยียว กกล้วย กาแฟ เก๊กฮวย แก้วมังกรโกโก้ ข้าวโพดฝักสด แคน เงาะ ชมพู เชียงดา ตะไคร้ ปาล์มน้ำมัน ผักคาวตอง ผักบั้ง(ผักบั้งจีน) ผักปลั่งผักหวาน ไม้ ฝรั่ง พริกชี้หัวผลเล็ก พริกหนุ่ม พืชตระกูลกะเพรา พืชตระกูลกะหล่ำ พืชตระกูลขิง-ข่า พืชตระกูลแตง พืชตระกูลถั่ว พืชตระกูลผักกาดหอม พืชตระกูลมะเขือ พืชตระกูลหอม-กระเทียม มะกรูด มะขาม มะนาว มะพร้าว มะม่วง มะละกอ ลำไย ลิ้นจี่ วานิชมงคล สับปะรด เห็ด อ้อยคั้นน้ำ อะโวคาโด ไฮโดรโปนิคส์ เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP 5 อันดับแรก ของแต่ละตำบลในอำเภอ คือ ตำบลสันกลาง (370.1 ไร่) ตำบลเจริญเมือง (253 ไร่) ตำบลม่วงคำ (195.14 ไร่) ตำบลทรายขาว (168.11 ไร่) และตำบลสันมะเค็ด (114.49 ไร่) โดยแสดงตำแหน่งของแปลงปลูกพืชที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ในแต่ละตำบลดังรูปที่ 3

การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชสมุนไพรต้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร ในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย จากแผนที่ดังรูปที่ 4 ผู้วิจัยนำผลจากการวิเคราะห์ชนิดดินเนื้อปานกลางมาทำการซ้อนทับ (Overlay) กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรไทยที่เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ประกอบด้วยพืชสมุนไพร 8 ชนิด คือ ฟ้าทลายใจ กระจับปี่เยียว ขมิ้นชัน มะขามป้อม ขิง ข่า หัวหอม และกระเทียม ซึ่งเมื่อพิจารณาตามข้อกำหนดการปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตรสำหรับพืชสมุนไพร โดยน้ำที่ใช้จะต้องไม่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการเกิดการปนเปื้อนจากวัตถุหรือสิ่งที่เป็นอันตราย ดังนั้นพื้นที่เพาะปลูกพืชสมุนไพรจึงไม่ควรอยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมหรือกิจกรรมอื่น ๆ เช่น แหล่งชุมชน โรงพยาบาล ที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนวัตถุหรือสิ่งอันตราย และ

พื้นที่สำหรับการปลูกพืชสมุนไพรจะต้องไม่อยู่ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่า และพื้นที่อื่นๆ ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรไทยที่เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตรสำหรับพืชสมุนไพร พบว่า ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเพาะปลูกบนดินเนื้อปานกลางอยู่ในพื้นที่ตำบลเจริญเมือง (28,888.78 ไร่) และตำบลแม่ฮ้อ (28,516.76 ไร่) โดยส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นพื้นที่นา (67,824.65 ไร่) พืชไร่ (1,288.13 ไร่) ไม้ผล (852.14 ไร่) สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (569.53 ไร่) และไม้ยืนต้น (566.23 ไร่)



รูปที่ 3 ตำแหน่งแปลงปลูกพืชที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ในแต่ละตำบลในพื้นที่อำเภอพาน

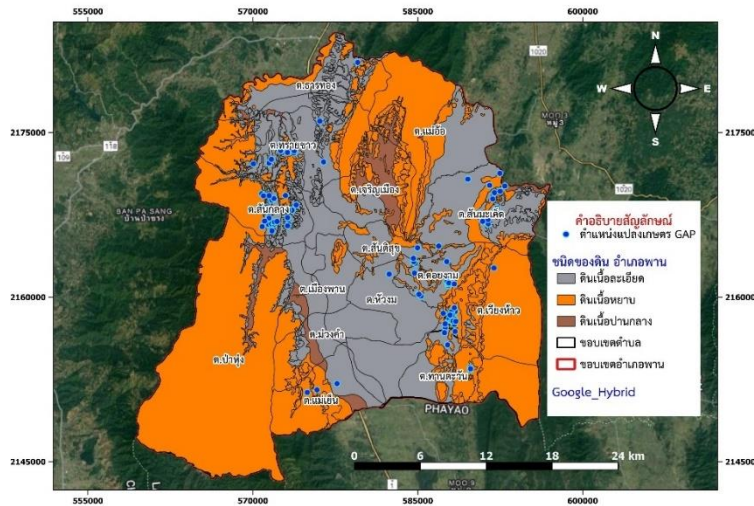


รูปที่ 4 พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรไทยที่เกี่ยวกับ Anti-COVID19 ภายใต้ GAP ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งแปลงเกษตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP จากตารางที่ 5 พบว่าเกษตรกรในตำบลสันมะเค็ด ทำการเพาะปลูกในประเภทดินที่เหมาะสม คือ ดินเนื้อปานกลาง และมีขนาดพื้นที่เพาะปลูก 11,483.53 ไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าแปลงเกษตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ทำการเกษตรอยู่ในพื้นที่ดินที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรที่เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตรสำหรับพืชสมุนไพร โดยทำการเกษตรอยู่ในพื้นที่ดินประเภทดินเนื้อละเอียด 6,966,142 ไร่ และทำ

การเกษตรในพื้นที่ดินเนื้อหยาบ 142,630.2 ไร่ ดังรูปที่ 5 ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตและสารสำคัญของ สมุนไพรแต่ละชนิด

ตารางที่ 5 ตำแหน่งแปลงเกษตร GAP ปลูกในดินแต่ละประเภท

ตำบล	ดินเนื้อปานกลาง	ดินเนื้อละเอียด	ดินเนื้อหยาบ	รวมพื้นที่(ไร่)
ดอยงาม		3,636,251	16,774.41	3,653,026
ทรายขาว		359,732.6	669.75	360,402.3
ธารทอง			45.165	45.165
แม่เย็น		25,612.98	2,569.20	28,182.18
เวียงห้าว		2,077,858	8335.95	2,086,194
สันกลาง		159,348.1	2533.85	161,882
สันติสุข		346,309.6		346,309.6
สันมะเค็ด	11,483.53	361,029.1	104,113.9	476,626.5
หัวงม			7,588.02	7588.02
รวมพื้นที่(ไร่)	11,483.53	6,966,142	142,630.2	7120,255



รูปที่ 5 ตำแหน่งแปลงเกษตร GAP ปลูกในดินแต่ละประเภท

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรต้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร” มีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1) เพื่อรวบรวมองค์ความรู้ และสกัดองค์ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการคัดเลือกสมุนไพร และ 2) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสมุนไพรภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร รายละเอียดการศึกษาฯ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การปลูกพืชสมุนไพรด้วยการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้วัตถุดิบสมุนไพรที่มีคุณภาพและปลอดภัย เหมาะสมสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม สุขภาพความปลอดภัยและสวัสดิการของผู้ปฏิบัติงาน ตามข้อกำหนดของการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพรเกี่ยวกับพื้นที่เพาะปลูกสมุนไพร ดังนั้นเพื่อให้พืชสมุนไพรเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จึงต้องคำนึงถึง

เพาะปลูกพืชสมุนไพรให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านการบริหารจัดการและเศรษฐศาสตร์นั้นถือเป็นคุณประโยชน์อย่างยิ่ง (ณัฐนนท์ จิรกีจนิमित และ คณะ, 2566, ชารินี ไชยชนะ และคณะ, 2563, ชนะชัย อวนวัง, 2563 กมลลักษณ์ เชื้อวพุก และ คณะ, 2562 และ ทศนันท์ จันทร และ คณะ, 2560) แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกพืชสมุนไพรด้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตรเพื่อเสนอพื้นที่ที่เหมาะสมและโซนการใช้พื้นที่เพื่อการปลูกสมุนไพรในพื้นที่เป้าหมายยังไม่ปรากฏผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง มีเพียงการศึกษาการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกพืชสมุนไพรสำหรับสนับสนุนการปรุงยาของโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย หลวงปู่แป็บ สุภัทโท กรณีศึกษาจังหวัดสกลนคร (ชารินี ไชยชนะ และคณะ, 2563) เท่านั้น โดยส่วนใหญ่การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนั้นเน้นเรื่องระบบจัดเก็บข้อมูลและการจัดทำองค์ความรู้เพียงเท่านั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกพืชสมุนไพรด้านโควิดภายใต้การปฏิบัติการที่ดีทางการเกษตร ควรพิจารณาให้สอดคล้องกับความต้องการการเพาะปลูกของเกษตรกร ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพของตนเอง เช่น ความมั่นใจเรื่องรายได้เพิ่มขึ้นหากปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำเกษตร หรือการลดต้นทุนการเพาะเลี้ยง ดังนั้น องค์ความรู้เกี่ยวกับการเพาะปลูกพืชสมุนไพรด้านโควิดควรมีการสร้าง ความเข้าใจแก่เกษตรกรเกี่ยวกับ การตลาด รายได้ ผลได้ผลเสียที่เกษตรกรจะได้รับก่อนไปประยุกต์ใช้งานจริง
2. การสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ร่วมทางการเกษตร แนวทางหลักที่ทำให้เกิดความยั่งยืน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง หากต้องการที่จะสร้างโอกาสการแข่งขันทางการตลาดด้านพืชสมุนไพรด้านโควิดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

6. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2559). แผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564. สืบค้น 19 พฤษภาคม 2567, จาก <https://dmsic.moph.go.th/index/download/695>
- นาริลักษณ์ ศิริวรรณ. (2564). โอกาสและความท้าทายของสมุนไพรไทยด้านโควิด. วิจัยปริทัศน์ (Research Review Article, (12), 1-14. (<https://dl.parliament.go.th/handle/lirt/582854>)
- กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2564). แนวปฏิบัติทางการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (COVID-19). สืบค้น 11 เมษายน 2567, จาก https://ttm.skto.moph.go.th/document_file/pr002.pdf
- กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร. (2545). คู่มือพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ชุดที่ 1. กรุงเทพมหานคร.
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.สกลนคร. (2555). คู่มือแปรรูปผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: มูฟเม้นท์ เจน ทรี.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2561). การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร. สืบค้น 2 เมษายน 2567, จาก https://icaps.mju.ac.th/goverment/20111128102704_2011_icaps/Doc_25610713101933_559994.pdf
- ชญา ณรงฤทธิ์. (2547). ความหมายของระบบสารสนเทศ. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุระ พัฒนเกียรติ. (2546). การวิเคราะห์เชิงพื้นที่. หลักเบื้องต้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญแสน เตียวบุญกุลธรรม. (2548). สมบัติทางกายภาพของดิน. สืบค้นวันที่ 2 พฤศจิกายน 2566 จาก : http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/soil/lesson_3_2.php.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). ข้อมูลคำอธิบายกลุ่มชุดดิน. สืบค้น กุมภาพันธ์ 23, 2567 จาก https://data.go.th/dataset/item_20f9bb85-581f-4d5b-acd0-c2bcc1208e90

ณัฐนนท์ จิระจินนิมิต, ธนียา เจติยานุกรกุล และสงเสริม แสงทอง. (2566). สัมมาชีพ: องค์ความรู้เพื่อชุมชนไพร่พื้นถิ่นและการจัดการเชิงเครือข่ายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในพื้นที่ดอยลังกา. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร, 11(4): 1549-1561.

ชาตรี ไชยชนะ, สีตลา วงศ์กาฬสินธุ์ และ เดือนเพ็ญ มะโนเรือง. (2563). การวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมในการปลูกพืชสมุนไพรสำหรับสนับสนุนการปรุงยาของโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย หลวงปู่แป๊ะ สุภัทโท วิทยาลัยศึกษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 40(4): 32-46.

ชนะชัย อวนวัง. (2563). ระบบสารสนเทศการเก็บเก็บคลังพืชสมุนไพรบนแผนที่ออนไลน์ในพื้นที่สวนสมุนไพร 90 พรรษาพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร. วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 17(76): 300-306.

กมลลักษณ์ เชี่ยวพุก, ไพศาล สีมาเลาเต่า และ อบุลรัตน์ ศิริสุขโกคา. (2562). การพัฒนาต้นแบบระบบจัดการข้อมูลพื้นที่ปลูกสมุนไพรในจังหวัดนครปฐม ด้วยแผนที่ภูมิศาสตร์. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 11- 12 กรกฎาคม 2563, นครปฐม: 273-282.

ทัศนันท์ จันท, พิมพ์ชนก สุวรรณศรี และ สุริพร บุญอ้วน. (2560). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พืชสมุนไพร ในพื้นที่ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ (รายงานผลการวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.สุระ พัฒนเกียรติ. (2546). การวิเคราะห์เชิงพื้นที่. หลักเบื้องต้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ แพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่

เตชัช สันสี^{1*} ณัฐพงศ์ นิลคำ² ชมพูนุช มีรัตน์³

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

²มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

³มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

*Taechit@rmutl.ac.th, 0619987925

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ Netflix ของผู้บริโภค Generation X และ 2) เพื่อศึกษาการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้แพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการแจกแบบสอบถามเพื่อหาการแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS) โดยกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 408 คน มีทั้งเพศหญิงและเพศชาย ที่อาศัยอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ และมีอายุตั้งแต่ 40 ปี ขึ้นไป ผลการศึกษาพบว่า จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 65.7 จำแนกตามสถานภาพสมรส สมรสคิดเป็นร้อยละ 78.4 จำแนกตามอาชีพธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 32.4 รายได้ต่อเดือน 20,000 – 25,000 คิดเป็นร้อยละ 37.3 และการศึกษาในระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 78.9 ในด้านการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความพึงพอใจมากที่สุดในด้านการประชาสัมพันธ์ (Public Relations) มีค่าเฉลี่ย 3.83 และในด้านคุณภาพการให้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความพึงพอใจมากที่สุดในด้านการตัดสินใจบริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix มีค่าเฉลี่ย 3.82

คำสำคัญ : การสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ, การตัดสินใจบริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง

The Impact of Integrated Marketing Communications on the Decision to Use Netflix Streaming Platform Among Generation X Consumers in Chiang Mai Province

Taechit Sansi^{1*} Nuttapong Ninkham² Chompunuch Meerat³

¹ Rajamangala University of Technology Lanna 128 Chang Phueak, Mueang, Chiang Mai 50300

² Rajamangala University of Technology Lanna 128 Chang Phueak, Mueang, Chiang Mai 50300

³ Rajamangala University of Technology Lanna 128 Chang Phueak, Mueang, Chiang Mai 50300

*Taechit@mutl.ac.th, 0619987925

Abstract

The objectives of this study were: 1) to examine the factors influencing the choice of Netflix among Generation X consumers, and 2) to investigate the impact of integrated marketing communications on the decision-making process of Generation X consumers regarding the use of the Netflix streaming platform in Chiang Mai province. The study employed data analysis of integrated marketing communications (IMC) affecting the decision to use the Netflix streaming platform among Generation X consumers in Chiang Mai province.

The research team collected data through questionnaires to determine frequency distribution, mean, percentage, and standard deviation using statistical software (SPSS). The sample group consisted of 408 participants, including both males and females, residing in Chiang Mai province and aged 40 years or older.

The results revealed that the majority of respondents were female, accounting for 65.7%. Categorized by marital status, 78.4% were married. In terms of occupation, 32.4% were self-employed. The monthly income bracket of 20,000 - 25,000 baht represented 37.3% of respondents, and 78.9% had completed a bachelor's degree or equivalent.

Regarding integrated marketing communications, respondents expressed the highest satisfaction with public relations, yielding a mean score of 3.83. In terms of streaming platform service quality, respondents indicated the highest satisfaction with the decision to use the Netflix streaming platform, with a mean score of 3.82.

Keywords: Integrated Marketing Communications, Decision to use streaming platform services

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การรับชมสื่อความบันเทิงผ่านช่องทางออนไลน์ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความสะดวกสบายและความหลากหลายของเนื้อหาที่น่าสนใจ (Mikos, 2016) โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภค Generation X ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอายุระหว่าง 40-59 ปี และมีกำลังซื้อสูง (Dimock, 2019) แพลตฟอร์มสตรีมมิ่งอย่าง Netflix ได้รับความนิยมอย่างมากในกลุ่มนี้ ด้วยข้อได้เปรียบด้านความหลากหลายของเนื้อหาและราคาที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกใช้บริการดังกล่าวมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง ทั้งปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการบริโภค และการสื่อสารทางการตลาด

การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (Integrated Marketing Communications: IMC) เป็นกลยุทธ์สำคัญที่องค์กรนำมาใช้เพื่อสร้างการรับรู้และกระตุ้นการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (Porcu, del Barrio-Garcia, & Kitchen, 2017) โดยประสานการใช้เครื่องมือสื่อสารทางการตลาดต่าง ๆ เช่น การตลาดทางตรง การโฆษณา การประชาสัมพันธ์ และการส่งเสริมการขาย เป็นต้น ให้สอดคล้องและเสริมซึ่งกันและกัน เพื่อสร้างการรับรู้และความประทับใจแก่กลุ่มเป้าหมาย (Kliatchko, 2008) โดยมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาประยุกต์ใช้ในการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการด้วย (Šerić, Ozretić-Došen, & Škare, 2020) ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการของผู้บริโภค (Šerić, Gil-Saura, & Ruiz-Molina, 2015; Porcu, Kitchen, & Timmi, 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในธุรกิจการให้บริการ IMC ถือเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างคุณค่าและความแตกต่างให้แก่ตราสินค้า (Šerić & Gil-Saura, 2012) ซึ่งจะส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ศึกษาบทบาทของ IMC ในการตัดสินใจใช้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่งโดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภค Generation X ยังมีอยู่อย่างจำกัด

ในอุตสาหกรรมภาพยนตร์ จึงเกิดธุรกิจการให้บริการรูปแบบใหม่ คือ การให้ผู้บริโภคชมภาพยนตร์แบบ Online ด้วยระบบ Streaming ผ่านสื่อต่าง ๆ ที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต และทีวี เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยมีผู้ให้บริการผ่านระบบนี้มีจำนวนมากขึ้น ส่วนใหญ่จะเป็นผู้บริโภค Generation X เพราะคนรุ่นนี้มีการปรับตัวได้ง่าย มีความคิดเป็นระบบประสบการณ์ในการใช้ชีวิตสูง โดยมีผู้ประกอบการรายใหญ่ ๆ ได้แก่ Netflix , True ID , AIS Play ซึ่งผู้ให้บริการเหล่านี้ต่างก็มีกลยุทธ์ในการทำตลาดที่มุ่งใจผู้บริโภคให้ใช้บริการของตนเองอย่างหลากหลายแตกต่างกัน โดยเฉพาะกลุ่ม Generation X เป็นกลุ่มประชากรที่มีกำลังซื้อสูงและมีอิทธิพลต่อตลาดผู้บริโภค (Katz, 2017) การเข้าใจพฤติกรรมผู้บริโภคสื่อของคนกลุ่มนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้ให้บริการสตรีมมิ่งอย่าง Netflix ในการพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดและการสร้างคอนเทนต์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้ชม

ด้วยเหตุนี้ การวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ Netflix ของกลุ่มผู้บริโภค Generation X และศึกษาบทบาทของการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ โดยเฉพาะการตลาดทางตรงและการโฆษณา ที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของกลุ่มดังกล่าวในจังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนกลยุทธ์การสื่อสารทางการตลาดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ในสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจที่ทวีความรุนแรงขึ้น ความรู้ความเข้าใจในศาสตร์ด้านการตลาดทางตรงและการโฆษณาจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคดิจิทัลที่พฤติกรรมผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2019) การศึกษาในด้านนี้จึงช่วยให้การตลาดสามารถปรับตัวและตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างทันที่

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ Netflix ของผู้บริโภค Generation X
2. เพื่อศึกษาการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้แพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะประชากรศาสตร์

ประชากรศาสตร์ หมายถึง การทำความเข้าใจเกี่ยวกับมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางสังคมวัฒนธรรม เศรษฐกิจ และปัจจัยอื่น ๆ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ประกอบไปด้วย เพศ เชื้อชาติ ศาสนาภูมิถิ่นกำเนิด ภาษา ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส จำนวนบุตร สถานภาพการทำงาน อาชีพ และรายได้ (สันติ ศิริมศรี, 2541) ลักษณะทางประชากรศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับขนาด องค์ประกอบ การกระจายและการเปลี่ยนแปลงของประชากร โดยลักษณะทางประชากรศาสตร์ประกอบไปด้วยเพศ อายุ สถานภาพ การสมรส การศึกษา ศาสนา เชื้อชาติ และอาชีพ (สุปัญญา ไชยชาญ, 2551) รายละเอียดดังนี้

(1) ปัจจัยด้านเพศ (Sex) ความแตกต่างทางเพศ ทำให้บุคคลมีพฤติกรรมของการติดต่อสื่อสารต่างกัน คือ เพศหญิงมีแนวโน้มมีความต้องการที่จะส่งและรับข่าวสารมากกว่าเพศชาย ในขณะที่เพศชายไม่ได้มีความต้องการที่จะส่งและรับข่าวสารเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่มีความต้องการที่จะสร้างความสัมพันธ์อันดี ให้เกิดขึ้นจากการรับและส่งข่าวสารนั้นด้วย นอกจากนี้เพศหญิงและเพศชายมีความแตกต่างกันอย่างมากในเรื่องความคิด ค่านิยม และทัศนคติ ทั้งนี้เพราะวัฒนธรรม และสังคม กำหนดบทบาทและกิจกรรมของคนสองเพศไว้ต่างกัน

(2) ปัจจัยด้านอายุ (Age) อายุเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งต่อพฤติกรรมของการสื่อสารของมนุษย์เนื่องจากอายุจะเป็นตัวกำหนดหรือเป็นสิ่งที่บ่งบอกเกี่ยวกับความมีประสบการณ์ในเรื่องต่าง ๆ ของบุคคล ดังคำกล่าวที่กล่าวว่าผู้ใหญ่อาบน้ำร้อนมาก่อนหรือเรียกคนที่มีประสบการณ์ เป็นต้นสิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องบ่งชี้หรือแสดงความคิดเห็นความเชื่อลักษณะการโต้ตอบต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นของบุคคล โดยทั่วไปเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ประสบการณ์สูงขึ้น ความฉลาดรอบคอบก็เพิ่มมากขึ้นวิสัยทัศน์และสิ่งที่สนใจก็จะเปลี่ยนแปลง

(3) ปัจจัยด้านการศึกษา (Education) การศึกษาหรือความรู้เป็นลักษณะอีกประการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อผู้รับสาร การที่คนได้รับการศึกษาที่ต่างกันในยุคสมัยที่ต่างกัน ในระบบการศึกษาที่ต่างกัน จึงย่อมมีความรู้สึกนึกคิดอุดมการณ์ และความต้องการที่ต่างกัน คนทั่ว ๆ ไปมักจะสนใจหรือยึดแนวความคิดในแนวสาขาของตนเป็นสำคัญ และบุคคลมักมีลักษณะบางประการที่แสดงหรือเป็นข้อบ่งชี้ถึงพื้นฐานการศึกษาที่เรียนมา เนื่องจากสถาบันการศึกษาเป็นสถาบันที่อบรมหล่อหลอมเกล้าให้บุคคลมีบุคลิกภาพไปในทิศทางที่ต่างกันทางด้านครูผู้สอนก็มีอิทธิพลต่อความคิดของผู้เรียนโดยการสอดแทรกความรู้สึกลึกซึ้งของตัวให้แก่ผู้เรียน ดังนั้นการศึกษาจึงเป็นตัวกำหนดในกระบวนการเลือกสรรของผู้รับไปด้วย

(4) ปัจจัยด้านอาชีพ (Occupation) อาชีพของแต่ละบุคคลจะนำไปสู่ความจำเป็น และความต้องการสินค้า บริการที่ต่างกัน เช่น เกษตรกร หรือชาวนาก็จะซื้อสินค้าที่จำเป็นต่อการครองชีพและสินค้าที่เป็นปัจจัยการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ส่วนพนักงานที่ทำงานในบริษัทต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะซื้อสินค้า เพื่อเสริมสร้างบุคลิกภาพ ข้าราชการก็จะซื้อสินค้าที่จำเป็นกับธุรกิจก็จะซื้อสินค้าเพื่อสร้างภาพพจน์ ให้กับตัวเอง เป็นต้น ในทางการตลาดจะต้องศึกษาว่าสินค้าและบริการของบริษัทเป็นที่ต้องการของกลุ่มอาชีพประเภทใด เพื่อที่จะจัดเตรียมสินค้าให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม

(5) ปัจจัยด้านรายได้ (Income) หรือสถานภาพทางเศรษฐกิจ (Economic status) สถานภาพทางเศรษฐกิจของบุคคลจะกระทบต่อตราสินค้า และบริการที่ตัดสินใจสถานภาพเหล่านี้ ประกอบด้วยรายได้ การออมทรัพย์ อำนาจการซื้อและทัศนคติเกี่ยวกับการจ่ายเงิน นักการตลาดต้องสนใจแนวโน้มของรายได้ส่วนบุคคล เนื่องจากรายได้จะมีผลต่ออำนาจของการซื้อ คนที่มีรายได้ต่ำจะมุ่งซื้อสินค้าที่จำเป็นต่อการครองชีพ และมีความไวต่อราคามาก ส่วนคนที่มีรายได้สูง จะมุ่งซื้อสินค้าที่มีคุณภาพดี และราคาสูง โดยเน้นที่ภาพพจน์ของราคาสินค้าเป็นหลัก การศึกษาอาชีพ และรายได้นั้น มีแนวโน้มสัมพันธ์กัน อย่างใกล้ชิดในความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล

อดุลย์ จาตุรงค์กุล (2541: 38-39) กล่าวว่า ลักษณะทางประชากรศาสตร์รวมถึง อายุ เพศ วงจรชีวิตครอบครัว การศึกษา รายได้ เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญต่อนักการตลาด เพราะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ (Demand) ในตัวสินค้าทั้งหลาย การเปลี่ยนแปลงทางประชากรศาสตร์ ซึ่งให้เห็นถึงการเกิดขึ้นของตลาดใหม่ และตลาดอื่นก็จะหมดไปหรือลดความสำคัญลง ลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่สำคัญ ดังนี้

(1) อายุ นักการตลาดต้องคำนึงถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของประชากรในเรื่องของอายุ

(2) เพศ จำนวนสตรี (สมรสหรือโสด) ที่ทำงานนอกบ้านเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ นักการตลาดต้องคำนึงว่าปัจจุบันสตรีเป็นผู้ซื้อรายใหญ่ ซึ่งที่แล้วมาผู้ชายเป็นผู้ตัดสินใจซื้อ

(3) วงจรชีวิตครอบครัว ขั้นตอนแต่ละขั้นของวงจรชีวิตของครอบครัวเป็นตัวกำหนดที่สำคัญของพฤติกรรม ขั้นตอนของวงจรชีวิตของครอบครัวแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีพฤติกรรมที่แตกต่างกัน

(4) การศึกษาและรายได้การศึกษาเมื่อมีอิทธิพลต่อรายได้เป็นอย่างมาก การรู้ว่าจะเกิดขั้นกับ การศึกษาและรายได้เป็นสิ่งสำคัญ เพราะแบบแผนการใช้จ่ายขึ้นอยู่กับรายได้ที่คนมี

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC)

การสื่อสารการตลาด (Marketing Communication) คือ รูปแบบของการสื่อสารที่มีผู้ส่งข่าวสารเป็นผู้ผลิตสินค้าหรือบริการ ผู้จัดจำหน่าย พนักงานขาย ส่งข่าวสารผ่านช่องทางการสื่อสารประเภทต่าง ๆ หรือส่งตรงไปยังผู้รับสาร ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของผู้ส่งสาร โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้รับข่าวสารตอบสนองไปในทิศทางที่ต้องการ (ชื่นจิตต์ แจ่มเจนกิจ. 2544:12)

เสรี วงษ์มณฑา (2540: 28-29) ให้ความหมายของการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (Integrated Marketing Communication : IMC) ว่าหมายถึง กระบวนการของการพัฒนาแผนงานการสื่อสารการตลาด ที่ต้องใช้การบูรณาการหลายรูปแบบกับกลุ่มเป้าหมายอย่างต่อเนื่อง เป้าหมายการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ คือ การที่มุ่งสร้างพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด โดยการพิจารณาวิธีการสื่อสารตราสินค้า (Brand contracts) เพื่อให้ผู้บริโภคเป้าหมายได้รู้จักสินค้าหรือบริการที่จะนำไปสู่ความรู้ ความคุ้นเคย และความเชื่อมั่นในสินค้ายี่ห้อโดยยี่ห้อหนึ่ง ซึ่งการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการเป็นวิธีการพื้นฐานในการสำรวจ กระบวนการติดต่อสื่อสารกับผู้รับข่าวสารที่เป็นเป้าหมาย ทศนะการวางแผน การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ถือเกณฑ์ แนวความคิด 5 ประการ คือ

(1) การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) จะใช้การติดต่อสื่อสารหลายรูปแบบกับลูกค้า ซึ่งอยู่ภายใต้แผนเดียวกัน (Single plan) และจุดมุ่งหมายเดียวกัน การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ตระหนักว่าบุคคลสะสมข้อมูลตลอดเวลา และข้อมูลที่สะสมจะมีผลต่อพฤติกรรมการซื้อ ดังนั้น จึงควรมีการป้อนข้อมูลให้กับลูกค้าด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1.1 การโฆษณา | 1.2 การขายโดยใช้พนักงานขาย |
| 1.3 การส่งเสริมการขาย | 1.4 การประชาสัมพันธ์ |
| 1.5 การตลาดทางตรง | 1.6 การตลาดโดยการจัดกิจกรรมพิเศษ |
| 1.7 เครื่องมือการติดต่อสื่อสารอื่น ๆ | |

(2) การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) จะเริ่มต้นที่ลูกค้าไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ (IMC starts with the customers not the product) จุดเริ่มต้นในการติดต่อสื่อสารของผลิตภัณฑ์ คือ การค้นหาวิธีการที่จะติดต่อสื่อสารถึงประโยชน์เกี่ยวกับลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย โดยเริ่มต้นที่ความรู้สึกนึกคิดของลูกค้า ค้นหาสิ่งที่มีคุณค่าในสายตาลูกค้า แล้วย้อนกลับไปที่ศึกษาคูณสมบัติของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงระบุโครงสร้างของข่าวสาร ซึ่งผู้ติดต่อกับผู้รับข่าวสารที่เป็นเป้าหมาย

(3) การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) พยายามค้นหาการติดต่อสื่อสารทั้งที่ใช้คนและที่ใช้สื่อ (IMC uses non media and media) จากจุดเริ่มต้นที่ว่า ลูกค้าทุกคนมีความเป็นเอกลักษณ์ ดังนั้นจึงต้องตอบสนองโดย

- 3.1 ผู้ใช้ที่ภักดีต่อตราสินค้า (Loyal brand user)
- 3.2 ผู้ใช้สินค้าของคู่แข่ง (Competitive user)
- 3.3 ผู้ใช้ที่เปลี่ยนตราสินค้า (Swing user)

ส่วนสำคัญของ การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) อีกประการหนึ่ง คือ การพิจารณาว่าลูกค้ามีความคิดเกี่ยวกับตราสินค้า ในผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นเครือข่ายตราสินค้า (Brand network) และค้นหาวิธีการที่จะติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับตราเหล่านี้ซึ่งเป็นการติดต่อสื่อสารกับตราสินค้า (Brand contacts) ด้วยข้อมูลนี้จะเริ่มต้นโดยการกำหนดวัตถุประสงค์สำหรับแต่ละชนิดของผู้ใช้ แล้วจึงใช้เครื่องมือการติดต่อสื่อสารที่เหมาะสมที่สุด

(4) การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) จะสร้างการติดต่อสื่อสารแบบสองทางกับลูกค้า (IMC creates two-way communication with customer) มุ่งสร้างให้เกิดการตอบสนองด้านพฤติกรรมลูกค้า รับฟังความคิดเห็นและความต้องการลูกค้า

(5) การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) และเครื่องมือการตลาด (4 P's) ให้สอดคล้องกัน ภายใต้แผนเดียวกัน และบรรลุจุดมุ่งหมายเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือร่วมกัน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยชนะ แซ่จั้ง (2562) ศึกษาวิจัยเรื่อง การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าในสังคมเครือข่ายออนไลน์ของผู้บริโภค ในจังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้บริโภค อายุ 20-60 ปี ที่มีการใช้เว็บไซต์เครือข่ายสังคมออนไลน์เป็นประจำ และเลือกซื้อเสื้อผ้าจากร้านจำหน่ายเสื้อผ้าในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 400 คน วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบไปด้วยความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และการทดสอบสมมติฐานการศึกษาด้วยสถิติไคสแควร์ (ChiSquare Test) และสถิติ One Way ANOVA

พาหนัน ทนงเหลือ้ม (2562) การค้นคว้าอิสระเรื่อง การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (Integrated Marketing Communication: IMC) ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการโรงพยาบาลเอกชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา กลุ่มตัวอย่างคือ ประชากรที่เคยเข้าใช้บริการโรงพยาบาลเอกชน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา และอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 400 คน ผู้วิจัยได้กำหนดค่าความเชื่อมั่น (reliability) ที่ระดับ 0.95 ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งหมดเท่ากับ 0.968 สถิติที่ใช้ คือ ค่าความถี่ และค่า ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เชิงถดถอยพหุคูณ

ณิชารีย์ โสภา (2563) ศึกษาเรื่อง สื่อสารการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าแบรนด์ HAPPY SUNDAY กับกลุ่มตัวอย่างที่ จำนวน 146 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา และค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation)

ภัทรวดี เอี่ยมสุโขโชค (2562) ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อน้ำหอมปรับอากาศในรถยนต์ของพนักงานสถานีวิศัลยกรรมไทยทีวีสีช่อง 3 กลุ่มตัวอย่างคือ ประชากร ในสถานีวิศัลยกรรมไทยทีวีสีช่อง 3 จำนวน 400 คน ดังนี้ ฝ่ายโฆษณา, ฝ่ายข่าว, ฝ่ายการตลาด และฝ่ายผลิตรายการต่าง ๆ และทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ จำนวน 30 ตัวอย่าง ตามแนวคิดแอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของปัจจัยการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) เท่ากับ 0.930 และส่วนประสมทางการตลาด (4P's) เท่ากับ 0.934 รวมถึงสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation) สหสัมพันธ์เพียร์สัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการศึกษา

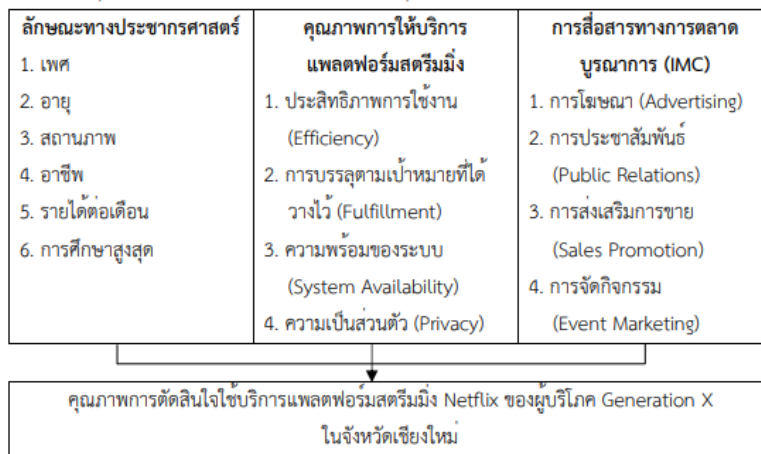
ในการศึกษารั้ครั้งนี้ มุ่งเน้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ Netflix ของผู้บริโภค Generation X โดยอาศัยทฤษฎีการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ประกอบด้วย การโฆษณา การประชาสัมพันธ์ การส่งเสริมการขาย และการจัดกิจกรรม โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามในเก็บการข้อมูล

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการศึกษารั้ครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาลักษณะทางประชากรศาสตร์และการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) โดยมีขอบเขตด้านเนื้อหา ดังนี้

1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีของ สุปัญญา ไชยชาญ (2551) ประกอบไปด้วย เพศ อายุ สถานภาพทางการสมรส การศึกษา ศาสนา เชื้อชาติ และอาชีพ
2. การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) โดยใช้ทฤษฎีของเสรี วงษ์มณฑา (2540) ประกอบด้วยการโฆษณา การขายโดยใช้พนักงานขาย การส่งเสริมการขาย การประชาสัมพันธ์ การตลาดทางตรง การตลาดโดยการจัดกิจกรรมพิเศษ และเครื่องมือการติดต่อสื่อสารอื่น ๆ

3.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

กรอบแนวคิดนี้นำเสนอปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพการให้บริการของ Netflix สำหรับผู้ใช้กลุ่ม Generation X โดยพิจารณาจาก 3 มิติหลัก ได้แก่ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ (เช่น เพศ อายุ รายได้) คุณภาพการให้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง (ครอบคลุมด้านประสิทธิภาพ การตอบสนองความต้องการ ความพร้อมของระบบ และความเป็นส่วนตัว) และการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น การโฆษณา การประชาสัมพันธ์) ที่ส่งผลต่อประสบการณ์การใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้ Generation X ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายสำคัญของ Netflix

3.3 ขอบเขตประชากร

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มประชากรที่ถูกแบ่งตามโดยพุทธศักราชที่เกิดในช่วง พ.ศ. 2509 - พ.ศ. 2524 โดยมีชื่อเรียกว่า Generation X มีอายุตั้งแต่ 40-59 ปี ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ โดยเป็นกลุ่มประชากรที่ใช้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix

3.4 ขนาดตัวอย่างและวิธีการคัดเลือกตัวอย่าง

การศึกษานี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นเทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) โดยมุ่งเน้นที่กลุ่มประชากร Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 408 ราย จากข้อมูลสำมะโนครัวแห่งชาติ (2564) จังหวัดเชียงใหม่มีประชากรรวมประมาณ 1,735,762 คน โดยประชากรในช่วงอายุ 40-59 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงอายุของ Generation X มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของประชากรทั้งหมด (สำมะโนครัวแห่งชาติ, 2564) ดังนั้น จึงสามารถประมาณการจำนวนประชากร Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ได้ว่าอยู่ในช่วง 500,000 - 600,000 คน โดยคำนวณจากสูตรการหาขนาดตัวอย่างของทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรเป้าหมาย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ได้แก่ อายุที่อยู่ในช่วง Generation X และมีภูมิลำเนาในจังหวัดเชียงใหม่

วิธีการศึกษา

3.5 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล ในการศึกษานี้ผู้ศึกษาได้ใช้แหล่งข้อมูล ดังนี้

1. แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามทำการสุ่มแบบโควตา (Quota Sampling) จากกลุ่มประชากร Generation X ที่มีอายุ 40-59 ปี และอาศัยอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 408 คน เก็บข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

2. แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น หนังสือ บทความ วารสารทางวิชาการ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงการค้นคว้าผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต

3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล การใช้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของกลุ่มประชากร Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสร้างแบบสอบถาม ซึ่งในตัวของแบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามปลายปิด ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ อาชีพ รายได้ต่อเดือน และการศึกษาสูงสุด

ส่วนที่ 2 การรับรู้ต่อการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ ประกอบไปด้วย การโฆษณา การประชาสัมพันธ์ การส่งเสริมการขาย การจัดกิจกรรม

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจต่อคุณภาพการให้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ ประกอบไปด้วย ประสิทธิภาพในการใช้งาน การบรรลุเป้าหมายที่ได้วางไว้ ความพร้อมของระบบและความเป็นส่วนตัว

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้สอบถามได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) โดยการนำเสนอเป็นตารางแจกแจงความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย โดยให้ความสำคัญแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภค Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนค่าเฉลี่ยและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 408 ราย

	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	268	65.69
หญิง	140	34.31
อายุ		
42 - 49 ปี	298	73.04
50 - 57 ปี	110	26.96
สถานภาพ		
โสด	70	17.16
สมรส	320	78.43
หย่าร้าง	18	4.41
อาชีพ		
พนักงานเอกชน	50	12.25
ข้าราชการ	108	26.47
รับจ้างทั่วไป	118	28.93
ธุรกิจส่วนตัว	132	32.35
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท	18	4.41
15,001 – 20,000 บาท	50	12.25

	จำนวน (คน)	ร้อยละ
20,001 – 25,000 บาท	152	37.25
25,001 – 30,000 บาท	148	36.27
30,001 – 35,000 บาท	32	7.84
35,000 บาทขึ้นไป	8	1.96
การศึกษาสูงสุด		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	54	13.24
ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	322	78.92
ปริญญาโทหรือเทียบเท่า	32	7.84

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนค่าเฉลี่ยของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ

การสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ระดับความพึงพอใจ
การโฆษณา (Advertising)	3.47	มาก
1. Netflix มีการโฆษณาผ่านทางสื่อโทรทัศน์ วิทยู	3.21	ปานกลาง
2. Netflix มีการโฆษณาผ่านทางหนังสือพิมพ์ นิตยสารต่าง ๆ	3.25	ปานกลาง
3. Netflix มีการโฆษณาผ่านสื่อในโรงภาพยนตร์	3.26	ปานกลาง
4. Netflix มีการโฆษณาผ่านทางสื่อ Online เช่น Facebook, Instagram เป็นต้น	4.34	มาก
5. Netflix มีการโฆษณาผ่านป้ายโฆษณาตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น ป้ายหน้าโรงภาพยนตร์, Billboard เป็นต้น	3.27	ปานกลาง
การประชาสัมพันธ์ (Public Relations)	3.83	มาก
1. Netflix มีการประชาสัมพันธ์ โดยใช้ Presenter เช่น นักร้อง, นักแสดง เป็นต้น	4.21	มาก
2. Netflix มีการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการพัฒนาปรับปรุง Application ให้ผู้ใช้บริการทราบอย่างชัดเจน	3.41	ปานกลาง
3. Netflix มีการประชาสัมพันธ์ผ่านทาง Social Media เช่น Page Facebook, Instagram เป็นต้น	3.88	มาก
การส่งเสริมการขาย (Sales Promotion)	3.22	ปานกลาง
1. การชำระค่าบริการ Netflix ได้หลายช่องทาง ไม่ว่าจะเป็นบัตรเครดิตหรือบัตรเดบิต และการชำระผ่านบริษัทอื่น	3.08	ปานกลาง
2. Netflix มีการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้ผู้ใช้บริการเกิดความรู้สึกอยากใช้งานอย่างต่อเนื่อง	3.36	ปานกลาง
การจัดกิจกรรม (Event Marketing)	3.15	ปานกลาง
1. มีการจัดกิจกรรมทางออนไลน์ เพื่อให้แฟน ๆ ได้พบปะกันทางออนไลน์ พร้อมเผยแพร่ข้อมูลผลงานให้ชมก่อนใครจาก Netflix	3.15	ปานกลาง

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนค่าเฉลี่ยของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณภาพการให้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง

คุณภาพการให้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง	ค่าเฉลี่ย (x̄)	ระดับความพึงพอใจ
ประสิทธิภาพการใช้งาน (Efficiency)	3.48	ปานกลาง
1. Netflix มีการจัดวางรูปแบบแอปอย่างเป็นระเบียบ จัดเรียงลำดับข้อมูลได้อย่างเหมาะสม	3.25	ปานกลาง
2. Netflix มีเมนูการใช้งานที่สะดวก เรียกใช้งานได้อย่างรวดเร็ว	3.44	ปานกลาง
3. Netflix มีระบบเมนูที่ครอบคลุมทุกฟังก์ชันการใช้งาน เช่น การเสิร์ชหาหนังหรือซีรีส์ การกดถูกใจเรื่องที่ชอบ การเพิ่มหนังหรือซีรีส์เข้าเพลย์ลิสต์ การแชร์ เป็นต้น	3.74	มาก
การบรรลุตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ (Fulfillment)	3.66	มาก
1. Netflix สามารถรับ - ส่ง คำสั่งการทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ	3.14	ปานกลาง
2. Netflix สามารถตอบสนองคำสั่งการทำงานได้อย่างรวดเร็ว	4.43	มาก
3. Netflix สามารถแสดงผลลัพธ์ของการทำงานได้อย่างถูกต้อง	3.67	มาก
4. Netflix มีคำแนะนำช่องทางในการติดต่อขอความช่วยเหลือ กรณีที่ Application เกิดปัญหา	3.38	ปานกลาง
ความพร้อมของระบบ (System Availability)	3.71	มาก
1. ระบบของ Application Netflix มีความพร้อมต่อการใช้งาน อยู่เสมอ	4.24	มาก
2. Netflix สามารถให้บริการได้อย่างมีเสถียรภาพ	4.50	มาก
3. Netflix สามารถรับ - ส่งข้อมูล และแสดงผลได้อย่างถูกต้อง	3.73	มาก
4. ระบบปฏิบัติการของ Application Netflix มีการ Update ข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ	3.25	ปานกลาง
5. ระบบมีการแจ้งให้ท่านทราบล่วงหน้า เมื่อจะมีการปิดระบบเพื่อพัฒนาปรับปรุง Application	2.83	ปานกลาง
ความเป็นส่วนตัว (Privacy)	3.29	ปานกลาง
1. Application Netflix มีการรักษาความปลอดภัย สามารถปกป้องข้อมูลของผู้ใช้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ	3.22	ปานกลาง
2. ระบบของ Application Netflix ไม่นำข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลทางการเงินต่าง ๆ ของผู้ใช้งานไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต	3.40	ปานกลาง
3. Application Netflix มีความปลอดภัยในการรับ - ส่งคำสั่งระหว่างผู้ให้บริการและระบบของธนาคาร	3.20	ปานกลาง
4. Application Netflix มีการป้องกันการเข้าถึง Application หลากหลายรูปแบบ เช่น การเข้าใช้งานด้วยรหัสผ่าน การเข้าใช้งานด้วย Touch ID เป็นต้น	3.35	ปานกลาง

คุณภาพการให้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ระดับความพึงพอใจ
การตัดสินใจบริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix	3.82	มาก
1. ท่านรู้สึกว่าการบริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix เป็น Application ที่ได้มาตรฐานของการบริการดูภาพยนตร์ออนไลน์แบบสตรีมมิ่ง	4.41	มาก
2. เมื่อท่านต้องการดูภาพยนตร์ออนไลน์แบบสตรีมมิ่ง ท่านนึกถึงแอปพลิเคชัน Netflix เป็นอันดับแรก	3.85	มาก
3. ท่านมีความเชื่อถือและยอมรับในคุณภาพบริการของแอปพลิเคชัน Netflix	3.35	ปานกลาง
4. โดยรวมท่านพึงพอใจกับการให้บริการของ Application Netflix	3.65	มาก

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามผู้ใช้แพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภครุ่น Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ มีทั้งเพศชายและเพศหญิง แต่ส่วนมากจะเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 65.7 มีช่วงอายุ 40-59 ปี คิดเป็นร้อยละ 73.0 จำแนกตามสถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 78.4 จำแนกตามอาชีพธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 32.4 รายได้ต่อเดือน 20,000 – 25,000 คิดเป็นร้อยละ 37.3 และการศึกษาาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 78.9 ในด้านการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความพึงพอใจมากที่สุดในด้านการประชาสัมพันธ์ (Public Relations) มีค่าเฉลี่ย 3.83 การโฆษณา (Advertising) มีค่าเฉลี่ย 3.47 การส่งเสริมการขาย (Sales Promotion) มีค่าเฉลี่ย 3.22 การจัดกิจกรรม (Event Marketing) มีค่าเฉลี่ย 3.15 ตามลำดับ และในด้านคุณภาพการให้บริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่งผู้ตอบแบบสอบถามให้ความพึงพอใจมากที่สุดในด้านการตัดสินใจบริการแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix มีค่าเฉลี่ย 3.82 ความพร้อมของระบบ (System Availability) มีค่าเฉลี่ย 3.71 การบรรลุตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ (Fulfillment) มีค่าเฉลี่ย 3.66 ประสิทธิภาพการใช้งาน (Efficiency) มีค่าเฉลี่ย 3.48 และความเป็นส่วนตัว (Privacy) มีค่าเฉลี่ย 3.29 ตามลำดับ

ผลการศึกษารูปแบบการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ แพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภครุ่น Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ ผลดังกล่าวซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) รูปแบบของการสื่อสารที่มีผู้ส่งข่าวสารเป็นผู้ผลิตสินค้าหรือบริการ ผู้จัดจำหน่าย พนักงานขาย ส่งข่าวสารผ่านช่องทางการสื่อสารประเภทต่าง ๆ เสรี วงษ์มณฑา (2540: 28-29) อธิบายว่า เป้าหมายการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ เพื่อให้ผู้บริโภคเป้าหมายได้รู้จักสินค้าหรือบริการที่จะนำไปสู่ความรู้ความคุ้นเคย และความเชื่อมั่นในสินค้ายี่ห้อใดยี่ห้อหนึ่ง ซึ่งการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการเป็นวิธีการพื้นฐานในการสำรวจข้อมูลได้ และทำให้ลูกค้าจงรักภักดีต่อสินค้าของเราในการไว้วางใจสินค้าของเราเป็นอันดับแรก

ผลการศึกษาพบว่าการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ แพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง Netflix ของผู้บริโภครุ่น Generation X ในจังหวัดเชียงใหม่ โดยจะมีการทำแบบสอบถามเพื่อหาข้อมูลของกลุ่มผู้บริโภค เพื่อที่จะทำให้ได้รับรู้ถึงการเข้าถึงสินค้าของแต่ละบุคคลว่ามีพฤติกรรมการรับรู้ การโฆษณา กระประชาสัมพันธ์ การส่งเสริมการขาย และการจัดกิจกรรมแบบใดมากที่สุด เพื่อนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคตและยังช่วยให้ Netflix ปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการใช้งานในแพลตฟอร์มต่าง ๆ ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและตอบใจลูกค้าในยุคสมัยปัจจุบันมากยิ่งขึ้น และยังสามารถพัฒนาการให้บริการกับกลุ่มลูกค้ามากขึ้นอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- ชัยชนะ แซ่จ้ง. (2562). การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการที่มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าในสังคมเครือข่ายออนไลน์ของผู้บริโภคในจังหวัดเชียงใหม่ (การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาวิชาบริหารธุรกิจ).
- ชินจิตต์ แจ้งเจนกิจ. (2544). การบริหารลูกค้าสัมพันธ์. กรุงเทพฯ : ทิปป์ พอยท์.
- ณิชารีย์ โสภกา. (2563). การสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าแบรนด์ HAPPY SUNDAY มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. หลักสูตรนิเทศศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการสื่อสารเชิงกลยุทธ์.
- ปาหนัน ทนงเหลือม. (2562). การสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการโรงพยาบาลเอกชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา.
- ภัทรวดี เอี่ยมสุภโชค. (2562). การสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการและส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการตัดสินใจซื้อน้ำหอมปรับอากาศในรถยนต์ของพนักงานสถานีวิจัยโทรทัศนไทยทีวีสี ช่อง 3.
- สันทนต์ เสริมศรี. (2541). ประชากรศาสตร์ทางสังคม. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สามเจริญพานิช.
- สุปัญญา ไชยชาญ. (2551). การบริหารการตลาด. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพมหานคร : พี.เอ.ลีฟวิ่ง. สุวัฒน์ศิริ
- เสรี วงษ์มณฑา. (2540). การสื่อสารการตลาดแบบครบเครื่อง. กรุงเทพฯ : วิสิทธิ์พัฒนา
- อดุลย์ จาตุรงค์กุล. (2541). กลยุทธ์การตลาด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing: Strategy and Implementation*. Pearson Education.
- Dimock, M. (2019). Defining generations: Where Millennials end and Generation Z begins. *Pew Research Center*, 17(1), 1-7.
- Katz, E., Lazarsfeld, P. F., & Roper, E. (2017). *Personal Influence: The Part Played by People in the Flow of Mass Communications*. Routledge. DOI: 10.4324/9781315126234
- Kliatchko, J. (2008). Revisiting the IMC construct. *International Journal of Advertising*, 27(1), 133-160. <https://doi.org/10.1080/02650487.2008.11073043>
- Mikos, L. (2016). Digital media platforms and the use of TV content: Binge watching and video clips as drivers of audience behavior. *Convergence*, 22(3), 285-301. <https://doi.org/10.1177/1354856515579975>
- Porcu, L., del Barrio-Garcia, S., & Kitchen, P. J. (2017). How integrated marketing communications (IMC) works? A theoretical review and an analysis of its main drivers and effects/¿ Cómo funciona la comunicación integrada de marketing (IMC)? Una revisión teórica y un análisis de sus principales antecedentes y efectos. *Comunicación y Sociedad*, 30(1), 175-189. <https://doi.org/10.15581/003.30.1.175-189>
- Porcu, L., Kitchen, P. J., & Timmi, N. R. (2019). IMC practices and performance: a study among the marketing communications agencies in the UAE. *Journal of Marketing Communications*, 25(2), 133-152. <https://doi.org/10.1080/13527266.2017.1361803>
- Šerić, Maja, Ozretić-Došen, Đurđana & Škare, Vatroslav. (2020). How can perceived consistency in marketing communications influence customer-brand relationship outcomes?. *European Management Journal*, Elsevier, vol. 38(2), 335-343.

แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในยุควิถีชีวิตใหม่ กรณีศึกษา: พื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่

เกดศิริ ชมภูภาวิน^{1*} และ มณฑิรา ถ้ำทอง²

¹ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*kardsiri@rmutl.ac.th, 093-9159562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ 2) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมยุควิถีชีวิตใหม่ของตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักในการวิจัย ได้แก่ ตัวแทนจากองค์กรส่วนปกครองท้องถิ่น กลุ่มผู้ประกอบการภาคเอกชน และผู้นำชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชน จำนวน 30 คน กำหนดเกณฑ์การเลือกใช้การเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถาม และสนทนากลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า ผู้ให้ข้อมูลหลักร้อยละ 100 มีความเห็นว่าการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนเป็นเรื่องที่ทำได้ ผลจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 ทำให้รายได้ในชุมชนลดลง และการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนหลังการแพร่ระบาดของโควิด-19 จะทำให้ชุมชนมีรายได้สูงขึ้น ส่วนศักยภาพในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ด้านคุณค่าของการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีค่าเฉลี่ยระดับสูงสุด ($\bar{x}=4.93$) และความต้องการได้รับการยกย่องต่อการเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีค่าเฉลี่ยระดับสูงสุด ($\bar{x}=4.70$) สำหรับแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้การสนับสนุนในด้านการประชาสัมพันธ์หรือการตลาด ส่งเสริมด้านการอบรมหรือดูงานเกี่ยวกับการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเพื่อให้มีความพร้อมต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่ประสบความสำเร็จและดำรงอยู่ต่อไปได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม, ยุควิถีชีวิตใหม่, พื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

Guidelines for the Development of Cultural Tourism in the New Normal Era A Case Study: Cultural Tourism Community in Ban Tan Sub-district, Hod District, Chiang Mai

Kerdsiri Chomphookarwin^{1*} and Montira Thamtong²

¹ Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Keaw Road, Chang Phueak, Mueang, Chiang Mai 50300

² Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Keaw Road, Chang Phueak, Mueang, Chiang Mai 50300

*kerdsiri@rmutl.ac.th, 093-9159562

Abstract

The objectives of this research were to 1) study the cultural tourist attractions of Ban Tan Sub-district, Hod District, Chiang Mai 2) investigate the guidelines for developing cultural tourism in the new normal era of Ban Tan Sub-district, Hod District, Chiang Mai. The groups of 30 key informants in research, including local government organizations, entrepreneurs and community leaders. The research methodology involved purposive sampling. Data collection tools were questionnaires and group discussions. Statistics used in data analysis were percentage, mean and standard deviation.

Research findings showed that 100% of key informants believed that cultural tourism development in the community was feasible. The spread of COVID-19 led to a decrease in community income, but post-COVID-19 cultural tourism was expected to increase community income. As for the potential for developing cultural tourism, the value of being a cultural tourism destination was at the highest average ($\bar{x}=4.93$) and the need to be praised for being a cultural tourism area was at the highest average ($\bar{x}= 4.70$) For cultural tourism development guidelines, relevant organizations should provide support in terms of publicity or marketing, promote training related to cultural tourism to ensure preparedness for becoming a successful and sustainable cultural tourism destination.

Keywords: cultural tourism, new normal era, cultural tourism community are

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้เศรษฐกิจของประเทศไทยเจริญเติบโตมากขึ้น โดยจากการวัดอัตราการเติบโตของการท่องเที่ยวในประเทศไทยจากรายได้ของนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทย ช่วงหลายปีที่ผ่านมานักท่องเที่ยวต่างชาติทยอยไปสร้างผลกระทบต่อเศรษฐกิจไทยอย่างมาก ในปี 2563 ได้เกิดสถานการณ์โควิด-19 ทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติลดลงเหลือ 6.7 ล้านคน สร้างรายได้เพียง 3.3 แสนล้านบาท นับได้ว่ารายได้จากนักท่องเที่ยวต่างชาติในปีนั้นหายไป 83% เมื่อเทียบกับตัวเลขนักท่องเที่ยวต่างชาติเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยในปี 2562 ซึ่งเคยทำสถิติสูงสุดที่ประมาณ 40 ล้านคนและสร้างรายได้เข้าประเทศถึง 1.93 ล้านล้านบาท สำหรับในปี 2566 ภาพรวมการท่องเที่ยวของประเทศไทยฟื้นตัวดีขึ้น จากตัวเลขนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้ามาจำนวน 28 ล้านคน เพิ่มขึ้นถึง 154% เมื่อเทียบกับปี 2565 หรือฟื้นตัวได้ 71% โดยเฉพาะจังหวัดที่เป็นเมืองท่องเที่ยวหลักฟื้นตัวประมาณ 60-80% ส่วนอัตราการเข้าพัก (Occupancy Rate) ของธุรกิจโรงแรมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 70% ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใกล้เคียงช่วงก่อนเกิดสถานการณ์โควิด-19 (นริศ สถาผลเดชา, 2567)

ด้วยเหตุที่ประเทศไทยเป็นหนึ่งในจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวยอดนิยมระดับโลก ซึ่งหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ลึกลับสุด และมีกาเปิดประเทศอีกครั้งและนักท่องเที่ยวต่างชาติเริ่มกลับเข้ามา จากผลสำรวจเกี่ยวกับแผนการท่องเที่ยวระดับโลกฉบับล่าสุดของวีซ่า (Visa Global Travel Intentions Study) พบว่าประเทศไทยได้ถูกจัดอันดับให้เป็นจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวลำดับที่ 4 ที่น่าเดินทางไปเยือนมากที่สุดในโลก และแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านการท่องเที่ยวของประเทศไทยที่สูงขึ้น (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2566) รัฐบาลได้ตั้งโจทย์วางแนวทางกระตุ้นการท่องเที่ยว ปี 2567 โดยเพิ่มเป้าหมายสร้างรายได้จากการท่องเที่ยวรวม 3.5 ล้านล้านบาท ให้มีการวางแนวทางส่งเสริมการท่องเที่ยว ปี 2567 เพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวในไทยและต่างประเทศ มุ่งเป้าให้ประเทศไทยเป็น High Season ตลอดทั้งปี เพิ่มการอำนวยความสะดวกนักท่องเที่ยว และสนับสนุนให้นักท่องเที่ยวใช้จ่ายใช้สอยมากขึ้น พร้อมเพิ่มเป้าหมายสร้างรายได้จากการท่องเที่ยวปี 2567 ให้ได้ 3.5 ล้านล้านบาท (จากเดิม 3 ล้านล้านบาท) แบ่งเป็นรายได้จากการท่องเที่ยวภายในประเทศ 1 ล้านล้านบาท และรายได้จากการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวต่างชาติ 2.5 ล้านล้านบาท (กรมประชาสัมพันธ์, 2567)

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการเตรียมความพร้อมในการพัฒนาและการยกระดับความสามารถในการแข่งขันด้านการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน มีการบูรณาการแผนพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงพื้นที่ และการคำนึงถึงการอนุรักษ์และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการเจาะกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่าง โดยเฉพาะการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม (Cultural Tourism) ของประเทศไทย ซึ่งได้รับความนิยมและมีชื่อเสียงมาช้านาน ในรูปแบบของการเที่ยวชมโบราณสถาน ศิลปวัฒนธรรม ประเพณี รวมถึงภูมิปัญญาของท้องถิ่น ทั้งนี้ได้มีนักวิจัยชาวไทยได้ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎีการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมอย่างแพร่หลาย โดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นที่สร้างความสัมพันธ์ระหว่างประชากรท้องถิ่นและผู้ท่องเที่ยว การสร้างความเข้าใจในวัฒนธรรมรวมถึงการพัฒนาทรัพยากรท่องเที่ยวให้ยั่งยืน แต่ยังมีส่วนน้อยในการศึกษาและวิจัยการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในยุควิถีชีวิตใหม่ในพื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่เป็นทางผ่านและอยู่ห่างจากศูนย์กลางความเจริญในเขตเมือง

อำเภอฮอด เป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นทิวเขา เป็นทางผ่านของผู้เดินทางหรือนักท่องเที่ยวที่จะเดินทางไปจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นที่นิยมได้แก่อุทยานแห่งชาติออบหลวง แหล่งพักผ่อนกิโลแก้ว และสวนสนบ่อแก้ว ทั้งนี้อำเภอฮอดประกอบด้วยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 7 แห่ง ได้แก่เทศบาลตำบลท่าข้าม เทศบาลตำบลออบหลวง เทศบาลตำบลบ้านตาล องค์การบริหารส่วนตำบลหางดง องค์การบริหารส่วนตำบลฮอด องค์การบริหารส่วนตำบลบ่อสาลี และองค์การบริหารส่วนตำบลนาคอเรือ

ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ นับได้ว่าเป็นพื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่มีแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจได้แก่ วัดถ้ำลอด วัดลัญจิวัน ผาสิงห์เหล็ก รวมไปถึงผางประทีปล้านนา และศูนย์การเรียนรู้บ้านแม่บัวจัน ซึ่งเป็นสถานที่ที่นักวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเคยเข้าพัฒนาและต่อยอดภูมิปัญญาการทอผ้าด้วยสีธรรมชาติ ด้วยเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการหาแนวทางพัฒนาแบบการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในพื้นที่ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ โดยศึกษาถึงสภาพปัจจุบัน ปัญหาและปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เพื่อจะได้นำข้อมูล ต่างๆ มาวิเคราะห์ให้ได้แนวทางในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ให้มีศักยภาพรองรับการ

ท่องเที่ยวที่รวมถึงการสืบสานถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่เดียวกันก็มีจิตสำนึกต่อการรักษา สภาพแวดล้อมและวัฒนธรรมโดยให้ชุมชนในท้องถิ่นมีส่วนร่วมต่อการจัดการการท่องเที่ยวด้วยเพื่อนำไปสู่การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนต่อไป



ไต้งบดสด



วัดลัญจิววัน



ผาลิงห์เหลียว

รูปที่ 1 สถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม (Cultural Tourism) เป็นการท่องเที่ยวเพื่อการชมหรือสัมผัสศิลปวัฒนธรรมแขนงต่างๆ การเที่ยวชมมรดกทางประวัติศาสตร์ โบราณสถาน และศาสนสถานรวมถึงงานเทศกาล ประเพณี Howel (1987) ให้ความหมาย การท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม คือ การไปท่องเที่ยวเพื่อเรียนรู้หาประสบการณ์และความบันเทิงโดยนักท่องเที่ยวเห็นว่าท้องถิ่นที่ไปเที่ยวนั้นมีวัฒนธรรมที่แปลกโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์จนสามารถดึงดูดใจให้ไปท่องเที่ยวได้

Smith (1996) ได้ให้ทัศนะว่าพื้นที่การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจะต้องเป็นพื้นที่มีองค์ประกอบอย่างน้อย 1 ใน 4Hs (Heritage, History, Habitat and Handicraft) ได้แก่ 1) พื้นที่ที่มีแหล่งเป็นมรดกทางวัฒนธรรมหรือโบราณคดี (Heritage) 2) พื้นที่ที่มีแหล่งความเป็นประวัติศาสตร์ (History) 3) พื้นที่ที่มีปรากฏเป็นร่องรอยของการอยู่อาศัยของชุมชน (Habitat) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุด สามารถเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมชุมชน วิถีชีวิต และ 4) พื้นที่ที่มีแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม ประเภทงานศิลปหัตถกรรม (Handicraft) ในขณะที่บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนา (2548) ได้ระบุการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมไว้มี 5 ประเภท คือ 1) การท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ (Historical Tourism) หมายถึงการเดินทางท่องเที่ยวไปยังแหล่งท่องเที่ยวทางโบราณคดี และประวัติศาสตร์เพื่อชื่นชมเพลิดเพลินในสถานที่ท่องเที่ยว อีกทั้งได้รับความรู้ความเข้าใจในประวัติศาสตร์และโบราณคดีท้องถิ่น 2) การท่องเที่ยวงานวัฒนธรรมและประเพณี (Cultural and Traditional Tourism) หมายถึงการเดินทางท่องเที่ยวเพื่อชมงานศิลปวัฒนธรรมและประเพณีต่างๆ ที่ชาวบ้านในท้องถิ่นจัดขึ้นเพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รับความเพลิดเพลินตื่นตาตื่นใจในสุนทรียศิลป์ รวมถึงได้รับความรู้ความเข้าใจต่อสภาพ สังคมและวัฒนธรรมในสถานที่เที่ยวนั้นๆ 3) การท่องเที่ยววิถีชีวิตชนบท (Rural/Village Tourism) คือการเดินทางท่องเที่ยวในหมู่บ้านชนบทที่มีลักษณะวิถีชีวิตและผลงานสร้างสรรค์ที่มีลักษณะพิเศษโดดเด่นให้ได้รับความเพลิดเพลินได้ความรู้ ชมผลงานสร้างสรรค์ภูมิปัญญาพื้นบ้าน และเข้าใจต่อสภาพสังคมและวัฒนธรรม 4) การท่องเที่ยวเชิงกีฬา (Sports Tourism) คือการเดินทางไปท่องเที่ยวยังสถานที่ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาหรือแข่งขันกีฬา ทำให้ได้ประสบการณ์ใหม่ๆ สนุกสนานเพลิดเพลินกับการออกกำลังกาย 5) การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพทางวัฒนธรรม (Cultural Health Tourism) คือการเดินทางท่องเที่ยวไปเยี่ยมชมแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมโดยมีกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพและฟื้นฟูสุขภาพทางวัฒนธรรม

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดำเนินการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม คือ การมีส่วนร่วมของประชาสังคมในการบริหารการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมโดยสอดคล้องกับปัญหา ความต้องการของชุมชน และภาคประชาสังคม สร้างการมีส่วนร่วมในการท่องเที่ยวระหว่างชุมชนกับนักท่องเที่ยวให้น่าสนใจมากขึ้น และควรมีการสืบสานถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้กับชุมชน นักท่องเที่ยว และคนรุ่นหลังสืบทอดต่อไป โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้ยึดเอาประเด็นเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ในเขตตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ มาเป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อพัฒนาแนวทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

แนวคิดศักยภาพและมาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยว (5As)

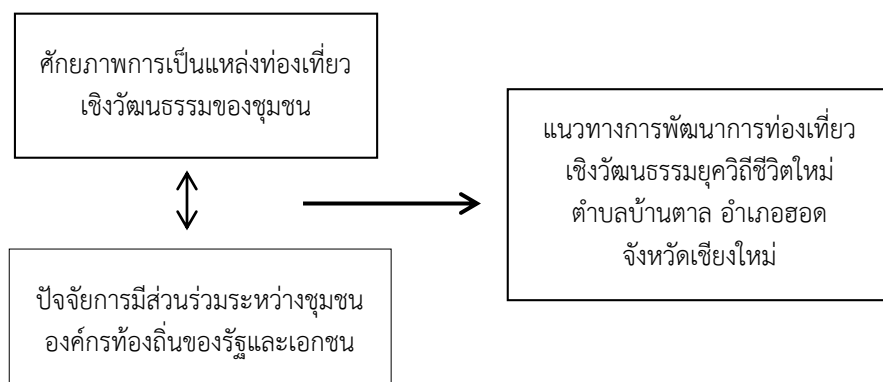
การท่องเที่ยวแห่งออสเตรเลีย (2554) ได้กำหนดมาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่เรียกว่า 5As ไว้ดังนี้ 1) สิ่งดึงดูดใจ (Attraction) 2) การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว (Accessibility) 3) สิ่งอำนวยความสะดวก (Amenity) 4) ที่พัก

(Accommodation) และ 5) กิจกรรมการท่องเที่ยว (Activity) ประทับ พืชทองกลาง และคณะ (2560) มีความเห็นว่าแนวคิด 5As นี้ มีความจำเป็นในการนำมาใช้วางแผนการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาและวัฒนธรรมของชุมชนทั้งสิ้น ส่วนมาตรฐานคุณภาพของแหล่งท่องเที่ยวเป็นปัจจัยที่จะช่วยสร้างความพึงพอใจและกลับมาท่องเที่ยวซ้ำให้แก่นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวอย่างแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาและวัฒนธรรม งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิด 5As มาใช้เป็นแนวทางในพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในยุควิถีชีวิตใหม่ในพื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ตำบลบ้านตาล อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่

แนวคิดเกี่ยวกับยุควิถีชีวิตใหม่

กรมสุขภาพจิต (ออนไลน์.2563) ได้อธิบายความหมายของวิถีชีวิตใหม่ (New Normal) ไว้ว่า เป็นแนวทางที่หลายๆ คนจะต้องปรับเปลี่ยนชุดพฤติกรรม ทำให้ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบวิถีชีวิตไปพร้อมกันทั่วโลก เกิดเป็นวิถีใหม่ในการดำรงชีวิต โดยมีรูปแบบการใช้ชีวิตที่เกิดจากพฤติกรรมและทัศนคติในการดำรงชีวิตที่ไม่เหมือนเดิม ด้วยการเว้นระยะห่างทางสังคม การดูแลใส่ใจสุขภาพทั้งตัวเองและคนรอบข้าง จากความคุ้นชินในช่วงวิกฤติโควิด-19 และการสร้างสมดุลชีวิตจากสถานการณ์วิกฤติที่เกิดขึ้นและใช้ประโยชน์จากแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดีย มาสนับสนุนองค์ประกอบที่เป็นสิ่งดึงดูดใจของการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ประเพณีและเทศกาลต่างๆ มีการบูรณาการความร่วมมือทั้งจากคนในท้องถิ่นและและเอกชนในฐานะที่เป็นผู้ชำนาญการเพื่อหาแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสมกับชุมชนในการกำหนดมาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมให้มีสิ่งดึงดูดให้เข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและมีสิ่งอำนวยความสะดวก ที่พัก และ กิจกรรมการท่องเที่ยว

การศึกษาครั้งนี้เพื่อแนวทางให้ได้มาซึ่งแนวทางการพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในยุควิถีชีวิตใหม่กรณีศึกษา พื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ตำบลบ้านตาล อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ จากแนวคิดและทฤษฎีที่กล่าวข้างต้น จึงได้พัฒนาเป็นกรอบแนวคิดงานวิจัยดังนี้



รูปที่ 2 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) พื้นที่การศึกษาผู้วิจัยใช้พื้นที่การวิจัยเป็นตำบลบ้านตาล อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ มีการดำเนินการวิจัยดังนี้ 1.) สังเคราะห์เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม 2.) สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านประเมินค่าความเที่ยงโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งได้ข้อคำถามแบบสอบถามมีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.8-1.0 ทุกข้อ และ 3.) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม ไปประมวลผล การวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็น ข้อมูลระดับความเห็น (Rating Scales) จะใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ผลการศึกษานำเสนอด้วยตารางและอธิบายเพิ่มเติม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ ตัวแทนจากองค์กรส่วนปกครองท้องถิ่น กลุ่มผู้ประกอบการภาคเอกชน และผู้นำชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชน ซึ่งเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยพิจารณาจากการเป็นผู้ที่มีหน้าที่ความรับผิดชอบเกี่ยวข้องด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม มีความรู้และสามารถให้ข้อมูลเชิงลึก สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

แบ่งออกเป็น 1) ตัวแทนจากองค์กรส่วนปกครองท้องถิ่น จำนวน 2 ท่าน 2) กลุ่มผู้ประกอบการภาคเอกชนในอำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 8 ท่าน 3) ผู้นำชุมชน หรือ วิสาหกิจชุมชนในตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 ท่าน รวมประชากรในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 30 ท่าน แบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งทั้งหมด 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการอบรมเกี่ยวกับการนำเที่ยว ของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะคำถามเป็นแบบมีหลายคำตอบ (Multiple Choices) โดยให้เลือกตอบเพียงคำตอบเดียว และแบบ มาตราวัดอัตราส่วน (Ratio Scale) ตอนที่ 2 ข้อมูลการประเมินศักยภาพในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชนประเภทของคำถามเป็นแบบมาตราส่วน Likert Scale (ณัฐฉา วิเศษ, 2561) โดยให้เลือกตอบเพียงคำตอบเดียว คำตอบแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยการมีส่วนร่วมระหว่างชุมชน องค์กรท้องถิ่นของรัฐและเอกชน ต่อการพัฒนาพื้นที่ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมประเภทของคำถามเป็นแบบมาตราส่วน (Likert Scale) ให้เลือกตอบเพียงคำตอบเดียว คำตอบแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด การประมาณค่า 5 ช่อง กำหนดดังนี้คือ 4.50-5.00 มากที่สุด, 3.50-4.49 มาก, 2.50-3.49 ปานกลาง, 1.50-2.49 น้อยที่สุด และตอนที่ 4 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในยุควิถีชีวิตใหม่ กรณีศึกษา พื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลการตอบแบบสอบถามตอนที่ 1 พบว่าเพศหญิงตอบแบบสอบถามมากที่สุดจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 80 และเพศชายตอบแบบสอบถามจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีอายุระหว่าง 20-30 ปีมีจำนวน 4 คน คิด เป็นร้อยละ 13.33 อายุระหว่าง 31-40 ปีมีจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 อายุระหว่าง 41-50 ปีมีจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.34 อายุ 51 ปีขึ้นไปมีจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 และผู้ที่เคยประสบการณ์ในการอบรมเกี่ยวกับการนำเที่ยวมีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ผู้ที่ไม่เคยประสบการณ์ในการอบรมเกี่ยวกับการนำเที่ยวมีจำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100 มีความสนใจเกี่ยวกับการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรม มีความเห็นว่าการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนเป็นเรื่องที่ทำได้ ผลจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 ทำให้รายได้ในชุมชนลดลง และการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนหลังการแพร่ระบาดโควิด-19 จะทำให้ชุมชนมีรายได้สูงขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินศักยภาพเพื่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชน

ประเด็นการประเมิน	Mean	SD	แปรผล
1. ด้านความปลอดภัย	4.67	0.48	มากที่สุด
2. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก	4.73	0.45	มากที่สุด
3. ด้านการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว	4.63	0.49	มากที่สุด
4. ด้านความพร้อมของคนในชุมชนที่มีต่อการท่องเที่ยว	4.83	0.38	มากที่สุด
5. ด้านการประชาสัมพันธ์ในการเป็นแหล่งท่องเที่ยว	3.90	0.76	มาก
6. ด้านคุณค่าของการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม	4.93	0.25	มากที่สุด
7. ด้านขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่	4.80	0.41	มากที่สุด
รวม	4.64	0.15	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การประเมินศักยภาพโดยพื้นที่ชุมชนแหล่งท่องเที่ยวตำบลบ้านตาลมีศักยภาพเพื่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}=4.64$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ระดับคะแนนอยู่ในระดับมากที่สุดเหมือนกัน โดยเฉพาะข้อที่ 6 ด้านคุณค่าของการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}=4.93$) ซึ่งเป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงมากที่สุดและมีจำนวน 1 ข้อ ที่มีระดับคะแนนมาก คือ ข้อ 5 ด้านการประชาสัมพันธ์ในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้ ($\bar{x}=3.90$) ซึ่งเป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปัจจัยการมีส่วนร่วมระหว่างชุมชน องค์กรท้องถิ่นของรัฐและเอกชน ต่อการพัฒนาพื้นที่ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

ประเด็นคำถาม	Mean	SD	ระดับคะแนน
1. ความร่วมมือกับชุมชนในการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งท่องเที่ยว	4.0	0.64	มาก
2. การให้ความรู้กับชุมชนด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม	3.53	0.62	มาก
3. การสนับสนุนด้านการประชาสัมพันธ์หรือการตลาด	3.50	0.51	มาก
4. การฝึกอบรมหรือดูงาน	3.06	0.25	ปานกลาง
5. การได้รับข่าวสารด้านการท่องเที่ยว	4.0	0.64	มาก
6. ความต้องการได้รับการยกย่องต่อการเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม	4.70	0.47	มากที่สุด
7. ความตระหนักถึงปัญหาที่จะเกิดในพื้นที่ เช่น ความเสื่อมโทรมของแหล่งท่องเที่ยว	4.33	0.48	มาก
รวม	3.88	0.14	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ระดับคะแนนแสดงความมีส่วนร่วมระหว่างชุมชน องค์กรท้องถิ่นของรัฐและเอกชน ต่อการพัฒนาพื้นที่ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=3.88$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า คำถามข้อที่ 6 ความต้องการได้รับการยกย่องต่อการเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}=4.70$) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด คำถามจำนวน 7 ข้อ ข้อที่ 1, 2, 3, 5 และข้อ 7 เป็นข้อคำถามส่วนใหญ่มีผลคะแนนอยู่ในระดับมาก และมีจำนวน 1 ที่มีระดับความพร้อมปานกลาง ได้แก่คำถามข้อ 4 การฝึกอบรมหรือดูงานมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ($\bar{x}=3.06$)

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมยุควิถีชีวิตใหม่ของตำบลบ้านตาล อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลการวิเคราะห์จากสนทนากลุ่ม
ตัวแทนจากองค์กรส่วนปกครองท้องถิ่นในอำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่	ร่วมมือกันผลักดันให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่มีชื่อเสียง สร้างจิตสำนึกคนในชุมชนให้มีความรับผิดชอบร่วมกัน
กลุ่มผู้ประกอบการภาคเอกชนในอำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่	ควรมีป้ายประชาสัมพันธ์แนะนำท่องเที่ยว
ผู้นำชุมชน หรือ วิชาหกิจชุมชนในตำบลบ้านตาล อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่	อำเภอสอดเป็นทางผ่าน อยากให้มีนักท่องเที่ยวแวะเที่ยวชมยกให้ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามามีบทบาท ช่วยประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว จัดอบรมให้ความรู้และพาไปดูงานแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมตัวอย่างเพื่อจะนำความรู้มาพัฒนาการท่องเที่ยวในชุมชน

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า แนวทางในการทางการพัฒนาท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมยุควิถีชีวิตใหม่ของตำบลบ้านตาล อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ควรมีการประชาสัมพันธ์หรือการตลาดให้ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในพื้นที่เป็นที่รู้จัก และชุมชนควรได้รับการส่งเสริมด้านการอบรมหรือดูงานเกี่ยวกับการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเพื่อให้ความพร้อมต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- การท่องเที่ยวออสเตรเลีย. (2554). *มาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยว*. ออสเตรเลีย:การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย
- ณัฐวุฒิ วิเศษ. (2561). ทักษะดีและความพร้อมของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมด้านการส่งออกจังหวัดนนทบุรี
ในการเข้าสู่ตลาดอาเซียน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี*. 12(28), 150-162.
- นริศ สถาผลเดชา. (2567). เงินทอง มองต่างมุม. กรุงเทพฯธุรกิจ. สืบค้น 26 พฤษภาคม 2567 จาก
<https://www.bangkokbiznews.com/finance/investment/1120951>
- บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนา. (2548). การพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เพรส แอนด์ ดีไซน์ด์.
- ประทีป พิษทองกลาง, ญาดาวิมินทร์ พิษทองกลาง. (2559). ตลาดเก่า: ทุนวัฒนธรรมเพื่อการท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนบน.
วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 42(2), 100-124.
- สุกัญญา วงศ์เจริญชัยกุล. (2561). *การศึกษาแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี*
(วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). สาขาวิชาหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Howell, R., & Uysal, M. (1987). Tourism education for developing countries. *Tourism Management*, 8(1), 62-64.
- Smith, V. L. (1996). Indigenous tourism: The four Hs. In I. R. B. T. H. (Eds.) (Ed.), *Tourism and indigenous people*.
London: International Thomson Business Press.

ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมอร์ซของกลุ่ม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่

ศิริรักษ์ ยาวีราข¹, ชรัญญา สุวรรณเสรีรักษ์² และ อนวัช จิตต์ปรารพ³

^{1, 2} วิชาเอกการตลาดและการตลาดดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
*E-mail : sirirux@rmu.ac.th , เบอร์โทรศัพท์ 06-2792-2239

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมอร์ซของกลุ่ม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างค่านวนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโรยามาเน จำนวน 400 ราย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อส่วนประสมการตลาดภาพรวมในระดับมาก ซึ่งสามารถเรียงลำดับความสำคัญได้จากสูงไปถึงต่ำ ได้แก่ การส่งเสริมการตลาดโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.25 การให้บริการแบบเฉพาะเจาะจงมีค่าเฉลี่ย 4.16 การรักษาความเป็นส่วนตัวมีค่าเฉลี่ย 4.13 ในการทดสอบสมมติฐานพบว่า ส่วนประสมการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมอร์ซ อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05

คำสำคัญ : ส่วนประสมการตลาด , การตัดสินใจซื้อ , โซเชียลคอมเมอร์ซ , Generation Z

Marketing mix factors that affecting the decision to purchasing decisions through social commerce of Generation Z group in Chiang Mai Province

Sirirux Yaviraj¹ Charunya Suwannasereerak² and Anawat Chitprarop³

^{1*},² Marketing and Digital Marketing , Faculty of Business Administration and Liberal Arts ,
Rajamangala University of Technology Lanna

128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict , Muang District, Chiang Mai, 50300.

* E-mail : sirirux@mutl.ac.th ,Tel. 06-2792-2239

Abstract

This research aims to study marketing mix factors that affect the decision to purchase products through social commerce among Generation Z in Chiang Mai Province. This is a quantitative research using questionnaires to collect data from sample calculate the sample using the formula of Taro yamane on 400 people. It was found that respondents gave high importance to the overall marketing mix. They can be arranged in order of importance from high to low. These include promotion with an average of 4.25, personalization with an average of 4.16, privacy with an average of 4.13. In testing the assumptions, it was found that The marketing mix is related to the decision to purchase products through social commerce with a significance level of 0.05

Keywords: Marketing mix , decision to purchase , social commerce, Generation Z

1. บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทกับการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ประกอบกับการพัฒนาระบบการสื่อสารที่สามารถส่งผ่านข้อมูล ข่าวสาร เรื่องราวได้หลากหลายรูปแบบ อีกทั้งผลพวงจากการปรับตัวหลังเกิดโรคระบาด ยิ่งทำให้ผู้คนหันมาใช้เทคโนโลยีเพื่อวัตถุประสงค์หลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน การพักผ่อน ความบันเทิง ซึ่งในนี้รวมไปถึงการซื้อขายสินค้าผ่านระบบออนไลน์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ระบุว่ากลุ่มธุรกิจ E-commerce หรือธุรกิจค้าปลีกสินค้าออนไลน์ในปี 2566 มีการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 19 และมีจำนวนจัดตั้งธุรกิจใหม่ในปี 2566 ทั้งสิ้น 1,657 ราย เพิ่มขึ้นร้อยละ 19 ทุนจดทะเบียน 2,074 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 14 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี 2565 โดยในภาพรวมการค้าออนไลน์ขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 20 ต่อปี นับจากปี 2565 ถึง 2570 คาดว่าในปี 2568 มูลค่าของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นจาก 3 แสนล้านบาท เป็น 7.5 แสนล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 16 ของตลาดค้าปลีก (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์)

ในช่วงเวลาที่มีการแข่งขันรุนแรง การเสนอขายสินค้ามีหลากหลายรูปแบบ เครื่องมือหนึ่งที่ธุรกิจร้านค้านำมาปรับใช้ได้แก่ Social Commerce ซึ่งเป็นการขายสินค้า หรือบริการผ่านโซเชียลมีเดีย (Social Media) โดยตรง เช่น Facebook, Instagram, TikTok เป็นต้น ซึ่งทุกขั้นตอนจะเกิดขึ้นบนโซเชียลทั้งหมดตั้งแต่การหาสินค้าไปจนถึงการจบการขายซึ่งทำได้ง่ายเพียงคลิก และชำระเงินตามช่องทางที่กำหนด Social Commerce ถือได้ว่ามีผลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคทั้งในด้านการค้นหาข้อมูล เพื่อความเชื่อมั่นก่อนการตัดสินใจซื้อ ทั้งการให้ข้อมูลย้อนกลับไปสู่เจ้าของธุรกิจเพื่อพัฒนาสินค้าในครั้งต่อไป กระบวนการซื้อขายต่าง ๆ เกิดขึ้นกับคนทุกรุ่น ทุกช่วง Generation โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มผู้บริโภค Generation Z ที่เกิดมาพร้อมกับอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง คอมพิวเตอร์พกพา โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูล ดาวนโหลดแอปพลิเคชัน ค้นหาความบันเทิงต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งด้วยพฤติกรรมของกลุ่ม Generation Z ที่ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่บนเว็บไซต์ สื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก นิยมซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์กว่า 4 ใน 5 กลุ่มนอกจากนี้ Generation Z ถือว่าเป็นกลุ่มลูกค้าเป้าหมายกลุ่มใหม่ที่มีอัตราเติบโตแทนที่ Generation อื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็น Generation X Generation Y

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมอร์ซของกลุ่ม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อทราบถึงปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่ถูกนำมาใช้ในยุคปัจจุบันว่ามีผลต่อการตัดสินใจซื้อผ่านเครื่องมือดังกล่าวอย่างไร นอกจากนี้ข้อมูลจากงานวิจัยยังนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผน การวางกลยุทธ์ทางการตลาดของกลุ่มธุรกิจที่มีความสนใจ และมีกลุ่มเป้าหมายเป็น Generation Z ต่อไป

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมอร์ซของกลุ่ม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดส่วนประสมการตลาดออนไลน์

วิเชียร วงษ์นิชชากุล และคณะ(2550) ได้กล่าวถึง ส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ (Online Marketing Mix) เป็นองค์ประกอบการตลาดแบบใหม่ ซึ่งประกอบด้วย 6P's ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ (Product) ราคา (Price) การจัดจำหน่าย (Place) การส่งเสริมการตลาด (Promotion) การให้บริการแบบเฉพาะเจาะจง (Personalization) และการรักษาความเป็นส่วนตัว (Privacy)

- 1) ผลิตภัณฑ์ (Product) เป็นสิ่งที่นำเสนอขายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ สินค้าที่จับต้องได้ (Physical Goods) สินค้าดิจิทัล (Digital Goods) และบริการ (Services)
- 2) ราคา (Price) เป็นสิ่งที่กำหนดมูลค่าของผลิตภัณฑ์ในรูปของเงิน ซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึง ราคาตลาด การคิดเผื่อราคา ค่าขนส่ง เป็นต้น
- 3) ช่องทางการจัดจำหน่าย (Place or Distribution) เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค หรือตลาดเป้าหมาย ซึ่งปัจจัยในการพิจารณาช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผ่านระบบออนไลน์

ซึ่งควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ เว็บไซต์ต้องใช้งานง่าย การเข้าเว็บไซต์ หรือดาวน์โหลดได้อย่างรวดเร็ว ข้อมูลที่น่าเสนอชัดเจน และความปลอดภัยของข้อมูล

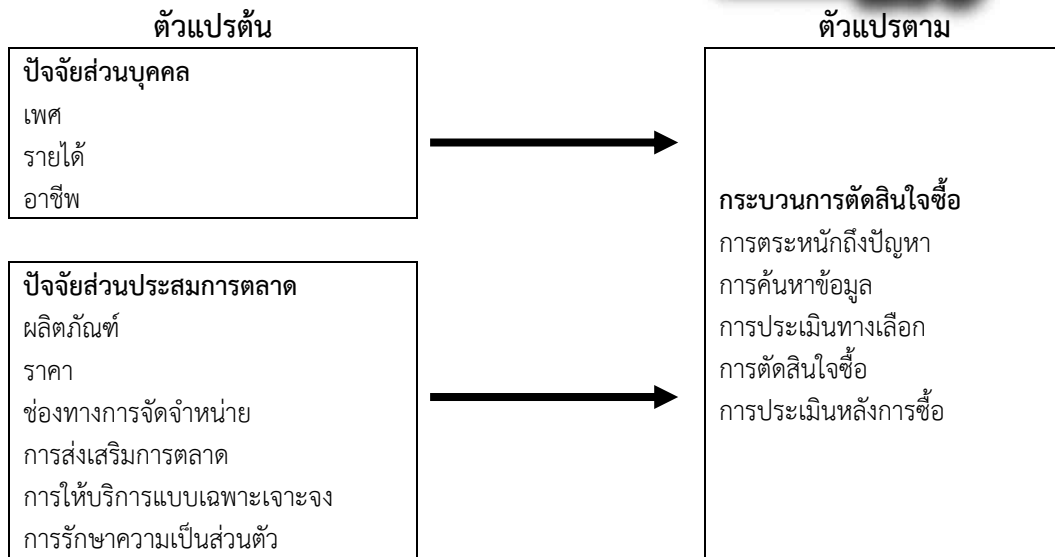
- 4) การส่งเสริมการตลาด (Promotion) เป็นการติดต่อสื่อสารการตลาดระหว่างผู้ขายและผู้ซื้อ โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเพื่อเตือนความทรงจำ แจ้งข่าวสาร หรือชักจูงใจให้เกิดความต้องการในผลิตภัณฑ์ และการตัดสินใจซื้อ
- 5) การให้บริการแบบเฉพาะเจาะจง (Personalization) เป็นลักษณะการบริการแบบโต้ตอบร่วมกัน (Interactive) ระหว่างผู้ประกอบการกับลูกค้าแบบเจาะจงบุคคล เรียกว่า การตลาดแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Marketing) เพื่อนำเสนอสิ่งที่ตรงใจลูกค้า อำนวยความสะดวกให้กับลูกค้า และสร้างความเป็นกันเองและความประทับใจให้กับลูกค้า

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจ

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ (2541) กระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค (Decision Process) แม้ผู้บริโภคจะมีความแตกต่างกัน แต่ผู้บริโภคจะมีรูปแบบการตัดสินใจซื้อที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งกระบวนการตัดสินใจซื้อ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การตระหนักถึงปัญหาหรือความต้องการ (Problem or Need Recognition) ปัญหาเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรู้สึกถึงความแตกต่างระหว่างสภาพที่เป็นอุดมคติ (Ideal) คือ สภาพที่เขารู้สึกว่าดีต่อตนเอง และเป็นสภาพที่ปรารถนากับสภาพที่เป็นอยู่จริง (Reality) ของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับตนเอง จึงก่อให้เกิดความต้องการที่จะเติมเต็มส่วนต่างระหว่างสภาพอุดมคติ กับสภาพที่เป็นจริง โดยปัญหาของแต่ละบุคคลจะมีสาเหตุที่ต่างกันไป
- 2) การเสาะแสวงหาข้อมูล (Search for Information) เมื่อเกิดปัญหา ผู้บริโภคก็ต้องแสวงหาหนทางแก้ไข โดยหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อช่วยในการตัดสินใจ
- 3) การประเมินทางเลือก (Evaluation of Alternative) เมื่อผู้บริโภค ได้ข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2 แล้ว ก็จะประเมินทางเลือก และตัดสินใจเลือกทางที่ดีที่สุด วิธีการที่ผู้บริโภคใช้ในการประเมินทางเลือกอาจจะประเมิน โดยการเปรียบเทียบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของแต่ละสินค้า และคัดสรรในทางที่จะตัดสินใจเลือกซื้อจากหลายตราห้อยให้เหลือเพียงตราห้อยเดียว อาจขึ้นอยู่กับความเชื่อ นิยม ศรัทธาในตราสินค้านั้น ๆ หรืออาจขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้บริโภคที่ผ่านมาในอดีต และสถานการณ์ของการตัดสินใจ รวมถึงทางเลือกที่มีอยู่ด้วย
- 4) การตัดสินใจ (Decision Making) โดยปกติแล้วผู้บริโภคแต่ละคนจะต้องการข้อมูล และระยะเวลาในการตัดสินใจสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแตกต่างกัน คือ ผลิตภัณฑ์บางอย่างต้องการข้อมูลมาก ต้องใช้ระยะเวลาในการเปรียบเทียบนาน แต่บางผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคก็ไม่ต้องการระยะเวลาการตัดสินใจนาน
- 5) พฤติกรรมหลังการซื้อ (Post purchase Behavior) หลังจากมีการซื้อแล้ว ผู้บริโภคจะได้รับประสบการณ์ในการบริโภค ซึ่งอาจจะได้รับความพอใจหรือไม่พอใจก็ได้ ถ้าพอใจผู้บริโภคได้รับทราบถึงข้อดีต่าง ๆ ของสินค้า ทำให้เกิดการซื้อซ้ำได้หรือ อาจมีการแนะนำให้เกิดลูกค้ารายใหม่ แต่ถ้าไม่พอใจ ผู้บริโภคก็อาจเลิกซื้อสินค้านั้น ๆ ในครั้งต่อไป และอาจส่งผลเสียต่อเนื่องจากการบอกต่อ ทำให้ลูกค้าซื้อสินค้าน้อยลงตามไปด้วย

2.3 กรอบแนวคิดงานวิจัย



รูปภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

2.4 สมมติฐานการวิจัย

ปัจจัยส่วนประสมการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้แบบสอบถาม และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในรูปแบบร้อยละ และค่าเฉลี่ย

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ Chi-square

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ กลุ่ม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเกิดในปี พ.ศ. 2531 – 2552 (สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์)

กลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้นำมาจากรายงาน กรมการปกครอง สถิติประชากรทางการทะเบียนราษฎร ปี 2567 โดยประชากรในช่วงปีเกิด พ.ศ. 2531 – 2552 มีจำนวน 509,380 คน ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามสูตรคำนวณ ของ Taro Yamane ค่าความเชื่อมั่น 95%ดังต่อไปนี้

$$n = \frac{509380}{1 + 509380 (0.05)^2} = 399.67$$

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ เท่ากับ 399.67 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 400 คน และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีบัญชีโซเชียลมีเดีย อย่างน้อย 2 แอปพลิเคชัน และเคยเห็นการโฆษณาสินค้าผ่านโซเชียลมีเดียมาก่อน

3.3 การหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยวิธีการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้เกณฑ์ยอมรับที่ค่ามากกว่า 0.50 เพื่อแสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย และเนื้อหาที่ต้องกรวด (Rovinelli, and Hambleton, 1977) ผลจากการวิเคราะห์พบว่าผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด โดยมีค่าระหว่าง 0.67 – 1.00 หลังจากนั้นได้นำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และนำมาวิเคราะห์หาค่าด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคอนบาร์ต (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลปรากฏว่ามีค่าเท่ากับ 0.967 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเที่ยงตรงสูง

4. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซของผู้ตอบแบบสอบถาม สามารถแสดงผลการวิจัยได้ตามตาราง

ตารางที่ 1 แสดงระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัยส่วนประสมการตลาด	\bar{X}	S.D	ความหมาย
Product	3.99	.417	มาก
Price	3.88	.338	มาก
Place	3.64	.364	มาก
Promotion	4.25	.397	มาก
Personalization	4.16	.515	มาก
Privacy	4.13	.489	มาก
รวม	4.01	1.866	มาก

จากตาราง พบว่า ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าบนโซเชียลคอมเมิร์ซของผู้ตอบแบบสอบถาม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเท่ากับ $\bar{X} = 4.01$, S.D = 1.866 สำหรับผลการวิเคราะห์รายปัจจัย สามารถเรียงลำดับคะแนนสูงสุด ลงมา คือ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด $\bar{X} = 4.25$, S.D = .397 การให้บริการแบบเฉพาะเจาะจง $\bar{X} = 4.16$, S.D = .515 การรักษาความเป็นส่วนตัว $\bar{X} = 4.13$, S.D = .489 ผลิตภัณฑ์ $\bar{X} = 3.99$, S.D = .417 ราคา $\bar{X} = 3.88$, S.D = .338 และช่องทางการจัดจำหน่าย $\bar{X} = 3.64$, S.D = .364

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ

ปัจจัยส่วนประสมการตลาด	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Product	227.267	56	.000
Price	80.950	44	.001
Place	80.308	20	.000
Promotion	146.459	24	.000
Personalization	129.888	32	.000
Privacy	302.773	36	.000

จากตาราง สามารถแปลผลจากค่า Asmp. Sig(2-sided) รายปัจจัยส่วนประสมการตลาด สามารถสรุปได้ดังนี้ ปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ มีค่า Sig. = .000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน สรุปว่า ตัวแปรด้านผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ ด้านราคา มีค่า Sig. = 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน สรุปว่า ตัวแปรด้านราคามีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีค่า Sig. = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงยอมรับสมมติฐาน สรุปว่า ตัวแปรด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ ด้านการส่งเสริมการตลาด มีค่า Sig. = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงยอมรับสมมติฐาน สรุปว่า ตัวแปรด้านการส่งเสริมการตลาดมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ ด้านการให้บริการแบบเฉพาะเจาะจง มีค่า Sig. = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงยอมรับสมมติฐาน สรุปว่า ตัวแปรด้านการให้บริการแบบเฉพาะเจาะจงมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ ด้านการรักษาความเป็นส่วนตัว มีค่า Sig. = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงยอมรับสมมติฐาน สรุปว่า ตัวแปรด้านการรักษาความเป็นส่วนตัวมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซของกลุ่ม Generation Z ในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นสำคัญได้ดังต่อไปนี้

ด้านแพลตฟอร์มที่ใช้ในการซื้อสินค้าของ Generation Z พบว่า แพลตฟอร์มที่กลุ่มตัวอย่างเลือกมากที่สุด ได้แก่ TikTok คิดเป็นร้อยละ 40.0 รองลงมาได้แก่ Facebook คิดเป็นร้อยละ 37.3 และ Instagram คิดเป็นร้อยละ 15.0

ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ โดยสามารถเรียงตามลำดับได้ดังต่อไปนี้

ในภาพรวมปัจจัยส่วนประสมการตลาดส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านโซเชียลคอมเมิร์ซ ซึ่งสอดคล้องกับ ขจรศักดิ์ วงศ์วิราช, วรารัตน์ สิทธิวงษ์, พัชรพรรณ ใจเป็ง และอนันตยา เสียงใส (2565) ที่ทำการศึกษารื่อง ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าโอท็อปบนแพลตฟอร์มออนไลน์ พบว่าปัจจัยส่วนประสมการตลาดออนไลน์ทุกด้านส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มบนออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ เปรมกมล หงษ์ยนต์ (2562) ที่ทำการศึกษ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านทางแอปพลิเคชันออนไลน์ (ลาชาดำ) ของผู้บริโภคยุคดิจิทัลในกรุงเทพมหานคร ซึ่งพบว่า การส่งเสริมการตลาด ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าน่าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์มากที่สุด

การให้บริการแบบเฉพาะเจาะจง ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญมาเป็นอันดับสอง เนื่องจากการได้รับข้อมูลข่าวสารอย่างสม่ำเสมอ มีการให้บริการโดยช่องทางที่หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับ ณิชานา เทพณรงค์ และ ประภัสสร วิเศษประภา, ที่ทำการศึกษ ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชัน ซึ่งต้องการให้บริการหลังการขายผ่านช่องทางที่หลากหลาย

การรักษาความเป็นส่วนตัว ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญเป็นอันดับ 3 โดยการเก็บรักษาความลับ และการทำรายการชำระเงินที่ปลอดภัย เป็นสิ่งที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญอันดับ 1 และ 2

ด้านผลิตภัณฑ์ ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญเป็นอันดับที่ 4 โดยมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย และตรงใจให้เลือกมาก เป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญ

ด้านราคา ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญเป็นอันดับที่ 5 โดยสามารถเปรียบเทียบราคาได้หลายร้านค้า มีการบอกราคาที่ชัดเจน เป็นปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญ

และอันดับสุดท้าย ที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญได้แก่ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย โดยสามารถเข้าถึงได้ง่าย ชื่อร้านค้าเป็นที่จดจำ เป็นปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากข้อค้นพบในงานวิจัย

จากผลการวิจัยจะพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม ที่อยู่ในช่วงอายุ Generation Z ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการตลาดมาเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยการส่งข้อมูลข่าวสาร และการส่งเสริมการขายที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย ดังนั้น ธุรกิจจะต้องมีความสม่ำเสมอในการกระจายข่าว เผยแพร่ข้อมูล เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายรับทราบข้อมูลดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังต้องจัดแคมเปญการส่งเสริมการขายที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการตัดสินใจซื้อในเวลาอันรวดเร็ว

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาค้นคว้าต่อไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมกลุ่มผู้บริโภคมากขึ้น ควรทำการศึกษาร่วมกับกลุ่ม Generation ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น Generation X, Generation Y

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมการปกครอง. สถิติประชากรทางการทะเบียนราษฎร 2567 สืบค้น 1 เมษายน 2567 จาก www.dopa.go.th
- กิริจิต พจน์สมพงษ์. (2563) ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน
สั่งซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้ใช้งานในจังหวัดสมุทรสาคร. วารสารโครงการทวิปริญญาทาง
รัฐประศาสนศาสตร์,
จอร์จทาวน์ วังศรีวิราช, วรารัตน์ สิทธิวงษ์, พัชรพรรณ ใจเป็ง และอนัญญา เสียงใหม่ (2565). ปัจจัยส่วนประสม
ทางการตลาดออนไลน์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าโอท็อปบนแพลตฟอร์มออนไลน์.
วารสารวิทยาลัยนครราชสีมา 16(2), 64 - 78
- ประชาชาติธุรกิจ. *เปิดธุรกิจแรงไม่หยุด-จุดไม่อยู่ ปี 2567* อีคอมเมิร์ซ คาดมูลค่าแตะ 7 แสนล้าน. สืบค้น 15
เมษายน 2567 จาก <https://www.prachachat.net/economy/news>
- เปรมกมล หงษ์ยนต์. (2562) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านทางแอปพลิเคชันออนไลน์ (ลาชาต้า)ของผู้บริโภคยุค
ดิจิทัลในกรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระ หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยสยาม
- นครินทร์ ศักดิ์สูง. (2565). ส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าจากชอปปี้ของ
ผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร
- วิเชียร วงศ์ณิชากุล. (2550) *การบริหารการส่งเสริมการตลาด*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพ.
- สุดาดวง เรืองรุจิระ. (2543) *หลักการตลาด* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2552). *การบริหารการตลาดยุคใหม่*. กรุงเทพฯ : บริษัท ธรรมสาร จำกัด.
- อัชฌาพร กว้างสวาสดี และอังคณา จัดตามาศ, (2565). การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสื่อสารทางการตลาด
ออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าโอท็อป,วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 17(1), 20-28.

พฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้า ในจังหวัดเชียงใหม่

ชญญา สุวรรณเสรีรักษ์^{1*} ศิริรักษ์ ยาวีราช² และอนวัช จิตต์ปรารพ³

^{1*, 2, 3} วิชาเอกการตลาดและการตลาดดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
*E-mail : charunya@rmutl.ac.th , เบอร์โทรศัพท์ 095-4464565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณใช้แบบสอบถามสำรวจลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตอำเภอเมือง หางดง สันป่าตอง และสารภีที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยจำนวน 400 ราย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นกับคำว่าอาหารปลอดภัยคืออาหารสะอาด ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกซื้ออาหารปลอดภัยคือรสชาติ โดยซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยจากร้านค้าผู้ผลิตโดยตรง เลือกสถานที่ซื้อใกล้ที่พัก/ทำงาน ค่าใช้จ่ายในการซื้อแต่ละครั้งเฉลี่ย 101-200 บาท บุคคลที่มีอิทธิพลในการซื้อคือตัวเอง มีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยโดยรวมอยู่ในระดับมาก ด้านผลิตภัณฑ์ต้องการคุณภาพและความสดใหม่ของวัตถุดิบ ด้านราคาต้องการช่องทางการชำระเงินที่หลากหลาย เช่น การโอนเงิน เงินสด ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายต้องการการจัดตกแต่งร้านภายนอกและภายใน มีความสะอาด และน่าซื้อ และด้านส่งเสริมการตลาดต้องการการปรับเปลี่ยน/คีนกรณีผลิตภัณฑ์เสียหาย ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ อายุ ภูมิลำเนา และวุฒิการศึกษาที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : พฤติกรรม , ความต้องการ , ผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย , วิสาหกิจชุมชน

Behavior and Demand for safe food products of customers in Chiang Mai Province.

Charunya Suwannasereerak^{1*}, Sirirux Yaviraj² and Anawat Chitprarop³

^{1*,2,3} Marketing and Digital Marketing , Faculty of Business Administration and Liberal Arts ,
Rajamangala University of Technology Lanna

128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict , Muang District, Chiang Mai, 50300.

* E-mail : charunya@rmutl.ac.th ,Tel. 095-4464565

Abstract

This research aims to study the behavior and demand for safe food products of customers in Chiang Mai Province. It is quantitative research. Use a questionnaire to survey customers whose hometown is in Mueang , Hang Dong , San Pa Tong , and Saraphi District In Chiang Mai Province. There were 400 people who had purchased safe food products. The research results found that most of the respondents have the opinion for safe food is clean food. The important factor in choosing safe food is taste. Respondents purchased safe food products directly from manufacturers' stores. By choosing a place to buy close to where their live / work. The cost of each purchase averages 101-200 baht. The person who influences the purchase is themselves. Respondents' overall demand for safe food products was at a high level. Factors of Product is regarding the quality and freshness of raw materials. Price is various payment channels such as money transfers and cash. Distribution is exterior and interior decorations of the store. It is clean and interesting to buy. Promotion is accepting exchanges /returns in the case of damaged products. The results of the hypothesis testing revealed that personal factors such as gender, age, hometown, and different educational backgrounds have different effects on the demand for safe food products among customers in Chiang Mai Province.

Keywords: Behavior, Demand, Safe food products , Community Enterprise

1. บทนำ

จากกรอบแนวความคิดของแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ที่มุ่งเน้นการยกระดับศักยภาพของประเทศในหลากหลายมิติบนพื้นฐานแนวความคิด 3 ประการ ได้แก่ (1) การต่อยอดอดีตโดยมองกลับไปที่รากเหง้าทางเศรษฐกิจ นำมาผสมผสานกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของเศรษฐกิจและสังคมโลกสมัยใหม่ (2) การปรับปัจจุบันเพื่อปูทางสู่ออนาคตผ่านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศเพื่อเอื้อต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการอนาคต และ (3) การสร้างคุณค่าใหม่ในอนาคตด้วยการเพิ่มศักยภาพของผู้ประกอบการ พัฒนาคูณรู้ใหม่ รวมถึงปรับรูปแบบธุรกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด (ประเทศที่ยั่งยืน, 2559) ทำให้ทิศทางการพัฒนาประเทศให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างความเข้มแข็งภาคการเกษตร และการพัฒนาแบบยั่งยืน โดยยุทธศาสตร์ที่สำคัญคือ การสร้างความเข้มแข็งให้กับภาคการผลิตและการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นประสิทธิภาพการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ทำให้เกษตรกรมีความมั่นคงทางรายได้ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) โดยเชื่อมโยงมิติของการพัฒนาให้มีความสอดคล้องกันทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการกำหนดนโยบายการพัฒนาประเทศผ่านแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (2560 - 2564) ซึ่งนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาช่วยในการพัฒนาประเทศ โดยพัฒนากระบวนการด้านเกษตรกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตลอดห่วงโซ่การผลิต การบริโภคมีคุณภาพมาตรฐาน และความปลอดภัย

ผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย (Food Safety) คืออาหารที่ปลอดภัยจากสารพิษ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค ทั้งนี้ ต้องมีกรรมวิธีในการเตรียม ประุง ผสม และรับประทานอย่างถูกต้อง ซึ่งอันตรายที่แฝงมากับอาหารที่เรารับประทาน มีทั้งอันตรายทางกายภาพ เช่น เศษแก้ว เศษโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารโดยไม่ได้ตั้งใจ อันตรายทางเคมี เช่น สารปนเปื้อน อันเนื่องมาจากสารเคมีเจือปนในอาหารที่ไม่ถูกต้อง หรือสารตกค้างที่อาจเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช หรือยาปฏิชีวนะที่ตกค้างในเนื้อสัตว์ และอันตรายทางชีวภาพ เช่น จุลินทรีย์ก่อโรคประเภทต่าง ๆ ที่นำมาซึ่งอาการเจ็บป่วยต่อระบบทางเดินอาหาร และระบบต่าง ๆ ในร่างกาย (กลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านอาหาร กองสุขภาพอนามัย, 2559) ทั้งนี้ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรตำบลบ้านแหวน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นกลุ่มผู้ผลิตที่ให้ความสำคัญกับการผลิต และแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในท้องถิ่น กลุ่มดังกล่าวเกิดจากการรวมกลุ่มอาชีพต่าง ๆ ในชุมชน จำนวน 4 กลุ่ม ประกอบด้วย (1) กลุ่มจักสาน (2) กลุ่มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (3) กลุ่มเกษตรอินทรีย์ และ (4) กลุ่มแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร จากการลงพื้นที่ชุมชน พบว่าทางกลุ่มมีความต้องการในการพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในท้องถิ่น โดยทางกลุ่มได้ทำการเพาะเลี้ยงปูนาและมีความเชี่ยวชาญในการผลิตน้ำพริกปูนา แต่ทางกลุ่มยังขาดความรู้ทางการตลาด ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นที่รู้จัก และยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดปัจจุบันได้ จึงทำให้ที่ผ่านมา ลูกค้าส่วนใหญ่จึงเป็นคนชุมชนเดียวกัน และระแวกใกล้เคียงเท่านั้น

ดังนั้น เพื่อให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ที่มุ่งเน้นการยกระดับรายได้ และการกินดีอยู่ดี รวมถึงการเพิ่มขึ้นของคนชั้นกลาง และลดความเหลื่อมล้ำของคนในประเทศ นักวิจัยจึงมีความสนใจศึกษาพฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าที่มีต่อวิสาหกิจชุมชนตำบลบ้านแหวน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งนี้ เพื่อทราบถึงความต้องการของตลาด สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของวิสาหกิจชุมชนตำบลบ้านแหวน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ได้อย่างเหมาะสม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดพฤติกรรมผู้บริโภค

Schiffman, L.G., & Kanuk, L.L. (1994) กล่าวว่า พฤติกรรมผู้บริโภค หมายถึง การตัดสินใจและการกระทำของผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการซื้อ และการใช้สินค้า นักการตลาดจำเป็นต้องศึกษา และวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยเหตุผลหลายประการ กล่าวคือ (1) พฤติกรรมของผู้บริโภคมีผลต่อกลยุทธ์การตลาดของธุรกิจ และมีผลทำให้ธุรกิจประสบความสำเร็จ ถ้ากลยุทธ์ทางการตลาดที่สามารถตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ (2) เพื่อให้สอดคล้องกับแนวความคิดทางการตลาด (Marketing Concept) ที่ว่า การทำให้ลูกค้าพึงพอใจ ด้วยเหตุนี้จึงต้องศึกษาถึงพฤติกรรมของผู้บริโภค เพื่อจัดสิ่งกระตุ้นหรือกลยุทธ์การตลาด เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ, 2546)

ฉัตรยาพร เสมอใจ (2550) กล่าวว่า พฤติกรรมผู้บริโภค เป็นการศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มผู้บริโภคว่าเป็นอย่างไรในการดำเนินชีวิต รวมถึงการตัดสินใจซื้อและใช้สินค้าและบริการว่าเป็นอย่างไร โดยอาศัยหลัก 6 Ws 1 H เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการทราบตามหลัก 7 O's

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์โดยอาศัยหลัก 6Ws 1H และ 7 O's

6 Ws 1 H	7 O's
Who : ใครคือตลาดเป้าหมาย	Occupant : กลุ่มเป้าหมาย
What : ตลาดซื้ออะไร	Objects : ความต้องการ
Why : ทำไมจึงซื้อ	Objectives : เหตุผล
Whom : ใครมีส่วนร่วมในการซื้อ	Organization : กลุ่มอิทธิพล
When : ซื้อเมื่อใด	Occasion : โอกาสการซื้อ
Where : ซื้อที่ไหน	Outlets : แหล่งซื้อ
How : ซื้ออย่างไร	Operation : วิธีการซื้อ

กล่าวโดยสรุป พฤติกรรมของผู้บริโภค หมายถึง การแสดงออกของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการซื้อ การใช้สินค้าและบริการ รวมถึงกระบวนการในการตัดสินใจที่มีผลต่อการแสดงออกของบุคคลในด้านความต้องการสินค้าและบริการที่แตกต่างกัน

2.2 แนวคิดส่วนประสมการตลาด (Marketing Mix)

ศิริวรรณ เสรีรัตน์และคณะ (2546) กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาด เป็นตัวแปรทางการตลาดที่ควบคุมได้ ซึ่งบริษัทใช้ร่วมกันเพื่อตอบสนองความพึงพอใจแก่กลุ่มเป้าหมาย

เสรี วงษ์มณฑา (2542) กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix หรือ 4P's) หมายถึง ตัวแปรทางการตลาดที่ควบคุมได้ ซึ่งบริษัทใช้ร่วมกันเพื่อตอบสนองความพึงพอใจแก่กลุ่มเป้าหมาย หรือเป็นเครื่องมือที่ใช้ร่วมกัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทางการติดต่อสื่อสารขององค์กร

Kotler (1997) กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาด เป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ซึ่งใช้ร่วมกันเพื่อตอบสนองความพึงพอใจแก่กลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยเครื่องมือ ดังต่อไปนี้ (1) ผลิตภัณฑ์ (Product) หมายถึง สิ่งที่น่าเสนอแก่ผู้บริโภค เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค คือผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า (Value) ในสายตาของลูกค้า ผู้ซื้อจะเกิดการตัดสินใจซื้อ ก็ต่อเมื่อมีการยอมรับในตัวสินค้าผลิตภัณฑ์ (2) ราคา (Price) หมายถึง ราคาทุน (Cost) ที่ลูกค้าจ่ายไปในการได้รับผลิตภัณฑ์มา ต้นทุนอยู่ในรูปของตัวเงิน ซึ่งผู้บริโภคจะนำมาเปรียบเทียบกับกันระหว่างมูลค่า (Value) ของผลิตภัณฑ์กับราคาผลิตภัณฑ์นั้น ถ้ามูลค่าสูงกว่าต้นทุนก็ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ (3) การจัดจำหน่าย (Place) หมายถึง โครงสร้างของช่องทางซึ่งประกอบด้วยสถาบันและ กิจกรรมใช้เพื่อเคลื่อนย้ายสินค้าและบริการจากองค์การหรือผู้ผลิตไปยังตลาด (4) การส่งเสริมการตลาด (Promotion) หมายถึง การติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับข้อมูลระหว่าง ผู้ขายกับผู้ซื้อ เพื่อสร้างทัศนคติและพฤติกรรมการซื้อ การติดต่อสื่อสารอาจใช้บุคคลหรือไม่ใช้ ก็ได้ โดยการติดต่อสื่อสารนั้นมีหลายประการที่เรียกว่า ส่วนประสมการส่งเสริมการตลาด หรือ ส่วนประสมติดต่อสื่อสาร (Promotion Mix or Communication Mix) ซึ่งประกอบด้วย (4.1) การโฆษณา (Advertising) เป็นกิจกรรมในการเสนอข่าวสารเกี่ยวกับองค์การหรือ ผลิตภัณฑ์ บริการ หรือความคิดที่ต้องมีการจ่ายเงินโดยผู้อุปถัมภ์รายการ (4.2) การขายโดยใช้พนักงานขาย (Personal Selling) เป็นกิจกรรมการแจ้งข่าวสารและ การจูงใจโดยบุคคล (4.3) การส่งเสริมการขาย (Sales Promotion) เป็นกิจกรรมการส่งเสริมการขายที่ นอกเหนือจากการโฆษณาการขายโดยใช้พนักงานขายและการประชาสัมพันธ์ ซึ่งสามารถกระตุ้น ความสนใจให้เกิดการทดลองใช้หรือการซื้อ (4.4) การให้ข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ (Publicity and Relations) เป็นกิจกรรมที่มุ่งสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กรให้เกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย

(4.5) การตลาดทางตรง (Direct Marketing) เป็นกิจกรรมการติดต่อสื่อสารกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้เกิดการตอบสนอง (Response) โดยตรง ประกอบด้วย การขายทางโทรศัพท์ จดหมายตรง แคตตาล็อก การขายทางโทรทัศน์ และวิทยุ

กล่าวโดยสรุป ส่วนผสมทางการตลาด (Marketing Mix) ตามหลัก 4P's ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ (Product) ราคา (Price) การจัดจำหน่าย (Place) และการส่งเสริมการตลาด (Promotion) จัดเป็นการวางกลยุทธ์การตลาดโดยมองจากธุรกิจเป็นหลัก แต่ถ้ามองจากลูกค้า จะเป็นการวางกลยุทธ์การตลาดตามหลัก 4 C's ซึ่งประกอบด้วย ความจำเป็นและความต้องการของลูกค้า (Customer Needs and Wants) คือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจะต้องเป็นที่ต้องการของลูกค้า ต้นทุนของลูกค้า (Cost to the Customer) คือขายในราคาที่ลูกค้าพอใจ ความสะดวกสบายของลูกค้า (Convenience) คือวางจำหน่ายในช่องทางที่อำนวยความสะดวกให้ลูกค้าหาซื้อได้ง่าย และการติดต่อสื่อสาร (Communication) คือการสื่อสารให้ลูกค้าทราบ

ตารางที่ 2 แสดงส่วนผสมทางการตลาด (Marketing Mix) ตามหลัก 4 P's และ 4 C's

หลัก 4 P's	หลัก 4 C's
ผลิตภัณฑ์ (Product)	ความจำเป็นและความต้องการของลูกค้า (Customer Needs and Wants)
ราคา (Price)	ต้นทุนของลูกค้า (Cost to the Customer)
การจัดจำหน่าย (Place)	ความสะดวกสบายของลูกค้า (Convenience)
การส่งเสริมการตลาด (Promotion)	การติดต่อสื่อสาร (Communication)

2.3 แนวคิดผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย (Food Safety)

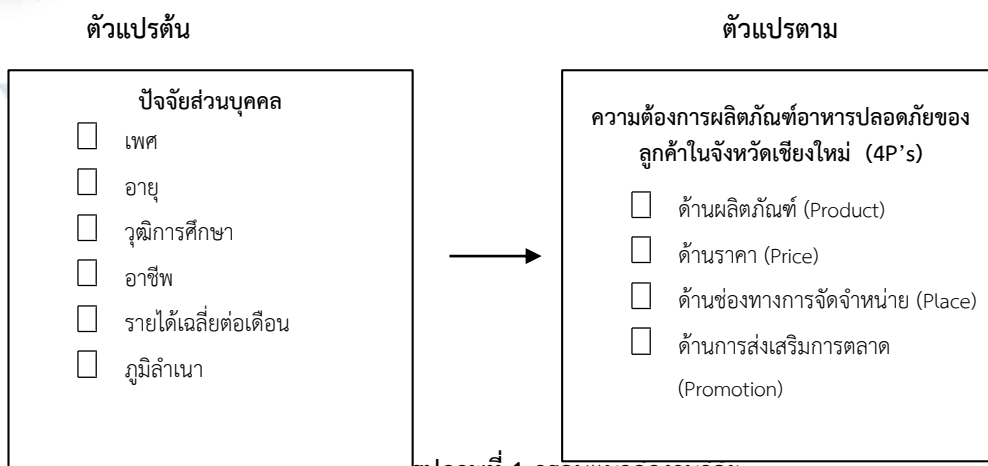
วิวัฒน์ แก้วดวงเล็ก (2562) กล่าวว่า อาหารปลอดภัย หมายถึง อาหารที่สะอาดปลอดภัยต่อผู้บริโภค และจะต้องไม่พบการปนเปื้อนที่สำคัญทั้งหมด 3 องค์ประกอบหลัก คือ ทางด้านกายภาพ ทางด้านชีววิทยา และทางด้านเคมี

กลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านอาหาร กองสุขภาพภิบาล สำนักอนามัย (2559) ให้ความหมายของอาหารปลอดภัย หมายถึง อาหารที่ได้มีกระบวนการผลิตที่ถูกต้องตามหลักวิธีการผลิตอาหาร และวัตถุดิบของอาหารนั้น เมื่อบริโภคแล้วจะไม่ทำให้เกิดความอันตรายต่อร่างกายและสุขภาพ

สาคร ศรีมุข (2564) ให้ความหมายของ ความปลอดภัยด้านอาหาร ตามพระราชบัญญัติคณะกรรมการอาหารแห่งชาติ พ.ศ. 2551 ได้กำหนดไว้ว่า ความปลอดภัยด้านอาหาร หมายถึง การจัดการให้อาหารและสินค้าการเกษตรที่นำมาเป็นอาหารเพื่อบริโภคสำหรับมนุษย์มีความปลอดภัย โดยจะต้องไม่มีลักษณะเป็นอาหารที่ไม่บริสุทธิ์ตามกฎหมายที่ว่าด้วยอาหารรวมทั้งอาหารที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- 1.อาหารที่มีจุลินทรีย์ก่อโรคหรือสิ่งทีอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพปนเปื้อน
- 2.อาหารที่มีสารหรือวัตถุเคมีปนเปื้อนอยู่ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องในปริมาณที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือสะสมในร่างกายที่ส่งผลก่อให้เกิดโรคหรือผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค
- 3.อาหารที่มีกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ
- 4.อาหารที่ผลิตจากสัตว์หรือผลผลิตจากสัตว์ที่เป็นโรคอันอาจติดต่อกันได้
- 5.อาหารที่ผลิตปรุงประกอบจากสัตว์และพืช หรือผลผลิตจากสัตว์และพืชที่มีสารเคมีอันตรายเภสัชเคมีภัณฑ์หรือยาปฏิชีวนะตกค้างในปริมาณที่มากอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- 6.อาหารที่มีภาชนะบรรจุประกอบด้วยวัตถุทีอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย



รูปภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้แบบสอบถาม และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในรูปแบบร้อยละ และค่าเฉลี่ย การทดสอบสมมติฐาน ใช้สถิติ Independent Samples T-Test และ One-Way Anova

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากร

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย จำนวน 400 ราย ทั้งนี้ ลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย ไม่ทราบจำนวนประชากร ดังนั้น นักวิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างกรณีไม่ทราบจำนวนประชากรของ Cochran (1997) (อ้างในพิมพ์ หิรัญกิตติ, 2552, น. 139) กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% กำหนดความคลาดเคลื่อน 0.05 คำนวณได้ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 400 คน โดยใช้สูตรการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้
$$n = \frac{z^2 pq}{e^2}$$

การสุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ที่เคยซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น แบบเจาะจง โดยกำหนดพื้นที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ อำเภอหางดง ซึ่งเป็นที่ตั้งของวิสาหกิจชุมชนตำบลบ้านแหวน และอำเภอที่มีพื้นที่ติดต่อกับอำเภอหางดง ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอสารภี และอำเภอสันป่าตอง โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบโควตา ให้สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับคือ อำเภอละ 100 ตัวอย่าง

3.3 การหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

การหาความเที่ยง (Validity) การทดสอบหาความตรงเชิงเนื้อหา โดยนำแบบสอบถามไปทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับประกอบด้วย 1 = สอดคล้อง 0 = ไม่แน่ใจ -1 = ไม่สอดคล้อง นอกจากนั้นยังขอให้ผู้เชี่ยวชาญปรับปรุงแก้ไข ข้อคำถาม ที่ไม่ชัดเจนเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทที่ต้องการศึกษา หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ จากนั้นนำคะแนน ที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาทำการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับคำจำกัดความในการศึกษา โดยใช้สูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (\text{สุวิมล ติรภานันท์, 2548})$$

การคัดเลือกข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ตรวจสอบเกี่ยวกับการใช้ภาษาและความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำจำกัดความในการวิจัยในแต่ละด้านเป็นรายข้อและตรวจสอบ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence-IOC) ที่มีค่าเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2549) ซึ่งผลการทดสอบ IOC เท่ากับ 0.70 จึงนำแบบสอบถามไปทดสอบความเชื่อมั่นในขั้นต่อไป

การทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) นักวิจัยจะหาความเชื่อมั่นโดยนำแบบสอบถามไปทดสอบประชากรในกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา จำนวน 30 ราย โดยวิเคราะห์ความเชื่อมั่นโดยวิธีการของ Cronbach

(กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552, น. 30 ; เกียรติสุดา ศรีสุข, 2552, น. 144) ซึ่งผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากับ 0.82 จึงทำการแจกแบบสอบถามต่อไป

3.4 สมมติฐานการวิจัย

สถิติที่ใช้ ได้แก่ Independent Samples T-Test และ One-Way Anova โดยทำการเปรียบเทียบความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้ายในจังหวัดเชียงใหม่ (ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด) จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อายุ วุฒิการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และภูมิภาค) ซึ่งตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H0 : ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้ายในจังหวัดเชียงใหม่ไม่แตกต่างกัน

H1 : ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้ายในจังหวัดเชียงใหม่แตกต่างกัน

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องพฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้ายในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 21-30 ปี วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี มีอาชีพธุรกิจส่วนตัว มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 10,001-20,000 บาท มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมือง อำเภอหางดง อำเภอสันป่าตอง และอำเภอสารภี มีความคิดเห็นกับคำว่าอาหารปลอดภัย คืออาหารสะอาด รูปแบบอาหารปลอดภัยที่เคยซื้อได้แก่ อาหารสด (ผัก/ผลไม้/เนื้อสัตว์) ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกซื้ออาหารปลอดภัย คือ รสชาติ ผู้ตอบแบบสอบถามซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยจากร้านค้าผู้ผลิตโดยตรง ปัจจัยในการเลือกสถานที่ซื้ออาหารปลอดภัย คือ ใกล้ที่พัก/ทำงาน ค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารปลอดภัยแต่ละครั้งเฉลี่ยคือ 101-200 บาท บุคคลที่มีอิทธิพลในการซื้ออาหารปลอดภัยของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ตัวเอง

ตารางที่ 3 แสดงความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้ายในจังหวัดเชียงใหม่

ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าย	\bar{x}	S.D	แปลผล	อันดับ
1. ด้านผลิตภัณฑ์	3.77	0.51	ต้องการมาก	1
2. ด้านราคา	3.59	0.61	ต้องการมาก	3
3. ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย	3.55	0.64	ต้องการมาก	4
4. ด้านการส่งเสริมการตลาด	3.71	0.55	ต้องการมาก	2
ภาพรวม	3.65	0.58	ต้องการมาก	

จากตารางที่ 3 แสดงความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้ายในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.65$ S.D = 0.58) ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยอันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.77$ S.D = 0.51) โดยมีความต้องการเรื่องคุณภาพและความสดใหม่ของวัตถุดิบในระดับมาก ($\bar{x} = 4.17$ S.D = 0.68) อันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านส่งเสริมการตลาด มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.71$ S.D = 0.55) โดยมีความต้องการเรื่องการปรับเปลี่ยน / คีนกรณีผลิตภัณฑ์เสียหายในระดับมาก ($\bar{x} = 4.18$ S.D = 0.85) อันดับที่ 3 ได้แก่ ด้านราคา มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.59$ S.D = 0.61) โดยมีความต้องการเรื่องช่องทางการชำระเงินที่หลากหลาย เช่น การโอนเงิน เงินสดในระดับมาก ($\bar{x} = 3.74$ S.D = 0.90) และอันดับที่ 4 ได้แก่ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.55$ S.D = 0.64) โดยมีความต้องการเรื่องการจัดตกแต่งร้านภายนอกและภายใน มีความสะอาดและน่าซื้อในระดับมาก ($\bar{x} = 3.74$ S.D = 0.90)

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

ปัจจัยส่วนบุคคล	ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่			
	ด้านผลิตภัณฑ์	ด้านราคา	ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย	ด้านการส่งเสริมการตลาด
เพศ	ไม่แตกต่าง T = -0.0205 Sig = 0.838	ไม่แตกต่าง T = -1.136 Sig = 0.257	ไม่แตกต่าง T = -0.948 Sig = 0.344	แตกต่าง T = -2.696 Sig = 0.007
อายุ	ไม่แตกต่าง F = 1.046 Sig = 0.390	ไม่แตกต่าง F = 2.275 Sig = 0.050	แตกต่าง F = 4.199 Sig = 0.001	ไม่แตกต่าง F = 1.357 Sig = 0.240
วุฒิการศึกษา	ไม่แตกต่าง F = 2.174 Sig = 0.115	ไม่แตกต่าง F = 2.905 Sig = 0.056	แตกต่าง F = 5.336 Sig = 0.005	แตกต่าง F = 3.240 Sig = 0.040
อาชีพ	ไม่แตกต่าง F = 1.259 Sig = 0.281	ไม่แตกต่าง F = 0.604 Sig = 0.697	ไม่แตกต่าง F = 1.247 Sig = 0.286	ไม่แตกต่าง F = 0.651 Sig = 0.661
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	ไม่แตกต่าง F = 0.122 Sig = 0.947	ไม่แตกต่าง F = 0.401 Sig = 0.752	ไม่แตกต่าง F = 1.983 Sig = 0.116	ไม่แตกต่าง F = 0.397 Sig = 0.755
ภูมิลำเนา	แตกต่าง F = 3.036 Sig = 0.029	แตกต่าง F = 8.511 Sig = 0.000	แตกต่าง F = 5.208 Sig = 0.002	แตกต่าง F = 7.754 Sig = 0.000

จากตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ดังนี้

จำแนกตามเพศ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีเพศแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านช่องทางการจัดจำหน่ายไม่แตกต่างกัน ในด้านการส่งเสริมการตลาดมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเพศหญิงมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านการส่งเสริมการตลาดมากกว่าเพศชาย

จำแนกตามอายุ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และการส่งเสริมการตลาดไม่แตกต่างกัน ในด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผู้ที่มีอายุ 21-30 ปี มีความต้องการด้านช่องทางการจัดจำหน่ายแตกต่างจากผู้ที่มีอายุ 31-40 ปี

จำแนกตามวุฒิการศึกษา พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีวุฒิการศึกษาแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์ และด้านราคาไม่แตกต่างกัน ในด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาดมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผู้ที่มีวุฒิการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี มีความต้องการด้านช่องทางการจัดจำหน่ายแตกต่างจากผู้ที่มีวุฒิมัธยมศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี และปริญญาตรี และผู้ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรีมีความต้องการด้านการส่งเสริมการตลาดแตกต่างกับผู้ที่มีวุฒิมัธยมศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี

จำแนกตามอาชีพ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอาชีพแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาดไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จำแนกตามรายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาดไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จำแนกตามภูมิลำเนา พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีภูมิลำเนาแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอสารภีมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์แตกต่างกับผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมือง และอำเภอหางดง ผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอสันป่าตองมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านราคาแตกต่างกับผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมือง และอำเภอหางดง ผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอหางดงมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านราคาแตกต่างกับผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอสารภี ผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมืองมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านช่องทางการจัดจำหน่ายแตกต่างกับผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอสันป่าตอง และอำเภอสารภี ผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอสารภีมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านการส่งเสริมการตลาดแตกต่างกับผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมือง และอำเภอหางดง และผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมืองมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้าน การส่งเสริมการตลาดแตกต่างกับผู้ที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอสันป่าตอง

ตารางที่ 5 แสดงการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

ปัจจัยส่วนบุคคล	ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ (4P's)	
	แตกต่าง	ไม่แตกต่าง
เพศ	ด้านการส่งเสริมการตลาด	ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย
อายุ	ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย	ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านการส่งเสริมการตลาด
วุฒิการศึกษา	ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด	ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา
อาชีพ	-	ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	-	ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด
ภูมิลำเนา	ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด	-

จากตารางที่ 5 แสดงการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีเพศแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยแตกต่างกันในด้านการส่งเสริมการตลาด ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยแตกต่างกันในด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีวุฒิการศึกษาที่แตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยแตกต่างกันในด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด ผู้ตอบแบบสอบถามที่มี

อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยไม่แตกต่างกันในทุกด้าน และผู้ตอบแบบสอบถามที่มีภูมิลำเนาแตกต่างกันมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยแตกต่างกันในทุกด้าน

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องพฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 21-30 ปี วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี มีอาชีพธุรกิจส่วนตัว มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 10,001-20,000 บาท มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมือง อำเภอหางดง อำเภอสันป่าตอง และอำเภอสารภี มีความคิดเห็นกับคำว่าอาหารปลอดภัย คืออาหารสะอาด รูปแบบอาหารปลอดภัยที่เคยซื้อได้แก่ อาหารสด (ผัก/ผลไม้/เนื้อสัตว์) ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกซื้ออาหารปลอดภัย คือ รสชาติ ผู้ตอบแบบสอบถามซื้อผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยจากร้านค้าผู้ผลิตโดยตรง ปัจจัยในการเลือกสถานที่ซื้ออาหารปลอดภัย คือ ใกล้ที่พัก/ทำงาน ค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารปลอดภัยแต่ละครั้งเฉลี่ยคือ 101-200 บาท บุคคลที่มีอิทธิพลในการซื้ออาหารปลอดภัยของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ตัวเอง สอดคล้องกับ (ฉัตยาพร เสมอใจ , 2550) ที่กล่าวว่า พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นการศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มผู้บริโภคว่าเป็นอย่างไรในการดำเนินชีวิต รวมถึงการตัดสินใจซื้อและใช้สินค้าและบริการว่าเป็นอย่างไรโดยอาศัยหลัก 6 Ws1H เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการทราบตามหลัก 7 O's และสอดคล้องกับ บุชกร คำโฮม และคณะ(2563) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมการซื้ออาหารปลอดภัยของผู้บริโภคในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้ออาหารปลอดภัยประเภทผัก โดยซื้อจากตลาดสด การเลือก สถานที่ซื้ออาหารปลอดภัยพิจารณาจากความใกล้ที่พักหรือที่ทำงาน สาเหตุที่ผู้บริโภคเลือกซื้ออาหารปลอดภัยคือ ดีต่อสุขภาพ ผู้มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้ออาหารปลอดภัยมากที่สุดคือตนเอง ผู้บริโภคยินดีซื้ออาหารปลอดภัยในราคาที่สูงกว่าอาหารปกติร้อยละ 5

ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.65$ S.D. = 0.58) ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย อันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.77$ S.D. = 0.51) โดยมีความต้องการเรื่องคุณภาพและความสดใหม่ของวัตถุดิบในระดับมาก ($\bar{x} = 4.17$ S.D. = 0.68) อันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านส่งเสริมการตลาด มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.71$ S.D. = 0.55) โดยมีความต้องการเรื่องการปรับเปลี่ยน / คิณกรรมผลิตภัณฑ์เสียหายในระดับมาก ($\bar{x} = 4.18$ S.D. = 0.85) อันดับที่ 3 ได้แก่ ด้านราคา มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.59$ S.D. = 0.61) โดยมีความต้องการเรื่องช่องทางการชำระเงินที่หลากหลาย เช่น การโอนเงิน เงินสดในระดับมาก ($\bar{x} = 3.74$ S.D. = 0.90) และอันดับที่ 4 ได้แก่ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{x} = 3.55$ S.D. = 0.64) โดยมีความต้องการเรื่องการจัดตกแต่งร้านภายนอกและภายใน มีความสะอาดและน่าซื้อในระดับมาก ($\bar{x} = 3.74$ S.D. = 0.90) ไม่สอดคล้องกับ บุชกร คำโฮม และคณะ(2563) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมการซื้ออาหารปลอดภัยของผู้บริโภคในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารปลอดภัยระดับมากมี 5 ปัจจัย เรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยมากไปน้อยดังนี้ ด้านผู้ชาย ด้านลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อม ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านกระบวนการ และด้านราคา ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารปลอดภัยระดับปานกลางคือ ปัจจัยด้าน การส่งเสริมการขาย ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารปลอดภัยระดับน้อยคือ ปัจจัยด้านสถานที่

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ไม่แตกต่างกันในทุกด้าน ภูมิลำเนาที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่แตกต่างกันในทุกด้าน เพศที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่แตกต่างกันในด้านการส่งเสริมการตลาด อายุที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่แตกต่างกันในด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และวุฒิการศึกษาที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่แตกต่างกันในด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด กล่าวคือ ปัจจัยส่วนบุคคลในด้านอาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน มีผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดไม่แตกต่างกันในทุกด้าน ปัจจัยส่วนบุคคลด้านภูมิลำเนามีผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดแตกต่างกันในทุกด้าน ปัจจัยส่วนบุคคลในด้านเพศ อายุ และวุฒิการศึกษา มีผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดแตกต่างกันเฉพาะในด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด ไม่สอดคล้องกับ พลภัทร ชีบุญสูง (2562) ศึกษาเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลสำเร็จรูปของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า(1) ปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ ต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร Halal Food สำเร็จรูปด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด (2) ปัจจัยส่วนบุคคลด้าน อายุ ศาสนา ระดับการศึกษา

อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่างกันส่งผลต่อส่วนประสมทางการตลาดทุกด้าน คือ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบว่าลูกค้ามีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยในด้านผลิตภัณฑ์มากที่สุด วิสาหกิจชุมชนตำบลบ้านแหวนควรให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพและความสดใหม่ของวัตถุดิบ ด้านราคา ควรให้ความสำคัญเรื่องช่องทางการชำระเงินที่หลากหลาย เช่น การโอนเงิน เงินสด ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ควรให้ความสำคัญเรื่องการจัดตกแต่งร้านภายนอกและภายใน มีความสะอาดและน่าซื้อ และด้านการส่งเสริมการตลาด ควรให้ความสำคัญเรื่องการปรับเปลี่ยน / คินกรณผลิตภัณฑ์เสียหาย
2. จากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ไม่แตกต่างกันในทุกด้าน ในด้านภูมิภาคที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่แตกต่างกันในทุกด้าน สำหรับในด้านเพศ อายุ และวุฒิการศึกษาที่แตกต่างกันมีผลต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่แตกต่างกันในด้านช่องทางการจัดจำหน่ายและการส่งเสริมการตลาด ดังนั้น วิสาหกิจชุมชนตำบลบ้านแหวน ควรให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ อายุ ภูมิภาค และวุฒิการศึกษาของลูกค้ากลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน เพราะมีผลต่อความต้องการส่วนประสมทางการตลาดแตกต่างกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง พฤติกรรมและความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยของลูกค้าในจังหวัดเชียงใหม่ อยู่ภายใต้โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาห่วงโซ่คุณค่าผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยเพื่อการยกระดับรายได้ของวิสาหกิจชุมชน ตำบลบ้านแหวน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้ทุนสนับสนุนจากหน่วยงาน ทุนวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปีงบประมาณ 2565 (ทุน FF65) ซึ่งโครงการวิจัยดังกล่าวได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจากเทศบาลตำบลบ้านแหวน และวิสาหกิจชุมชนตำบลบ้านแหวน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ข้อมูลและรับฟังความคิดเห็นจากคณะผู้วิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านอาหาร กองสุขาภิบาล สำนักอนามัย. (2559). **คู่มืออาหารปลอดภัย ใส่ใจสุขภาพ**. กรุงเทพฯ: พีทู ดีไซน์ แอนด์ พรินท์. สืบค้นจาก https://foodsantiation.bangkok.go.th/assets/uploads/document/document/20210125_67445.pdf

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). **การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกียรติสุดา ศรีสุข. (2552). **ระเบียบวิธีวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์คลองซัง.

ฉัตยาพร เสมอใจ. (2550). **พฤติกรรมผู้บริโภค**. กรุงเทพฯ : วิพริ้น.

บุษกร คำโฮม และคณะ. (2563). **กลยุทธ์การตลาดสำหรับตลาดอาหารปลอดภัยในจังหวัดอุบลราชธานี**. Journal of Roi Kaensarn Academi ปีที่ 7 ฉบับที่ 4.

พลภัทร ชีบุญสง. (2562). **ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลสำเร็จรูปของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร**. สาขาวิชาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ประเทศไทย.

พิชิต ฤทธิจรรย์. (2549). **ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์**. กรุงเทพฯ : แฮร์สออฟเคอร์มิสท์.

พิมพ์ ทิรัญกิติ. (2552). **การวิจัยการตลาด**. กรุงเทพฯ : บริษัท ธรรมสาร จำกัด.

รายงานความก้าวหน้า SDGs ของประเทศไทย พ.ศ. 2559-2563. **ประเทศไทยที่ยั่งยืน 2559**. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2565 จาก <https://sdgs.nesdc.go.th>

วิวัฒน์ แก้วดวงเล็ก. (2562). **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม ปีที่ 15 ฉบับที่ 2/2562** สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JEM/article/view/174995/157208>

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2546). **การบริหารการตลาดยุคใหม่**. กรุงเทพฯ : ธรรมสาร.

สาคร ศรีมุข. (2564). ความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศไทย (Food Safety in Thailand), สำนักวิชาการ สำนักงาน

เลขาธิการวุฒิสภา สืบค้นจาก <https://online.fliphtml5.com/pyepm/ydcd/#p=1>

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและ

สังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564 และ 2565. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2565

จาก <https://www.nesdc.go.th>.

สุวิมล ตีรพานันท์. (2548). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์ : แนวทางสู่การปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสรี วงษ์มณฑา. (2542). กลยุทธ์การตลาด การวางแผนการตลาด. กรุงเทพฯ : อีระฟิล์มและเซเท็กซ์

Kotler, Philip. (1997). *Marketing management: Analysis, planning, implementation and control (9th ed.)*. New Jersey: A Simon & Schuster Company.

Schiffman, L.G., & Kanuk, L.L. (1994). *Consumer behavior*. (5th ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุ ของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

ศิริศักดิ์ ศักดิ์ศิริคุณ^{1*} แคทรียา พริ้อมเพรียง² ดุษฎี มุกดาอ่อน³ สุวจันทานดา พูลเอียด⁴

¹⁻⁴ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
41/1 หมู่ที่ 7 ตำบลแม่งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

*E-mail: sirisak62@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษากระบวนการการมีส่วนร่วมกิจกรรมทางการท่องเที่ยวผ่านผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก และ 2) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาการตลาดท่องเที่ยวสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยใช้การประชุมระดมความคิดเห็นกับกลุ่มผู้สูงอายุศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตและส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ จำนวน 55 คน และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลไปที่กลุ่มผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก จำนวน 276 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์ผ้าพันคอพิมพ์ลายใบไม้ (ECO Print) ซึ่งกลุ่มผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับการออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าของสินค้าและประชาสัมพันธ์สินค้าไปในตัว อีกทั้งยังสามารถจัดวางจำหน่ายได้ง่ายมากยิ่งขึ้น สำหรับแนวทางการพัฒนาการตลาดท่องเที่ยวสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง พบว่า กลุ่มผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ปัจจัยด้านบุคคลและพนักงาน ปัจจัยด้านการสร้างและการนำเสนอลักษณะทางกายภาพ และปัจจัยด้านกระบวนการ ตามลำดับ

คำสำคัญ การเพิ่มมูลค่า, ผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึก, ผู้สูงอายุ

Increased value of Souvenir products for the Elderly of the Pa Mamuang Subdistrict Mueang Tak District, Tak Province

Sirisak Saksirikhun^{1*} Kattareeya Prompreing² Dutsadee Mukda-on³ Suwatchanakanda Phun-iat⁴

¹⁻⁴ Faculty of Business Administration and Liberal Arts
Rajamangala University of Technology Lanna Tak
41/1 M. 7, Mai Ngam Subdistrict, Mueang Tak District, Tak Province

*E-mail: sirisak62@rmutl.ac.th

Abstract

The objectives of this research are 1) to study the process of participation in tourism activities through souvenir products for the elderly of the Pa Mamuang Subdistrict Mueang Tak District, Tak Province and 2) to study guidelines for developing Tourism marketing to increase the value of souvenir products for the elderly of the Pa Mamuang Subdistrict Mueang Tak District, Tak Province by using a brainstorming meeting with a group of 55 elderly people and using a questionnaire as a tool to collect information to the elderly group in Pa Mamuang Subdistrict. Mueang Tak District, Tak Province, totaling 276 people. Results of the study found that Leaf print scarf product (ECO Print). The elderly group places importance on designing environmentally friendly packaging boxes, which increases the value of the product and promotes the product at the same time also be distributed more easily. As for the guidelines for developing tourism marketing to increase the value of souvenir products for the elderly of the Pa Mamuang Subdistrict it was found that the elderly group places importance on Product factors, Price factor, Distribution channel factors, Marketing promotion factors, Personnel and employee factors, Construction and presentation of physical characteristics factors and Process factors, respectively.

Keywords: Increased value; Souvenir products; Elderly

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือ สัดส่วนประชากรในประเทศ มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 20 ของจำนวนประชากรทั้งหมด ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) และจากรายงานการคาดประมาณประชากรของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553- 2583 (ฉบับปรับปรุง) คาดประมาณว่า ในพื้นที่ภาคเหนือจะเป็นภาคที่มีอัตราผู้สูงอายุสูงสุดคือร้อยละ 22 รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่คาดว่าจะมีอัตราผู้สูงอายุร้อยละ 20 ตามด้วยภาคกลางและภาคใต้ที่มีอัตราผู้สูงอายุต่ำสุดคือประมาณร้อยละ 15 (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุ, 2564) การเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือ พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 จังหวัดตากมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 635,697 คน โดยมีจำนวนประชากรผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 69,346 คน คิดเป็นร้อยละ 10.9 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากข้อมูลสำนักงานสถิติจังหวัดตาก (2564) ในปี พ.ศ. 2562 พบว่า ประชากรผู้สูงอายุในพื้นที่ตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก มีจำนวน 884 คน จากจำนวนประชากรทั้งสิ้น 4,316 คน คิดเป็นร้อยละ 20.5 (องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง, 2564) ซึ่งถือว่ามีสัดส่วนที่สูง และเป็น “สังคมสูงวัย” อย่างชัดเจน และยังมีแนวโน้มจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าลักษณะทางประชากรในชุมชนตำบลปามะม่วง มีสถานะเป็นสังคมผู้สูงอายุแล้ว ซึ่งจากการลงพื้นที่สำรวจ ข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วงเบื้องต้น พบว่า ผู้สูงอายุหลายรายมีการเสื่อมถอยของสภาพร่างกายตามวัย แต่ไม่ได้เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินกิจกรรมที่ไม่ต้องใช้กำลังกายมากนัก จึงยังสามารถช่วยทำกิจกรรมเหลือตนเองได้ แต่ปัญหาหลักที่พบ ได้แก่ ปัญหาด้านสังคม คือ ผู้สูงอายุบางส่วนไม่มีญาติพี่น้อง หรือลูกหลานดูแลอยู่กันเองตามลำพัง จึงเกิดความซึมเศร้า และรู้สึกว่าตนเองไร้ประโยชน์ และสิ่งสำคัญคือ ปัญหาด้านรายได้ไม่เพียงพอเนื่องจากรายได้หลักมาจากเบี้ยยังชีพผู้สูงอายุเท่านั้น จึงไม่สามารถสร้างความมั่นคงให้กับการดำเนินชีวิตของตนเองได้มากนัก ฉะนั้นผู้สูงอายุในชุมชนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาให้ผู้สูงอายุมีกิจกรรมที่ใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์ ทั้งนี้ต้องเป็นกิจกรรมที่ตนเองชอบ ถนัดและทำได้ รวมถึงสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้แก่บุคคลภายนอก ทำให้เกิดความภาคภูมิใจในตนเองและก่อให้เกิดรายได้สามารถพึ่งพาตนเองทางเศรษฐกิจ ตลอดจนการพัฒนาไปเป็นอาชีพเพื่อสร้างรายได้หรือเพื่อส่งเสริมรายได้ให้แก่ตนเองและครอบครัว โดยพบว่าชุมชนปามะม่วงมีทั้งหมด 7 หมู่บ้าน มีสินค้าชุมชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเพียง 2 ชนิดเท่านั้น (ผลิตภัณฑ์จากผลไม้แก้ว และน้ำส้มเกล็ดทิมา) แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์เด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของท้องถิ่น และตั้งอยู่ในพื้นที่หมู่ 1 เพียงแห่งเดียวเท่านั้น จึงทำให้ชาวบ้านและผู้สูงอายุขาดโอกาสในการสร้างรายได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ยังเป็นการผลิตสินค้าแบบง่าย ๆ ตามแต่ละครัวเรือนซึ่งยังขาดการสนับสนุนและพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีความโดดเด่นน่าสนใจสามารถแข่งขันในตลาดได้ ซึ่งจากการสอบถามเบื้องต้น กลุ่มผู้สูงอายุมีความต้องการได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมการผลิตสินค้า สร้างงาน สร้างรายได้ ตลอดจนหาแนวทางสนับสนุนทางการตลาดเพิ่มมากขึ้นด้วย (องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง, 2564)

โดยในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง มีการจัดตั้งโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลปามะม่วงขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 จึงเป็นศูนย์กลางในการประสานงานและขับเคลื่อนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุในพื้นที่ได้อย่างดี นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมการรวมตัวกันของชมรมผู้สูงอายุในพื้นที่อยู่เป็นพื้นฐาน อาทิ กิจกรรมออกกำลังกาย นันทนาการ และกิจกรรมการผลิตสินค้าของฝากของที่ระลึก เป็นต้น หากแต่ยังขาดการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ของตัวสินค้าของฝากของที่ระลึกให้ดูทันสมัย สวยงาม และมีความเหมาะสม ที่จะช่วยสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน ดังนั้น โอกาสทางการท่องเที่ยวที่เกิดขึ้น จะช่วยสนับสนุนการตลาดในผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกของชุมชนให้เกิดประโยชน์ต่อรายได้ของผู้สูงอายุต่อไป

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในเรื่องของ “การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก” โดยมุ่งศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมกิจกรรมทางการท่องเที่ยวผ่านผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ตลอดจนหาแนวทางการพัฒนาการตลาดท่องเที่ยวสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นต่อยอดสามารถก่อให้เกิดการกระจายรายได้ท้องถิ่น เกิดการสร้างงาน สร้างอาชีพ ปลุกฝังเรื่องกระตุ้นให้เกิดการผลิตและนำทรัพยากรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษากระบวนการการมีส่วนร่วมกิจกรรมทางการท่องเที่ยวผ่านผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก
- 2) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาการตลาดท่องเที่ยวสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับผู้สูงอายุ

องค์การสหประชาชาติได้ประเมินสถานการณ์ว่าปี พ.ศ. 2544-2643 (2001-2100) เป็นศตวรรษแห่งผู้สูงอายุ หมายถึง การมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรรวมทั่วโลก สำหรับค่านิยามของผู้สูงอายุ ตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 ให้ความหมายว่า “ผู้สูงอายุ” หมายถึง บุคคลซึ่งมีอายุเกิน 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย โดยในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือ สัดส่วนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมดในประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2576 ประเทศไทยจะเป็นสังคมสูงอายุระดับสูงสุด หรือมีสัดส่วนประชากรสูงอายุ 60 ปีขึ้นไป สูงถึงร้อยละ 28 พื้นที่ภาคเหนือจะเป็นภาคที่มีอัตราผู้สูงอายุสูงสุด คือ ร้อยละ 22 รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่คาดว่าจะมีอัตราผู้สูงอายุ ร้อยละ 20 ส่วนภาคกลางและภาคใต้ที่มีอัตราผู้สูงอายุต่ำสุดคือประมาณ ร้อยละ 15 (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุ, 2564)

แนวคิดเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม (อ้างใน วชิรวัชร งามละม่อม, 2559)

William Erwin ได้ให้ความหมายไว้ว่า การมีส่วนร่วม หมายถึง กระบวนการให้ประชาชนเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงานพัฒนา ร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ แก้ปัญหาของตนเอง ส่วน นิคม ผัดแสน ได้ให้ความหมายไว้ว่า การมีส่วนร่วม หมายถึง การที่ให้ประชาชนได้คิดค้นแนวทางขึ้นเอง เป็นผู้กำหนดการตัดสินใจ คิดค้นปัญหา และการดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น แสดงความคิดเห็น เสนอแนะ และสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ สำหรับ สัญญา เคนาภูมิ ได้ให้ความหมายไว้ว่า การมีส่วนร่วม หมายถึง การที่สมาชิกได้มีโอกาสร่วมคิดร่วมตัดสินใจ ร่วมวางแผน ร่วมปฏิบัติตามโครงการ ร่วมติดตามประเมินผลเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่พึงประสงค์ ทั้งนี้ การมีส่วนร่วมจะต้องมาจากความสมัครใจ และได้รับผลประโยชน์ที่เกิดจากชุมชนโดยส่วนรวมร่วมกัน

สรุปได้ว่า การมีส่วนร่วม เป็นกิจกรรมที่การเปิดโอกาสให้ประชาชนทุกคนได้มีส่วนร่วมร่วมมือกันในการตัดสินใจ การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมวิเคราะห์ห้สังเคราะห์ ร่วมวางแผน ร่วมกำหนดกิจกรรม ร่วมดำเนินกิจกรรม และร่วมประเมินผลกิจกรรมในการแก้ปัญหาของชุมชน

แนวคิดเกี่ยวกับการบริหารจัดการเชิงธุรกิจของกลุ่มผู้สูงอายุ

การบริหารจัดการเชิงธุรกิจของกลุ่มผู้สูงอายุเกิดจากการพัฒนากลุ่มอาชีพผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป เพื่อดำเนินกิจกรรมตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายเพื่อการผลิต และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในชุมชนให้เกิดการสร้างงาน สร้างอาชีพสร้างรายได้ที่ยั่งยืนแก่กลุ่ม และเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันกลุ่มอาชีพที่ดีต้องมีวัตถุประสงค์ในการจัดตั้งชัดเจน มีระเบียบข้อบังคับของกลุ่ม มีคณะกรรมการบริหารกลุ่ม สมาชิกกลุ่มทุกคนทำกิจกรรมที่กลุ่มกำหนด รวมถึงมีการแบ่งปันผลประโยชน์ร่วมกันอย่างเป็นธรรม (ธนศ ศรีวิชัยลำพันธ์, 2554) โดยใช้ความรู้พื้นฐานด้านการบริหารจัดการธุรกิจ ที่ต้องมีความเข้าใจกับหน้าที่หลักทางธุรกิจ คือ การผลิต การตลาด การเงิน การบัญชี และบุคลากร ประกอบกับการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน คือ การวางแผน การจัดองค์การ การจัดคนทำงาน การอำนวยความสะดวก และการติดตามประเมินผล และเสริมพลังด้วยการใช้หลักการที่สร้างความยั่งยืน คือการมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล ประหยัด และเป็นธรรม (ทวี วัชรเกียรติศักดิ์, 2558)

แนวคิดเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ หรือ การสร้างมูลค่าเพิ่ม สามารถสร้างได้ในหลายทาง เช่น การสร้างมูลค่าเพิ่มจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้างมูลค่าเพิ่มจากกระบวนการผลิต เพื่อให้ผลสำเร็จสุดท้าย คือการได้ผลิตภัณฑ์และบริการที่มี “คุณค่าเพิ่ม” การเพิ่มมูลค่าที่จะทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ประโยชน์มากขึ้นด้วย ผลิตภัณฑ์หรือบริการเหล่านั้น จึงจะประสบความสำเร็จได้อย่างที่ควรตั้งนั้นการสร้างมูลค่าเพิ่ม คือสิ่งที่ช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน โดยผ่านการสร้างคุณค่าสำหรับลูกค้าที่ดีขึ้น (Customer Value) ผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกของชุมชนที่ได้รับการเพิ่มมูลค่าจะสร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์ เมื่อผู้บริโภครับรู้จะช่วยให้สามารถตัดสินใจเลือกหรือซื้อผลิตภัณฑ์และบริการนั้น ๆ ได้ง่ายขึ้น (กำธร แจ่มจำรัส, นันทนธิ์ เอ็บอิม,

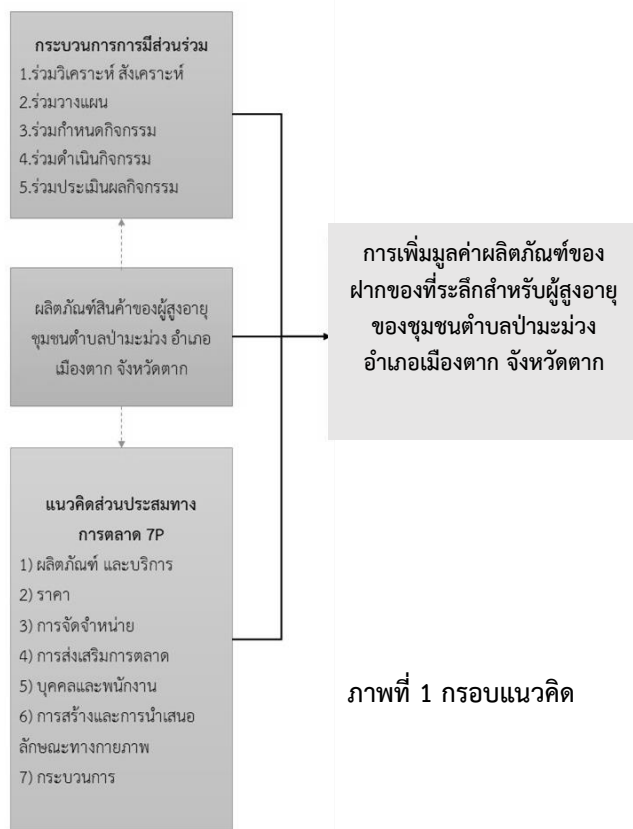
ญาติฯ เพื่อนพ้อง และญาติ เสรริมชยุต , 2565) โดยสามารถทำได้ 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ มี ยี่ห้อสินค้าการค้าและมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามเหมาะสมในการจัดจำหน่าย 2) การแปรรูปผลิตภัณฑ์ บรรจุของจำหน่าย การพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมเพื่อให้เกิดความเป็นสากล 3) การจัดหาสถานที่จำหน่าย โดยมีการจัดจำหน่ายทางสื่อออนไลน์ การออกร้านจำหน่ายตามงานแสดงสินค้าและการวางจำหน่ายให้แก่นักท่องเที่ยว 4) การประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ และการใช้ ช่องทางออนไลน์ที่หลากหลายในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ (กัลยารัตน์ คุณชมพู่, 2554)

แนวคิดและทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด (7P's)

Kotler and Keller (2016) อ้างถึงใน วิทยา เลิศพนาสิน (2564) ได้กล่าวถึงทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด (7P's) ประกอบด้วย 7 ด้าน ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) หมายถึง สิ่งที่บริษัทนำเสนอออกขายเพื่อก่อให้เกิดความสนใจโดยการบริโภคหรือการใช้บริการนั้นสามารถทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ 2) ปัจจัยด้านราคา (Price) หมายถึง จำนวนเงินตราที่ต้องจ่ายเพื่อให้ได้รับผลิตภัณฑ์ สินค้าหรือบริการของกิจการ หรืออาจเป็นคุณค่าทั้งหมดที่ลูกค้ารับรู้ เพื่อให้ได้รับผลประโยชน์จากการใช้ผลิตภัณฑ์ หรือบริการนั้น ๆ 3) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place/Channel Distribution) หมายถึง ช่องทางการจำหน่ายสินค้าหรือบริการ รวมถึงวิธีการที่จะนำสินค้าหรือบริการนั้น ๆ ไปยังผู้บริโภคเพื่อให้ทันต่อความต้องการ 4) ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) หมายถึง เครื่องมือการสื่อสารทางการตลาด เพื่อสร้าง ความสนใจ (Motivation) ความคิด (Thinking) ความรู้สึก (Feeling) ความต้องการ (Need) และความ พึงพอใจ (Satisfaction) ในสินค้าหรือบริการ 5) ปัจจัยด้านบุคคล (People) หรือบุคลากร หมายถึง พนักงานที่ทำงานเพื่อก่อประโยชน์ให้แก่องค์กร ต่าง ๆ ซึ่งนับรวมถึงแต่เจ้าของกิจการ ผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง ผู้บริหารระดับล่าง พนักงาน ทั่วไป แม่บ้าน เป็นต้น 6) ปัจจัยด้านกระบวนการ (Process) หมายถึง เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระเบียบวิธีการและงาน ปฏิบัติในด้านการบริการที่นำเสนอให้กับผู้ใช้บริการเพื่อมอบการให้บริการอย่าง ถูกต้อง รวดเร็ว และ 7) ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence) หมายถึง สิ่งที่ถูกค่าสามารถสัมผัสได้จาก การเลือกใช้สินค้าหรือบริการขององค์กร เป็นการสร้างความแตกต่างอย่างโดดเด่นและมีคุณภาพ

กรอบแนวคิด

การวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม และแนวคิดส่วนประสมทางการตลาด(7P's) มาประยุกต์ใช้ ในการศึกษา การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สินค้าของผู้สูงอายุผู้สูงอายุผู้สูงอายุการส่งเสริมของฝากของที่ระลึกของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยที่กรอบแนวคิดดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่องการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research) และการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Research) โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. กลุ่มผู้สูงอายุศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตและส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ ตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก จำนวน 55 คน
2. กลุ่มผู้สูงอายุในพื้นที่ตำบลปามะม่วง ทั้งหมด 884 ราย (องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง, 2565) โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ TARO YAMANE (1960) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 276 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) การประชุมระดมความคิดเห็น โดยใช้ศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตและส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ ในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วงเป็นสถานที่จัดการประชุมเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล
- 2) แบบสอบถาม (Questionnaire) ประกอบด้วย 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป และตอนที่ 2 แนวทางการพัฒนาการตลาดท่องเที่ยวสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สินค้าของผู้สูงอายุ ชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ซึ่งแบบสอบถามจะเป็น 5 ระดับดังนี้

ค่าเฉลี่ย คะแนน 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ย คะแนน 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

ค่าเฉลี่ย คะแนน 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

ค่าเฉลี่ย คะแนน 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

ค่าเฉลี่ย คะแนน 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้ข้อมูลครบถ้วนและสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย โดยการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แยกประเภทข้อมูลตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิด เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วนำข้อมูลมาบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลด้วย โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ของแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าความถี่ (Frequency) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก มีผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผลการศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมกิจกรรมทางการท่องเที่ยวผ่านผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก จากการประชุมระดมความคิดเห็น (Focus Group Discussion) ของกลุ่มผู้สูงอายุศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตและส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ พบว่า ผลิตภัณฑ์ “ผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ” เกิดจากกลุ่มนักเรียนผู้สูงอายุที่เข้าร่วมกลุ่มทำกิจกรรมฝึกอาชีพด้วยการนำผ้ามาทำสีจากธรรมชาติ และทำลายผ้าจากสีธรรมชาติ จนกระทั่งเกิดแรงบันดาลใจในการอยากทำผลิตภัณฑ์ที่เป็นกลุ่มตนเอง โดยเน้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากธรรมชาติ ไม่ใช่สารเคมี เป็นวัสดุที่หาได้จากภายในตัวชุมชน จึงเป็นแบบลายผ้าที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ เน้นเป็นงานฝีมือของผู้สูงอายุ และสามารถนำมาเป็นของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้ใหญ่ หรือนักท่องเที่ยวผู้สูงอายุที่มาเยี่ยมเยือน สามารถสร้างอาชีพ สร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน นอกจากนี้ ในส่วนของบรรจุภัณฑ์ ทางกลุ่มยังให้ความสำคัญกับการใส่ใจสิ่งแวดล้อม โดยมีขนาดบรรจุภัณฑ์ 15 x 20 x 3.5 เซนติเมตร รูปทรง 4 เหลี่ยม สีของบรรจุภัณฑ์ ใช้โทนสีธรรมชาติ สีน้ำตาล ของกล่องกระดาษ และสินค้าด้านในบรรจุภัณฑ์ คือ “ผ้าพันคอ พิมพ์ลายใบไม้”



ภาพที่ 2 รูปแบบการออกแบบบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 3 กิจกรรมการส่งมอบผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุ
ชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาการตลาดท่องเที่ยวสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกสำหรับผู้สูงอายุของชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) จำนวน 276 คน ผลการศึกษามีดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ผลการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 181 คน คิดเป็นร้อยละ 65.6 มีอายุระหว่าง 70-79 ปี สถานภาพสมรส มีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษา และมีรายได้ต่อเดือน ต่ำกว่า 9,000 บาท ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มผู้สูงอายุ

		n=276
เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	95	34.4
หญิง	181	65.6
อายุ	จำนวน	ร้อยละ
60-69 ปี	113	40.9
70-79 ปี	118	42.8
80 ปีขึ้นไป	45	16.3

สถานภาพ	จำนวน	ร้อยละ
โสด	24	8.7
สมรส	180	65.2
หม้าย/หย่าร้าง	55	19.9
แยกกันอยู่	17	6.2
ระดับการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
ประถมศึกษา	160	58.0
มัธยมศึกษา	49	17.8
ต่ำกว่าปริญญาตรี	17	6.2
ปริญญาตรี	33	12.0
สูงกว่าปริญญาตรี	3	1.1
อื่น ๆ	14	5.1
รายได้	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 9,000 บาท	161	58.3
9,001-15,000 บาท	59	21.4
15,001-20,000 บาท	15	5.4
20,001-30,000 บาท	30	10.9
มากกว่า 30,000 บาท	11	4.0

ตอนที่ 2 แนวทางการพัฒนาการตลาดท่องเที่ยวสู่การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สินค้าของผู้สูงอายุ ชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ประกอบด้วย 7 ด้าน ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยมากเป็นอันดับแรกคือ แพ้กเงกของสินค้ามีความสวยงามน่าดึงดูด คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.24 ปัจจัยด้านราคา พบว่า มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเป็นอันดับแรกคือราคาของสินค้ามีความเหมาะสมกับกระบวนการผลิต คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.14 ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่า มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเป็นอันดับแรกคือที่ตั้งของร้านสามารถมองเห็นได้ง่ายและสะดวกต่อผู้ซื้อคิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.16 ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่า ค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือมีช่องทางประชาสัมพันธ์ข้อมูลสินค้าที่หลากหลาย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.21 ปัจจัยด้านบุคคลและพนักงาน พบว่า ค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือพนักงานยิ้มแจ่มใสแต่งกายเรียบร้อยมีใจบริการ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.28 ปัจจัยด้านการสร้างและการนำเสนอลักษณะทางกายภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือป้ายชื่อร้านสามารถมองเห็นได้ง่ายดูดีและน่ามอง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.27 และปัจจัยด้านกระบวนการ พบว่า ค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือ ขนาดของสินค้ามีความสะดวกในการหยิบจับ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.21

สรุปและอภิปรายผล

ผลิตภัณฑ์ “ผ้าพันคอ พิมพ์ลายใบไม้” โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่า ECO Print เน้นวัสดุและสีธรรมชาติที่มีอยู่ในชุมชนโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อสร้างเอกลักษณ์ของชุมชน โดยศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตและส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ ตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตากจังหวัดตากเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดภูมิปัญญา ทั้งนี้เพื่อสร้างอาชีพสร้างรายได้ให้แก่กลุ่มผู้สูงอายุ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ผ้าพันคอพิมพ์ลายใบไม้ที่เน้นโทนสีธรรมชาติเหมาะสำหรับผู้สูงอายุ

1) ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของผู้สูงอายุส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในการที่มีรูปลักษณ์แพ็คเกจที่แสดงออกถึงอัตลักษณ์ชุมชนมีความสวยงามและน่าดึงดูดใจซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑาภรณ์ เลิศไกร และคณะ (2562) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องแกงของกลุ่มผู้สูงอายุบ้านลำพด ตำบลคลองทราย อำเภอนาหวี จังหวัดสงขลา พบว่า แบบบรรจุภัณฑ์ช่วยให้ผลิตภัณฑ์และตราสินค้าโดดเด่น โดยใช้กล่องกระดาษ ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาในด้านอัตลักษณ์เฉพาะอยู่ในระดับมาก และผลตอบรับในเชิงพาณิชย์ของบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาสูงกว่าของบรรจุภัณฑ์เดิม และยังสอดคล้องกับวิจัยของ สุดารัตน์ พิมพ์รัตนกานต์ (2564) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนา

ศักยภาพในการแข่งขัน มูลค่าเพิ่ม และความสามารถในการจัดการนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรมะม่วงเพื่อการส่งออก ในบริบทพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าการสร้างมูลค่าเพิ่มมีความสำคัญและมีผลต่อความสามารถจัดการนวัตกรรมของภูมิปัญญาท้องถิ่นในผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรมะม่วงทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรทราบถึงการสร้างมูลค่าเพิ่ม เพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถให้กับผลิตภัณฑ์ในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์การแปรรูปผลิตภัณฑ์การจัดหาสถานที่จำหน่ายและการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของตลาด และสอดคล้องกับ

2) ปัจจัยด้านราคา จากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับราคาของสินค้ามีความเหมาะสมกับกระบวนการผลิตและวัตถุดิบ และมีความเหมาะสมกับคุณค่าที่ได้รับซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เย็นจิต นาคพุ่ม และคณะ (2562) ได้ศึกษาเรื่อง การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งเสริมการตลาดให้กับธุรกิจบ้านนกแอ่นในจังหวัดกระบี่ พบว่า ความพึงพอใจด้านราคาและความคุ้มค่าของบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งเสริม ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าของบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งเสริมการตลาดอยู่ในระดับความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ราคาที่มีความสมเหตุสมผล รองลงมา ได้แก่ ราคามีความคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป และราคาเหมาะสมกับปริมาณการบรรจุ ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับตรา ตามลำดับ และยังสอดคล้องกับ ลินสุข แสงแก้ว (2564) ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภค ในตลาดนัดหัวมุมเกษตร-นวมินทร์ เขตตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อ มากเป็นอันดับแรกคือ ด้านราคา รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ ด้านการส่งเสริมการตลาด และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ตามลำดับ

3) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย จากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับที่ตั้งของร้านสามารถมองเห็นได้ง่ายและสะดวกต่อผู้ซื้อมากที่สุด และเห็นว่าควรมีการแสดงราคาไว้ที่จุดจำหน่ายสินค้าอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhenru Zhou (2562) ได้กล่าวในบทความวิชาการเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของที่ระลึกของนักท่องเที่ยว ที่สะท้อนให้เห็นว่า ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ท่าเลที่ตั้งอยู่ใน ใจกลางเมืองสะดวก ร้านค้าจัดวางสินค้าเป็นระเบียบเรียบร้อย ร้านค้าอยู่ใกล้แหล่งท่องเที่ยว/ที่พัก ร้านค้ามีหลายสาขา และแสดงราคาสินค้าที่บรรจุภัณฑ์ ราคาสินค้าเป็นธรรม

3) ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด จากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับ มีช่องทางประชาสัมพันธ์ ข้อมูลของสินค้าที่หลากหลายมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤดี เสริมชยุต (2563) ได้กล่าวในบทความวิชาการเรื่อง กลยุทธ์การส่งเสริมการตลาดสำหรับการท่องเที่ยวชุมชนที่สะท้อนให้เห็นว่า การส่งเสริมการตลาดสำหรับท่องเที่ยวชุมชนเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้การท่องเที่ยวชุมชนเป็นที่สนใจแก่นักท่องเที่ยว และสื่อสังคมออนไลน์มีบทบาทต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการ การส่งเสริมการตลาด เป็นการรวมเครื่องมือทั้ง 5 ประเภทเข้าด้วยกัน ได้แก่ การโฆษณา การส่งเสริมการขาย การขายโดยพนักงานขาย การให้ข่าวและประชาสัมพันธ์ และการตลาดทางตรง

4) ปัจจัยด้านบุคคลและพนักงาน จากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับ พนักงานยิ้มแย้มแจ่มใส แต่งกาย เรียบร้อย มีใจบริการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของของ อัญธิกา แก้วศิริ (2560) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้บริการร้านอาหาร บุฟเฟต์ ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการ ด้านพนักงาน ในระดับมาก โดยมีปัจจัยที่มีความสำคัญ 3 ลำดับแรกคือ พนักงานมีความเต็มใจในการให้บริการ รองลงมาคือ พนักงานยิ้มแย้มแจ่มใสและพนักงานให้บริการได้รวดเร็ว

5) พนักงานมีความรู้ในเรื่องของผลิตภัณฑ์ สามารถแนะนำสินค้า และสามารถโน้มน้าวผู้ซื้อให้มาซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยการขายแบบเผชิญหน้าโดยตรงหรือใช้โทรศัพท์ สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤดี เสริมชยุต (2563) พบว่า การให้ข่าวสารและประชาสัมพันธ์ การส่งเสริมการขาย โดยการใช้พนักงานขาย มีความสำคัญในการสื่อสารและยังเป็นเครื่องมือในการปิดการขายและบริหารลูกค้า สร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อนักท่องเที่ยว ที่ต้องการมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ อีกทั้งยังต้องนำเสนอ เน้นย้ำถึงการรักษาสภาพท้องถิ่นดั้งเดิมไว้ให้มากที่สุด

6) ปัจจัยด้านการสร้างและการนำเสนอลักษณะทางกายภาพ จากการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับป้ายชื่อร้านสามารถมองเห็นได้ง่าย ดูดี และน่ามองมากที่สุด ทั้งนี้การวางสินค้าที่เป็นระเบียบ มีพื้นที่ให้เลือกสินค้าเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Kotler and Keller (2016) ได้กล่าวว่าปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence) หมายถึง สิ่งที่ถูกค้าสามารถสัมผัสได้จาก การเลือกใช้สินค้าหรือบริการขององค์กร เป็นการสร้างความแตกต่างอย่างโดดเด่นและมีคุณภาพ เช่น การตกแต่งร้าน การแต่งกายของพนักงานในร้าน การพูดจาต่อลูกค้า การบริการที่รวดเร็ว เป็นต้น

7) ปัจจัยด้านกระบวนการ จากการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับขนาดของสินค้ามีความสะดวกในการหยิบจับ สะดวกในการพกพา และใช้บริการอย่างเป็นมิตร ไม่คดโกงลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑาภรณ์ เลิศไกร และคณะ (2562) สะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องแกงของกลุ่มผู้สูงอายุในด้านของข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับบรรณนิยมของกลุ่มผู้บริโภคและพฤติกรรม การซื้อ ขนาดสัดส่วนของมือในการจับหรือหยิบใช้ การบรรจุผลิตภัณฑ์จัดเรียงให้เป็นระเบียบ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น องค์กรบริหารส่วนตำบล ส่วนท้องถิ่น ตำบลปามะม่วง จังหวัดตาก ควรสนับสนุนในการนำแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ ซึ่งอาจจะผ่านตัวแทนชุมชน กรรมการชุมชน หรือโรงเรียนในชุมชน ไปสู่การปฏิบัติกับผู้สูงอายุที่อาศัยในชุมชนหรือท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยจนสำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กัลยารัตน์ คุณชมพู่. (2554). การสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องตำบลทาบลาตุด อำเภอมะนัง จังหวัดลำพูน. รายงานการศึกษาอิสระปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่นมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- กำธร แจ่มจำรัส, นันทินีเอิบอิม, ญาณิศา เผื่อนเพาะ และ ฤดีเสริมชยุต. (2565). การยกระดับและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกของแหล่งท่องเที่ยวสัมผัสสสเสนห์วิถีชีวิตเมืองกรุงเก่า จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารศิลปการจัดการ, 6(3), 1585-1603.
- จุฑาภรณ์ เลิศไกร จิราภรณ์ ถมแก้ว และกาญจนา แก้วทอง. (2562). การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องแกงของกลุ่มผู้สูงอายุ บ้านท่าปด ตำบลคลองทราย อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา. [from/https://www.repository.rmutsv.ac.th/handle/123456789/3176](https://www.repository.rmutsv.ac.th/handle/123456789/3176)
- ทวี วัชรเกียรติศักดิ์.(2558).ระเบียบวิธีวิจัยทางธุรกิจ.นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ธเนศ ศรีวิชัยลำพันธ์. (2554). การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน.เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). 2565. สถานการณ์ของผู้สูงอายุไทย พ.ศ.2564. นครปฐม:วารสารวิชาการ. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ฤดี เสริมชยุต. (2563). กลยุทธ์การส่งเสริมการตลาดสำหรับการท่องเที่ยวชุมชน. วารสารสังคมวิจัยและพัฒนา, 2(4), 51-61.
- เย็นจิต นาคพุ่ม และคณะ. (2562).การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งเสริมการตลาดให้กับธุรกิจบ้านนกแอ่นในจังหวัดกระบี่. ระบบสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- วิทยา เลิศพนาสิน. (2564). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการ (7P's) ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชัน AliExpress ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม.
- วชิรวัชร งามละม่อม. (2559). ทฤษฎีการมีส่วนร่วม. นวัตกรรมและนักวิจัย สถาบัน TDRM, 3.
- สินสุข แสงแก้ว (2564) .ปัจจัยที่มีต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคในตลาดนัดหัวมุมเกษตร-นวมินทร์ เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร.การค้นคว้าอิสระหลักสูตรศิลปศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารจัดการองค์การ คณะศิลปศาสตร มหาวิทยาลัยเกริก
- สุดารัตน์ พิมลรัตนกานต์. (2564). การเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน มูลค่าเพิ่ม และความสามารถในการจัดการนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรมะม่วง เพื่อการส่งออกในบริบทพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา.นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). การคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2583 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

- สำนักงานสถิติจังหวัดตาก. (2564). สรุปสถานการณ์ด้านสังคม: ผู้สูงอายุ. from/https://tak.nso.go.th/?view=article&id=94:summary-of-the-social-situation-the-elderly&catid=2
- องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง. (2564). ผู้สูงอายุชุมชนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก. ตาก : องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง
- อัญชิกา แก้วศิริ. (2560). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการที่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้บริการร้านอาหารบุฟเฟต์ของผู้บริโภคในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. from/http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/1506
- Kotler, Philip and Keller Kelvin Lane. (2016). Marketing Management. (15th global edition) Edinburgh: Pearson Education. (679 pp).
- The Digital Tips. (7 ตุลาคม 2565). 7P (Marketing Mix) คืออะไร พร้อมยกตัวอย่างสินค้า . from/https://thedigitaltips.com/blog/marketing/7p/
- Yamane, T. (1960). Elementary Sampling Theory. USA: Prentice.
- Zhenru Zhou. (2562). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของที่ระลึกของนักท่องเที่ยว ชาวจีนแบบอิสระ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้

แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรม ในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

เกดศิริ ชมภูภาวิน^{1*} และ วิวัฒน์โชติกร เรืองจันทร์²

¹ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*kedsiri@rmutl.ac.th, 093-9159562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและศักยภาพของชุมชน ต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ 2) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้การวิจัยแบบผสมวิธี วิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มเป้าหมายคือ ผู้นำชุมชน จำนวน 40 คน เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถาม และการอบรมเชิงปฏิบัติการ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนวิจัยเชิงคุณภาพมีผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้คือ การสัมภาษณ์เชิงลึกประมวลผลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผู้นำชุมชน จำนวน 40 คน ประเมินศักยภาพของชุมชนต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.58$) ชุมชนต้องการมีส่วนร่วมต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.80$) ชุมชนมีความรู้ความเข้าใจต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชน ($\bar{X}=4.20$) ซึ่งเป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงน้อยที่สุด ชุมชนได้ร่วมกันออกแบบเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมโดยแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลักได้แก่ 1) ชมสถานที่ทางประวัติศาสตร์ได้แก่ 2) ชิมอาหารพื้นบ้าน และ 2) ซอป ของที่ระลึก ผลจากการสัมภาษณ์พบว่าการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีศักยภาพในด้านความเป็นแหล่งโบราณสถานวิถีวัฒนธรรมท้องถิ่น อาหารพื้นบ้าน และขนบธรรมเนียมประเพณีท้องถิ่น

คำสำคัญ : การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม, ชุมชนวัฒนธรรม ,แบบมีส่วนร่วม

The Guideline for Cultural Tourism Management with Cultural Communities Participation in Chom Thong District, Chiang Mai

Kerdsiri Chomphookarwin^{1*} and Wiwatchotikorn Reangchan²

¹Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Keaw Road, Chang Phueak, Mueang ,Chiang Mai 50300

²Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Keaw Road, Chang Phueak, Mueang ,Chiang Mai 50300

*kerdsiri@rmutl.ac.th, 093-9159562

Abstract

The purposes of this research were to 1) explore the cultural potential of the community in the Chom Thong District, Chiang Mai and 2) study the guidelines for managing cultural tourism in the community in the Chom Thong District, Chiang Mai. A mixed-method approach was used. For the quantitative research; the target group was 40 community leaders. This was a purposive sampling. The tools used were questionnaires and workshops. For the qualitative research; data were collected from 12 key informants using in-depth interviews. Statistics used in data analysis were the percentage, mean, standard deviation, and content analysis.

The study found that the community's potential for becoming a cultural tourism destination was rated the highest ($\bar{x}=4.58$).The community collaboratively designed three main cultural tourism activities: 1) visiting historical sites, 2) tasting local food, and 3) shopping for souvenirs. The interviews indicated that cultural tourism management in Chom Thong District, Chiang Mai showed potential in preserving archaeological sites, local cultural way, traditional cuisine, and local cultural ways.

Keywords: cultural tourism, cultural communities, participation

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นเมืองท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั่วโลกโดยประเทศไทยติดอันดับ 1 ประเทศที่น่าเยี่ยมชมที่สุดในปี 2024 (World's Best Countries To Visit In Your Lifetime, 2024) จาก 67 ประเทศทั่วโลก จากข้อมูลในฐานเศรษฐกิจ ระบุว่าประเทศไทยประกอบด้วยหลากหลาย เช่น วัฒวอาราม, ศิลปะและวัฒนธรรมที่มีชีวิตชีวา, อาหารอร่อย, แม่น้ำลาคคลองที่คดเคี้ยวสวยงาม ดังนั้น การจัดอันดับในครั้งนี้ถือเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่พิสูจน์ได้ว่า ประเทศไทยมีแนวนโยบายสนับสนุนศักยภาพ การท่องเที่ยวที่เหมาะสม ส่งเสริมความพร้อมในการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้ไทยเป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยว (Tourism Hub) ในระดับโลกต่อไป นอกจากนี้ข้อมูลจากกองเศรษฐกิจการท่องเที่ยว และกีฬาเผยถึงอันดับจังหวัดที่มีจำนวนนักท่องเที่ยวเยี่ยมชมมากที่สุดในปี 2566 ซึ่งกรุงเทพมหานคร เป็นจังหวัดที่มีนักท่องเที่ยวเยี่ยมชมมากที่สุดในปี มีชาวต่างชาติ 25,793,185 คน รองลงมาคือ ชลบุรี (พัทยา) 9,545,864 คน ภูเก็ต 8,376,464 คน สุราษฎร์ธานี (เกาะสมุย) 3,011,353 คน และเชียงใหม่ 2,922,701 คน (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์)

ประเพณี วัฒนธรรมในประเทศไทยมีความเป็นเอกลักษณ์ของชาติสืบสานต่อกันมาจากรุ่นสู่รุ่น มีความน่าดึงดูดใจ นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีทรัพยากรธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์และสวยงาม ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ประเทศไทยเป็นแหล่งดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งในประเทศ และ ต่างประเทศได้เป็นอย่างดี ทำให้อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง นับได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมหลักที่จะสร้างรายได้ ให้กับประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการสร้างความเข้มแข็งทางสังคม และการยกระดับชุมชนในสามารถเป็นกลไกในการสร้างรายได้ใหม่ ๆ ให้กับชุมชนในท้องถิ่น ในแง่ของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีบทบาทสำคัญในการสร้างรายได้ ช่วยส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจให้ยั่งยืน ทั้งยังช่วยสนับสนุนการท่องเที่ยวในพื้นที่ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ ทางวัฒนธรรม เช่น สถานที่ทางประวัติศาสตร์ ศิลปะและวัฒนธรรมพื้นเมือง อันจะช่วยเสริมสร้างรายได้ให้กับชุมชนในพื้นที่ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ โดยยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว เชิงสร้างสรรค์และวัฒนธรรมเป็นหนึ่งในประเด็นการท่องเที่ยว 6 ยุทธศาสตร์

จังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่ประมาณ 12.57 ล้านไร่ ซึ่งมีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 1 ของภาคเหนือ และเป็นอันดับ 2 ของประเทศ มีสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความหลากหลายทั้งทางธรรมชาติ และวัฒนธรรม รวมทั้ง มีศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญา ประเพณี ประวัติศาสตร์ที่มีเอกลักษณ์แบบล้านนา ทั้งนี้ แผนพัฒนาจังหวัดเชียงใหม่ มีแนวทางในการบูรณาการความร่วมมือ ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชนและประชาสังคม เพื่อสนับสนุน ให้จังหวัดเชียงใหม่เป็น “นครแห่งชีวิตและความมั่งคั่ง” (City of Life and Prosperity) มุ่งไปสู่การเป็นเมือง ที่ให้ความสุขและชีวิตที่มีคุณค่าแก่ผู้อยู่อาศัยและผู้มาเยือนในฐานะเมืองที่น่าอยู่และน่าท่องเที่ยวในระดับโลก เชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ในการพัฒนาประเทศ ไปสู่ความ “มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” ต่อไป

อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่เป็นอำเภอขนาดใหญ่ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ มีทรัพยากรธรรมชาติอุดมสมบูรณ์สวยงาม มีประเพณีวัฒนธรรมที่งดงาม มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ คำขวัญประจำอำเภอคือ "อินทนนท์สูงเด่น ร่มเย็นองค์พระธาตุ น้ำตกสวยสะอาด เชิดชูศาสน์แม่ไม้คำโพธิ์" ในแต่ละปีมีนักท่องเที่ยวเดินทางมาเยือนเกือบ 2 ล้านคน นับได้ว่าเป็นเมืองท่องเที่ยวสำคัญเมืองหนึ่งของจังหวัดเชียงใหม่ แหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงคือ ดอยอินทนนท์ วัดพระธาตุดศรีจอมทองวรวิหาร รวมถึงประเพณีแม่ไม้คำโพธิ์ในช่วงสงกรานต์

พื้นที่ชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีความน่าสนใจและมีตำนานพื้นบ้านจากการบอกเล่าจากรุ่นสู่รุ่น มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ จากการสำรวจพบว่ายังไม่มีการบริหารจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมมากเท่าที่ควร บางแห่งยังไม่ได้รับการส่งเสริมยกระดับให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง เช่น วัดน้ำบ่อแฝด วัดสันไถ่แก้ว วัดพระเกิด เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการหาแนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรม ทั้งนี้ นักวิจัยมีความจำเป็นในการศึกษาถึงศักยภาพของชุมชน เพื่อจะได้นำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์ให้ได้แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรม อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ส่งเสริมให้มีศักยภาพรองรับการท่องเที่ยว รวมถึงการสืบสานถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยให้ชุมชนในท้องถิ่นมีส่วนร่วมต่อการจัดการการท่องเที่ยวด้วยเพื่อนำไปสู่การท่องเที่ยว อย่างยั่งยืน



วัดน้ำบ่อแฝด



เจดีย์วัดน้ำดอง

รูปที่ 1 สถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในพื้นที่ อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

- 1.) เพื่อศึกษาการจัดการการท่องเที่ยว เชิงวัฒนธรรมและศักยภาพของชุมชน ต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยว เชิงวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่
- 2.) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับการท่องเที่ยว

การท่องเที่ยว (Tourism) เป็นคำที่มีความหมายกว้างขวางหมายถึงการพักผ่อนหย่อนใจ ความสนุกสนานบันเทิง เรียงรมย์ รวมไปถึงการเดินทางเพื่อการประชุมสัมมนาเพื่อการศึกษาหาความรู้ เพื่อการกีฬา ตลอดจนการเยี่ยมญาติที่นับได้ว่าเป็นการท่องเที่ยวด้วยเช่นกัน ในทัศนะของ Lumsdon (1999) การท่องเที่ยว หมายถึงกิจกรรมต่างๆ ที่ติดต่อและสัมพันธ์กับกิจกรรมของบุคคล โดยสามารถเกิดขึ้นจากการที่เดินทางจาก ที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการติดต่อธุรกิจ หรือการพักผ่อน มุ่งประกอบพื้นฐานของการเดินทางและการท่องเที่ยวคือกระบวนการแลกเปลี่ยนทางสังคมเศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนา (2557) ได้ให้ความหมาย การท่องเที่ยวคือ การเดินทางเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจความสนุกสนานเพลิดเพลิน การศึกษา ศาสนา กีฬา เยี่ยมญาติมิตร ติดต่อธุรกิจการประชุมสัมมนา เป็นต้น โดยเป็นการเดินทางชั่วคราวด้วยความสมัครใจ มีใช้ลูกบั้งคับหรือเพื่อสินจ้าง

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า การท่องเที่ยว หมายถึง การเดินทางจากแหล่งที่อยู่อาศัยถาวร ไปยังแหล่งที่อยู่อาศัยชั่วคราวที่มีการพักแรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อไปพักผ่อนหย่อนใจ หรือศึกษาหาความรู้ตามแหล่งท่องเที่ยวโดยไม่มีแสวงหา มิใช่การถูกบังคับให้เกิดการเดินทางเพื่อวัตถุประสงค์อื่นที่เป็นการเดินทางเพื่อประกอบอาชีพหรือการเดินทางโดยตั้งใจไปตั้งถิ่นฐานถาวร

แนวคิดเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการท่องเที่ยวเชิงชาติพันธุ์ของมนุษย์ เป็นการท่องเที่ยวที่ทำให้นักท่องเที่ยวมีโอกาสได้สัมผัสกับวัฒนธรรมที่แท้จริงของชนชาติต่างๆ อย่างใกล้ชิด (Greenwood,1982) ส่วน Pigram (1993) กล่าวว่า การเข้าใจอย่างถ่องแท้ในเรื่องของความแตกต่างในด้านวิถีชีวิต การแลกเปลี่ยนความรู้ และความคิดซึ่งกันและกันเป็นสิ่งที่มุ่งใจที่สำคัญของการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ในขณะที่ Reisinger (1999) ระบุว่า การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเป็นแสวงหาประสบการณ์มีส่วนร่วมในวัฒนธรรมใหม่ๆ ทั้งเรื่องของความงาม สติปัญญา อารมณ์และจิตใจเป็นการท่องเที่ยวที่เน้นความสนใจพิเศษในการสืบค้น

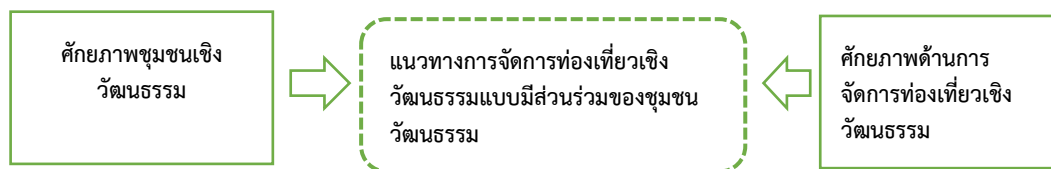
ดังนั้นกล่าวได้ว่าการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมคือ การท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ ชื่นชมแหล่งโบราณวัตถุ ชมงานเทศกาล สถานที่สำคัญทางศาสนาประเพณีต่าง ๆ ศึกษาความเชื่อ รวมถึงวิถีชีวิตขนบและอภิปรัชญาของประชาชนในท้องถิ่น โดยการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมต้องมีความรับผิดชอบ และมีจิตสำนึกในการรักษามรดกทางวัฒนธรรม

แนวคิดการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน

แนวคิดการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน เน้นให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมกำหนดทิศทางการพัฒนาชุมชนเป็นเจ้าของทรัพยากรและเป็นผู้มีส่วนได้เสีย โดยการนำเอาทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาจัดการท่องเที่ยวอย่างเหมาะสม การพัฒนาศักยภาพของคนในชุมชนให้มีความรู้ความสามารถ การวางแผนการดำเนินงาน การสรุปบทเรียน การตัดสินใจ เน้นให้เกิดความยั่งยืน เกิดประโยชน์ต่อชุมชน โดยมีองค์ประกอบ คือ 1) องค์ประกอบด้านพื้นที่ 2) องค์ประกอบด้านการจัดการท่องเที่ยวที่มีความรับผิดชอบ3)องค์ประกอบด้านกิจกรรมและกระบวนการเป็นการท่องเที่ยวที่มีความตระหนักและจิตสำนึกที่ถูกต้อง และ 4) องค์ประกอบด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและท้องถิ่นในการคิดการวางแผน รับผิดชอบต่อสังคม ติดตามตรวจสอบและอนุรักษ์ทรัพยากรท่องเที่ยว (วรภาพ วงศ์รอด,2557)

การมีส่วนร่วมของชุมชนนั้นส่วนใหญ่เป็นเป้าหมายของทุกๆ ชุมชนที่ต้องการให้คนในชุมชนร่วมมือกันในการพัฒนาชุมชนด้านการจัดการท่องเที่ยวโดยมีการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม ตระหนักถึงคุณค่า สร้างจิตสำนึกการจัดการทุนและทรัพยากรในชุมชน การสืบสานวัฒนธรรมประเพณี และภูมิปัญญาท้องถิ่น กิจกรรมเรียนรู้การจัดการวัฒนธรรมเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว ให้การมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

การศึกษาครั้งนี้เพื่อแนวทางให้ได้มาซึ่งแนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วม ของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ จากแนวคิดและทฤษฎีที่กล่าวข้างต้น จึงได้พัฒนาเป็นกรอบแนวคิดงานวิจัย ดังนี้



รูปที่ 2 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-method research) ประกอบด้วยการวิจัย 2 รูปแบบคือ การวิจัยเชิงปริมาณ(Quantitative Research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research)และใช้เทคนิควิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม พื้นที่การศึกษาผู้วิจัยใช้พื้นที่การวิจัยคือ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย การวิจัยเชิงปริมาณ คือผู้นำชุมชน จำนวน 40 คน เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยให้ตรงตามหลักเกณฑ์หรือจุดมุ่งหมายของผู้วิจัย ส่วนวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง โดยใช้เกณฑ์พิจารณาคุณสมบัติผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อำเภอจอมทอง และมีความรู้ สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย จำนวน 12 คน แบ่งออกเป็น 1) ตัวแทนจากองค์กรส่วนปกครองท้องถิ่น 7 แห่ง จำนวน 7 คน 2) ผู้ประกอบการในอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3 คน 3) วิชากิจชุมชนใน อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2 คน

เครื่องมือการวิจัย วิจัยเชิงปริมาณ มีเครื่องมือคือแบบสอบถาม(Research Questionnaire) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายปิด (Closed-end Question) มีคำตอบให้เลือกตอบ (Multiple Choices) วัดค่าความเที่ยงโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แบ่งทั้งหมด 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ตอนที่ 2 ข้อมูลการประเมินศักยภาพของชุมชนต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมประเภทของคำถามเป็นแบบมาตราส่วน Likert Scale (ณัฐวุฒิ วิเศษ, 2561) โดยให้เลือกตอบเพียงคำตอบเดียว คำตอบแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด การประมาณค่า 5 ช่อง กำหนดดังนี้คือ 4.50-5.00 มากที่สุด, 3.50-4.49 มาก, 2.50-3.49 ปานกลาง, 1.50-2.49 น้อยที่สุด และตอนที่ 3 ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

วิจัยเชิงคุณภาพ ใช้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (Informal Interview) มีเครื่องมือคือการสัมภาษณ์เชิงลึก(In-depth Interview) โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-interview Structured) ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับกรอบแนวคิดและวัตถุประสงค์ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล วิจัยเชิงปริมาณ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล และใช้สถิติ คือ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) วิจัยเชิงคุณภาพ โดยการประมวลผลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ขึ้นเตรียมความพร้อม สักเคราะห์เอกสาร งานวิจัย ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านประเมินค่าความเที่ยงโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 2) ขึ้นค้นหาศักยภาพและแนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบชุมชนมีส่วนร่วม โดยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม การออกแบบเส้นทางท่องเที่ยวโดยชุมชนและ 3) ขึ้นประเมินผลโดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามนำไปประมวลผล นำเสนอผลการศึกษาด้วยตารางและอธิบายเพิ่มเติม

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาเรื่องแนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ด้านวิจัยเชิงปริมาณ จากข้อมูลการตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 1 พบว่าเพศหญิงตอบแบบสอบถามมากที่สุด จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีอายุระหว่าง อายุระหว่าง 31-40 ปี มีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5 ผู้ อายุระหว่าง 41-50 ปี มีจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 อายุ 51 ปี ขึ้นไป มีจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 ผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีระดับการศึกษาประถมศึกษา 13 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีจำนวน 8 คน คิดเป็น ร้อยละ 20 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 35 ระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูงมีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 และระดับปริญญาตรีมีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีอาชีพค้าขายจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 50 มีอาชีพรับจ้างจำนวน 10 คนคิดเป็นร้อยละ 25 ทำธุรกิจส่วนตัวมีจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.50 มีอาชีพเกษตรกร 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15 และข้าราชการบำนาญ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 ในด้านของรายได้ ผู้มีรายได้ต่อเดือน ต่ำกว่า 10,000 บาท มีจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 52.50 มีรายได้ระหว่าง 10,000-20,000 บาทมีจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 42.50 มีรายได้ระหว่าง 20,001-30,000 บาท 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5 ในด้านของประสบการณ์ในการอบรมเกี่ยวกับการนำเที่ยวมี เคยรับการอบรมจำนวน 17 คน คิดเป็น ร้อยละ 42.50 มีความสนใจเกี่ยวกับการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรม 38 คน คิดเป็นร้อยละ 95 การแพร่ระบาดของโควิด 19 ทำให้การดำรงชีวิตเปลี่ยนไป เห็นด้วย 36 คน คิดเป็นร้อยละ 90 มีความเห็นเฉย ๆ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10 คิดว่าการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนเป็นเรื่องที่ทำได้ 39 คนคิดเป็นร้อยละ 97.50 การนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมหลังการแพร่ระบาดของโควิด 19 จะทำให้ชุมชนมีรายได้สูงขึ้น 40 คน ร้อยละ 100

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินศักยภาพของชุมชนต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

ประเด็นการประเมิน	Mean	SD	แปรผล
ท่านเห็นคุณค่าของพื้นที่ต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม	4.58	0.59	มากที่สุด
ท่านมีความต้องการให้แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนของท่านได้รับการพัฒนา	4.70	0.46	มากที่สุด
ท่านมีความต้องการให้พื้นที่ในชุมชนของท่านได้รับการยกย่องให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม	4.48	0.51	มาก
ท่านมีความพร้อมให้การสนับสนุนต่อการเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม	4.70	0.46	มากที่สุด
ท่านต้องการมีส่วนร่วมต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชน	4.80	0.41	มากที่สุด
ท่านมีความรู้ความเข้าใจต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชน	4.20	0.77	มาก
รวม	4.58	0.13	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การประเมินศักยภาพการประเมินศักยภาพของชุมชนต่อการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.58$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ระดับคะแนนในอยู่ในระดับมากที่สุดเหมือนกัน โดยเฉพาะข้อที่ 5 ท่านต้องการมีส่วนร่วมต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.80$) ซึ่งเป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงมากที่สุด และมีจำนวน 2 ข้อ ที่มีระดับ 7 คะแนนมาก คือ ข้อ 3 และข้อ 6 ท่านมีความรู้ความเข้าใจต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชน ($\bar{X}=4.20$) ซึ่งเป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงน้อยที่สุด

ด้านวิจัยเชิงคุณภาพ ผลจากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อำเภอจอมทอง จำนวน 12 คน พบว่าการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีศักยภาพในด้านความเป็นแหล่งโบราณสถาน วิถีวัฒนธรรมท้องถิ่น อาหารพื้นบ้านขนบธรรมเนียมประเพณีท้องถิ่น ศูนย์เรียนรู้วัฒนธรรมท้องถิ่น ในส่วนของภูมิปัญญาท้องถิ่น มีการรวมกลุ่มอาชีพเสริมเพื่อสร้างรายได้ เช่นการจักสาน การแปรรูปอาหาร มีประเพณีที่เป็นเอกลักษณ์ได้แก่ ประเพณีแห่ไม้ค้ำโพธิ์ ประเพณีสงกรานต์พระพุทธรูป ประเพณีตานข้าวใหม่ ประเพณีจุดประทีปพันดวง งานไหว้สาเจ้าพ่ออินทนนท์ และในช่วงเทศกาลมีการจัดเวรยามเพื่อเฝ้าระวังภัย

จากการอบรมเชิงปฏิบัติการ ผู้นำชุมชนได้มีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมได้ 3 กิจกรรมได้แก่ 1) ชมสถานที่ทางประวัติศาสตร์ได้แก่ วัดพระธาตุศรีจอมทองวรวิหาร วัดน้ำตอง วัดน้ำบ่อแฝด วัดสันไถ่แก้ว วัดพระเกิด 2) ชิมอาหารพื้นบ้าน เช่น ลาบปลา น้ำพริกน้ำปู น้ำพริก ตาแดง แกงฮังเล แกงโฮะ แกงผักหวานป่าใส่ไข่มดแดง และ3) ซอปป ของที่ระลึกได้แก่ ผลิตภัณฑ์ผ้าทอ ผลิตภัณฑ์จักสานจากไม้ไผ่ เป็นต้น



รูปที่ 2 กิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการร่วมกันวางแผนการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมโดยชุมชน

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาเรื่องแนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ได้พบประเด็นที่น่ามาอภิปรายผลให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้คือ

ด้านศักยภาพของชุมชนในการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้นำชุมชนทั้งหมดเป็นเพศหญิง มีอายุตั้งแต่ 31 ปี ขึ้นไป ระดับการศึกษาสูงสุดคือปริญญาตรี ส่วนใหญ่มีอาชีพค้าขาย รายได้ มีรายได้ระหว่าง 10,000-20,000 บาท และมีความสนใจเกี่ยวกับการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เนื่องจาก การแพร่ระบาดของโควิด 19 ทำให้การดำรงชีวิตเปลี่ยนไป จึงคิดว่า การนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมหลังการแพร่ระบาดของโควิด 19 จะทำให้ชุมชน มีรายได้สูงขึ้น และคิดว่าการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนเป็นเรื่องที่ทำได้ โดยส่วนใหญ่ต้องการมีส่วนร่วม ต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชน และมีความพร้อมที่จะให้การสนับสนุน นอกจากนี้ยังมีความต้องการ ให้แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนได้รับการพัฒนา และต้องการได้รับการส่งเสริมให้ความรู้ความเข้าใจต่อการนำเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนให้มากขึ้น ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้นำชุมชนได้แสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในการออกแบบเส้นทางเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนได้เป็นอย่างดี

ด้านแนวทางการจัดการการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมชุมชนในพื้นที่อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ชุมชนได้วางแผนแนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชน โดยแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลักได้แก่ 1) ชมสถานที่ท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์พร้อมเล่าตำนาน ซึ่งอาจจะถูกลิ้มเลียนไปหากไม่ได้มีการเล่าขานสู่รุ่นหลัง การเที่ยวชมสถานที่พร้อมกับการฟังตำนานจะช่วยสร้างความประทับใจและดึงดูดนักท่องเที่ยวให้มาเยี่ยมชม 2) ชิม ได้แก่ ชิมอาหารพื้นบ้านที่ชุมชนมีความภูมิใจที่จะนำเสนอเป็นอาหาร

ประจำถิ่น เช่น ลาบปลา แกงขาวอ่อนดารา(แกงหยวกกล้วย) ส้าสูง (ย้ายอดมะม่วง) ทั้งนี้การตั้งชื่อเมนูก็เป็น สิ่งดึงดูดใจให้นักท่องเที่ยวด้วยเช่นกัน 3) ซ้อป ได้แก่ การซื้อของฝากที่เป็นผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น เช่น ผ้าทอ เครื่องจักสาน ทั้งนี้ ประภาพรและศศิธร(2564) ได้ระบุว่า การตั้งราคาสินค้าบางประเภทไม่สามารถสะท้อนต้นทุนที่แท้จริง ทำให้ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว นับได้ว่าเป็นจุดอ่อน (weakness) ในด้านการจัดการ ดังนั้นชุมชนควรได้รับการเรียนรู้วิธีการจัดตั้งราคาขายของสินค้าที่เหมาะสมด้วยเช่นกัน ประภาส (2564) ได้ให้ความเห็นว่าเทศบาลรวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้การสนับสนุนด้านการจัดทำสื่อโฆษณา ประชาสัมพันธ์แก่นักท่องเที่ยวและมีแกนนำคอยอำนวยความสะดวกต่อการเดินทางเข้าถึงยังแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

ข้อเสนอแนะที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดทำยุทธศาสตร์ในการจัดการท่องเที่ยวเชิงต่างๆตามบริบทของพื้นที่เพื่อช่วยยกระดับขีดความสามารถของการเป็นแหล่งท่องเที่ยว
2. ควรมีการศึกษาและจัดทำหลักสูตรเกี่ยวกับการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม และภูมิปัญญาให้แก่เยาวชนรุ่นหลัง เพื่อเป็นการอนุรักษ์ และสืบทอดศิลปวัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่นต่อไป
3. ควรมีการคำนึงถึงกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากการท่องเที่ยวให้มีส่วนร่วมในการนำเสนอแนวคิดการพัฒนาการท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของนักท่องเที่ยว กลุ่มเป้าหมายของพื้นที่ท่องเที่ยว ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัย ประเภททุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ 2567 จาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและขอขอบคุณตัวแทนจากองค์กร ส่วนปกครองท้องถิ่น กลุ่มผู้ประกอบการภาคเอกชน และผู้นำชุมชน อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามและเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการทำให้การศึกษานี้ผ่านไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

ฐานเศรษฐกิจ. สืบค้น 10 พ.ค. จาก <https://www.thansettakij.com/business/tourism/594645>
 ณัฐภูมิ วิเศษ.(2561). *ทัศนคติและความพร้อมของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมด้านการส่งออกจังหวัดนนทบุรีในการเข้าสู่ตลาดอาเซียน*. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี 12(28), 150-162

บุญเลิศ จิตตั้งวัฒนาและเพ็ญศิริ ศรีคำภา (2557). พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี บริษัท ธรรมสาร จำกัด.

ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. สืบค้น 10 พ.ค. จาก <https://www.prachachat.net/general/news-1564735>
 ประภาพร ยางประยงค์,ศศิธร สุวรรณรัตน์. (2564).*การศึกษาศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม:กรณีย่านเมืองเก่า จังหวัดสงขลา*.Journal of Science and Humanities Research in Asia.ปีที่ 27 ฉบับที่ 3 ก.ย-ต.ค 2564

ประภาส อินทนู.(2564) *แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมชุมชนวัดเกาะ ตำบลท่าราบ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี*. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา. มหาวิทยาลัยเพชรบุรี

วรภพ วงศ์รอด.(2557). *แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนวัฒนธรรมในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์*.วารสารวิชาการวิจัยสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Greenwood, William T. (1982). *Management and Organizational Behavior Theories: An Interdisciplinary Approach*. South-Western: University of Michigan.

Lumsdon,L.(1999). *Motivation and Personality*. Bangkok: Expernet.

Pigram, J. (1993). *Planning for tourism in rural areas: bridging the policy implementation gap*.

In Pearce and Butler (Eds.), *Tourism Reach: Critiques and Challenges*. London:
Routledge.

Reisinger, Y. (1999). Tourists-Host contact as a part of cultural tourism. *World Leisure
and Recreation*, 36 (summer), 24-28.

แนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศทางการบัญชีสำหรับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง กรณีศึกษา กองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ธันวารินทร์ ติะเสารั^{1*} ปฐมชัย กรเลิศ² อติศักดิ์ ฝนท่าแก้ว³

^{1,2,3} สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*thunwarin.t@mutl.ac.th, 081 030 4612

บทคัดย่อ

การวิจัยแนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศทางการบัญชีสำหรับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง กรณีศึกษากองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดำเนินงานและพัฒนาสารสนเทศทางการบัญชีของกองทุนหมู่บ้าน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก ประธาน รองประธาน และผู้มีหน้าที่ด้านบัญชีของกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ จำนวน 3 คนโดยใช้เครื่องมือคือแบบสัมภาษณ์เชิงลึก และนำข้อมูลมาวิเคราะห์รูปแบบและอธิบายเชิงพรรณนาผลการวิจัยพบว่าการทำงานของกองทุนฯ ประกอบไปด้วย 3 ระบบงาน 1.ระบบการรับเข้าสมาชิก 2. ระบบการจ่ายเงิน และ 3. ระบบการรับเงิน ซึ่งพบปัญหาที่โปรแกรมสเปรดชีต คือ การนำเข้าข้อมูลสมาชิก และความซับซ้อนในการแยกงวดเดือน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำพิมพ์เขียวของธุรกิจ (Business Blueprint) ที่สอดคล้องกระบวนการทำงานและปัญหาของกองทุนฯ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศทางการบัญชีสำหรับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง

คำสำคัญ ระบบสารสนเทศทางการบัญชี ระบบการบริหารจัดการ กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง

Guidelines for Developing Accounting Information System for Village and Urban Communities Funds: A Case Study of Ban Mai Lang Mo Suthep sub-district, Mueang district, Chiang Mai province.

Thunwarin Tasao^{1*} Pathomchai Kornlert² Adisak Fonhakaew³

^{1,2,3} Accounting, Faculty of Business Administration and Liberal Arts
Rajamangala University of Technology Lanna,
128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang District, Chiang Mai Province 50300

*thunwarin.t@rmutl.ac.th , 081 030 4612

Abstract

Research on guidelines for developing an accounting information system for village and urban Communities funds: A Case Study of Ban Mai Lang Mo Suthep sub-district, Mueang district, Chiang Mai province aims to study and develop the accounting information system. The data was collected from interviews with the president, vice president, and accountant of funds. The tool used an in-depth interview, and then the data was analyzed for descriptive explanations. The results found that the work of the fund consisted of three modules. 1. member recruitment module; 2. payment module and 3. receiving module. There were problems in the Microsoft Excel program, namely importing member data and the complexity of separating monthly periods. Therefore, the researcher has prepared a Business Blueprint that is consistent with the fund's work processes and problems. This will be used as a guideline for developing accounting information systems for village and urban community funds.

Keywords: Accounting Information System, Management system, Village and Urban Communities Funds

1. บทนำ

กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง จัดตั้งขึ้นเพื่อให้ประชาชนภายในชุมชน ได้ดำเนินงานมาตั้งแต่ปี 2544 ซึ่งเป็นเงินนอกงบประมาณของรัฐบาล โดยการดำเนินงานของกองทุนหมู่บ้านและชุมชน ต้องปฏิบัติตามคู่มือกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ที่กำหนดโดยสำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ และคู่มือการตรวจสอบบัญชีกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ซึ่งกำหนดโดยกรมตรวจบัญชีสหกรณ์ (ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้าน และชุมชนเมืองแห่งชาติ, 2544) โดยในระบบกองทุนหมู่บ้านมีเงินทุนหมุนเวียนที่ 151,565.82 ล้านบาท มีกองทุนจำนวนทั้งสิ้น 79,610 กองทุนทั่วประเทศ (สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ, 2564) ในปี 2556 พบว่าประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เนื่องจากมีปัญหา ด้านกระบวนการ (Process) กล่าวคือไม่มีระบบที่ช่วยในการบริหารจัดการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงมีจุดอ่อนด้านการจัดทำเอกสารด้านการเงินและบัญชีไม่เป็นไปตามมาตรฐาน และการรายงานงบการเงินไม่เป็นไปตามรูปแบบเดียวกัน (ศิริขวัญ วิเชียรพลิศ, 2559)

จากรายงานของสำนักงานกองทุนหมู่บ้านที่พบว่า กองทุนหมู่บ้านทั่วประเทศไม่มีระบบสารสนเทศทางบัญชีที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทำให้กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองไม่สามารถบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้สำนักงานงบประมาณได้ให้ความเห็นว่าการทำให้กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองเกิดความเข้มแข็งอย่างยั่งยืนควรดำเนินการ 1) การบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองต้องเป็นไปในมาตรฐานเดียวกันและมาตรฐานการรายงานอันเดียวกัน 2) ต้องมีการกำหนดแนวทางในการจัดการหนี้สินคงค้าง เพื่อไม่ให้เกิดหนี้ที่ชำระคืนไม่ได้ 3) ปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับกองทุนหมู่บ้าน 4) สนับสนุนการพัฒนาศักยภาพเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านเพื่อสร้างการเรียนรู้รวมถึงการขับเคลื่อนกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการเปลี่ยนถ่ายองค์ความรู้ แนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) และเทคโนโลยี (ศิริขวัญ วิเชียรพลิศ, 2559) ทั้งนี้การดำเนินงานของแต่ละกลุ่มจะแตกต่างกันไปตามขนาดและจำนวนสมาชิกในหมู่บ้านหรือชุมชน เนื่องด้วยในคู่มือกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง มีการกำหนดรูปแบบการดำเนินงานและการปฏิบัติตามระบบบัญชีแบบคร่าวๆ ไม่ได้เฉพาะเจาะจงและไม่มีระบบหรือรูปแบบการบริหารจัดการกองทุนฯ ที่เป็นมาตรฐานเดียวกันใช้ในการดำเนินงานของกองทุนฯ จึงผันแปรไปตามความรู้ความเข้าใจของคณะกรรมการแต่ละพื้นที่ ซึ่งมาตรฐานในการทำงานแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ความน่าเชื่อถือของรายงานผลหรืองบการเงินไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ และทำให้คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านตัดสินใจผิดพลาดบนพื้นฐานข้อมูลที่ไม่ได้ถูกต้อง ซึ่งงบการเงินหรือข้อมูลทางการเงินมีส่วนที่ผู้บริหารได้รับตรงกับความต้องการข้อมูลนั้นสามารถเป็นเครื่องมือที่ผู้บริหารใช้เพื่อการตัดสินใจที่ครบถ้วนย่อมทำให้องค์กรมีความได้เปรียบในเชิงการแข่งขันและการใช้ประโยชน์สูงสุดของทรัพยากรในองค์กร (นภาตล ร่มโพธิ์, 2555) ทั้งนี้สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติได้มีการประเมินศักยภาพและประสิทธิภาพการดำเนินงานของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ตามคู่มือการประเมินศักยภาพและประสิทธิภาพการดำเนินงานของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ซึ่งเกณฑ์ในหมวดที่ 1 ด้านบริหารจัดการข้อที่ 9 เรื่องการจัดทำบัญชีและงบการเงิน เป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์ในการประเมินดังกล่าว โดยมีระดับทั้งหมด 4 ระดับ 1. ระดับดีมาก 2. ระดับดี 3. ระดับปานกลาง และ 4. ปรับปรุง ซึ่งระดับที่ได้รับนั้นส่งผลต่อการรับเงินอุดหนุนต่าง ๆ จากรัฐบาลหากกองทุนฯ ที่มีผลการประเมินศักยภาพและประสิทธิภาพการดำเนินงานของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง อยู่ในระดับปรับปรุง อาจพลาดโอกาสในการรับเงินอุดหนุนต่าง ๆ จากรัฐบาล ทั้งนี้ผลตอบแทนดังกล่าวถูกใช้ไปกับการพัฒนาคน ทั้งเยาวชนรวมถึงผู้สูงอายุภายในชุมชน ทั้งเป็นสวัสดิการของชุมชนเสริมสร้างกลุ่มชุมชนให้เข้มแข็ง

ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการทำงานภายในกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองที่ยังไม่มีระบบสารสนเทศการบัญชีที่ช่วยบริหารจัดการมีความสำคัญ ในการจัดทำระบบสารสนเทศทางบัญชีสำหรับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง เนื่องจากคู่มือกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองไม่มีภาระบ่งชี้ให้ปฏิบัติงานด้านบัญชีมีความรู้หรือจบการศึกษาด้านบัญชี และส่งเสริมให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ในกองทุนหมู่บ้านทำงานด้านบัญชีได้อย่างถูกต้องตามรูปแบบที่สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติกำหนด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษารูปแบบการดำเนินงานและพัฒนาระบบสารสนเทศทางบัญชีของกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีระบบบัญชีและระบบสารสนเทศทางการบัญชี

ระบบบัญชี หมายถึง ระบบงานที่เก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมทางการเงินและรายการค้าต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปแบบของแบบฟอร์มและเอกสารทางธุรกิจ เพื่อนำมาสรุปและประมวลผล จัดเก็บเปลี่ยนแปลง และแจกจ่ายข้อมูลนั้นแก่ผู้ใช้ข้อมูลประเภทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลเหล่านั้นประกอบในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุชุม โพธิสวัสดิ์, 2561)

ระบบบัญชี หมายถึง การจัดเก็บข้อมูลทางการเงินอันประกอบด้วยแบบฟอร์ม หรือเอกสารต่าง ๆ บันทึกทางการเงินบัญชี รายงาน ตลอดจนวิธีการและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้นำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงาน และการเงินของกิจการแห่งใดแห่งหนึ่งให้แก่ฝ่ายจัดการ เพื่อช่วยให้ฝ่ายจัดการสามารถปฏิบัติหน้าที่อันอยู่ในความรับผิดชอบของตนให้ลุล่วงไปด้วยดี และเพื่อเสนอข้อมูลแก่บุคคลภายนอกผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจการนั้น เช่น ผู้ถือหุ้น เจ้าหนี้ และส่วนราชการ (วิไล วีระปรีย และคณะ, 2553)

Patel (2015) ได้กล่าวถึงแนวคิดระบบสารสนเทศทางการบัญชี คือส่วนหนึ่งของระบบสารสนเทศขององค์กร ซึ่งเป็นการรวบรวม จัดเก็บ ประมวลผล และรายงานข้อมูลทางการเงิน โดยมีผู้ใช้งานหลากหลายทั้งภายในและภายนอกองค์กร ทั้งยังช่วยในการตัดสินใจภายในองค์กร อีกทั้งระบบสารสนเทศสามารถออกแบบให้เข้ากับสภาพแวดล้อม โครงสร้างภายในองค์กรได้ ความต้องการของงานขององค์กร

แนวคิดการสร้างระบบแบบ Accelerated SAP : ASAP Methodology เป็นกระบวนการในการออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับใช้ในกิจการแบบขอบเขตเดียว (Single Bounded) โดยเริ่มใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1997 ในสหราชอาณาจักร ซึ่งการทำงานต่างๆ อยู่ในช่วงการเริ่มใช้งานระบบวางแผนทรัพยากรในองค์กร (Enterprise Resource Planning) โดยมีการวางหลักการในการนำระบบสารสนเทศไปใช้สามารถแบ่งได้เป็น 5 ระยะดังต่อไปนี้ (Gulledge & Simon, 2005; Terminanto et al., 2019)

ระยะที่ 1 การเตรียมโครงการ (Project Preparation)

เป็นช่วงของการเตรียมความพร้อมทรัพยากรเพื่อใช้ในการดำเนินโครงการ ทั้งด้านสถานที่ทำงาน บุคลากร ตลอดจนจัดทำแผนการดำเนินงานโครงการ แนวทางการบริหารโครงการอย่างละเอียด บทบาทหน้าที่ที่สำคัญในการดำเนินงาน

ระยะที่ 2 การออกแบบกระบวนการทางธุรกิจและระบบงาน (Business Blueprint)

เป็นช่วงระยะเวลาที่สำคัญของโครงการในการออกแบบกระบวนการทางธุรกิจให้เหมาะสมกับความต้องการและรองรับการขยายตัวในระดับหนึ่งขององค์กร โดยรวบรวมไว้เรียกว่าพิมพ์เขียวของธุรกิจ (Business Blue Print) คือแผนการทำงานของแต่ละแผนกในองค์กร ซึ่งผู้ปฏิบัติงานในแต่ละส่วนจะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจในการออกแบบ ทั้งนี้การสร้างความสำเร็จร่วมกันระหว่างผู้ปฏิบัติงานของแต่ละหน่วยงานเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการออกแบบ ในแต่ละระบบงานให้เป็นทิศทางเดียวกัน และสามารถใช้ระบบงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงวิเคราะห์ความเสี่ยงในแต่ละกระบวนการทำงาน ในกรณีที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในบางส่วนซึ่งส่งผลกระทบต่อหลายหน่วยงานอาจจะต้องนำเสนอการปรับเปลี่ยนนี้เข้าสู่ผู้มีอำนาจในองค์กรตัดสินใจเพื่อรับรองและจัดทำเป็นนโยบาย หรือ ระเบียบประกอบการใช้งาน เพื่อให้การทำงานและระบบการทำงานอย่างสอดคล้องและเต็มประสิทธิภาพ

ระยะที่ 3 การจัดทำระบบ (Realization)

เป็นการสร้างระบบตามความต้องการองค์กรผู้ใช้งานที่กำหนดไว้ในแบบกระบวนการทางธุรกิจที่ได้ ออกแบบไว้ เป็นการแปลงความต้องการด้านธุรกิจให้เป็นระบบงานที่ได้รับการยอมรับ ใช้งานได้ และพร้อมสำหรับการใช้งานจริง และทดสอบระบบงานเพื่อ ยืนยันการรองรับกระบวนการทางธุรกิจที่ได้ออกแบบไว้ใน พิมพ์เขียวของธุรกิจ

ระยะที่ 4 การเตรียมความพร้อมก่อนใช้ระบบ (Final Preparation)

เป็นช่วงเวลาสำหรับเตรียมการใช้งานจริงด้วยระบบ ในช่วงนี้สิ่งที่สำคัญ คือต้องการสนับสนุนการฝึกอบรมแก่ผู้ใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้ระบบมีความเข้าใจ สร้างความคุ้นเคยในการใช้ระบบงานอย่างเต็มรูปแบบ

ระยะที่ 5 การใช้ระบบจริงและการสนับสนุน (Go live and Support)

เป็นจุดสำคัญคือการเริ่มต้นใช้ระบบงานใหม่ ทั้งนี้ต้องมีการกำหนดกลยุทธ์ในการเริ่มต้นใช้ระบบงานที่ ชัดเจนว่า จะจัดทำแบบใด ทั้งนี้การกำหนดกลยุทธ์นี้ต้องหารือกันระหว่างองค์กร และผู้ดำเนินการติดตั้งระบบ ให้ได้ข้อสรุปตั้งแต่ในระยยะที่ 2 เพื่อให้สามารถผ่านจากระบบทดสอบไปยังระบบปฏิบัติงานจริง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยการเก็บข้อมูลดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interviews) โดยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จากประธาน รองประธาน และผู้มีหน้าที่ด้านบัญชี ของกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ จำนวน 3 คน ซึ่งประธาน และรองประธาน เป็นผู้มีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนให้เกิดแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศฯ และผู้มีหน้าที่ด้านบัญชี ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติตามแนวทางและระบบสารสนเทศของกองทุนหมู่บ้าน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบ สัมภาษณ์โดยคำถามปลายเปิด (Open-ended Question) โดยมีโครงสร้างคำถามที่มีความชัดเจน ซึ่งแบ่งคำถามเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ 2) ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดทำบัญชีและรายงานทางการเงินของกระบวนการทำงาน 3) ข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมภายใน และ 4) ข้อมูลของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน และปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของกองทุนหมู่บ้าน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการทั้งหมดเพื่อจัดทำพิมพ์เขียวของธุรกิจที่สอดคล้องกับการทำงานของกองทุนฯ และศึกษาการเปรียบเทียบในการจัดทำบัญชีตามมาตรฐาน สทบ. กำหนดไว้จากคู่มือกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง และคู่มือการตรวจสอบบัญชีของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง โดยข้อมูลทำการเก็บในวันที่ 1 และ 23 เมษายน 2567 ณ ที่ทำการกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

4. ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าข้อมูลที่ได้รับแบ่งเป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้ 1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้ให้ข้อมูล ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้ข้อมูล ประธาน และรองประธาน เป็นคนในพื้นที่บ้านใหม่หลังมอ และผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีคือเหรียญ ได้รับการแต่งตั้งจากการลงคะแนนของสมาชิกของกองทุน 2) ด้านการบัญชีกองทุนมีการบันทึกการรายการในโปรแกรมสเปรดชีต (Microsoft Excel) เป็นประจำ 3) การควบคุมภายในการอนุมัติการรับเข้าสมาชิกกองทุนฯ และการอนุมัติวงเงินกู้มาจากการประชุมคณะกรรมการประจำเดือน 4) วิธีการดำเนินงานของกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอมีการแบ่งบัญชีที่ใช้ในการดำเนินงานทั้งสิ้น 3 บัญชีประกอบไปด้วย

1. “บัญชี 1” กองทุนเงินล้านที่ได้รับเงินทุนจากรัฐบาลช่วงปี 2544
2. “บัญชี 2” กองทุนเงินสัจจะ สำหรับเงินที่สมาชิกรนำมาเก็บออมไว้กับกองทุนหมู่บ้าน
3. “บัญชี 3” กองทุนสินเชื่อประชาชนรัฐสำหรับการซื้อสินค้าโดยการผ่อนสินค้าสำหรับสมาชิก โดยได้รับเงินสนับสนุนภายใต้โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานราก บริการของกองทุนฯ มีดังต่อไปนี้

ด้านการรับเงิน

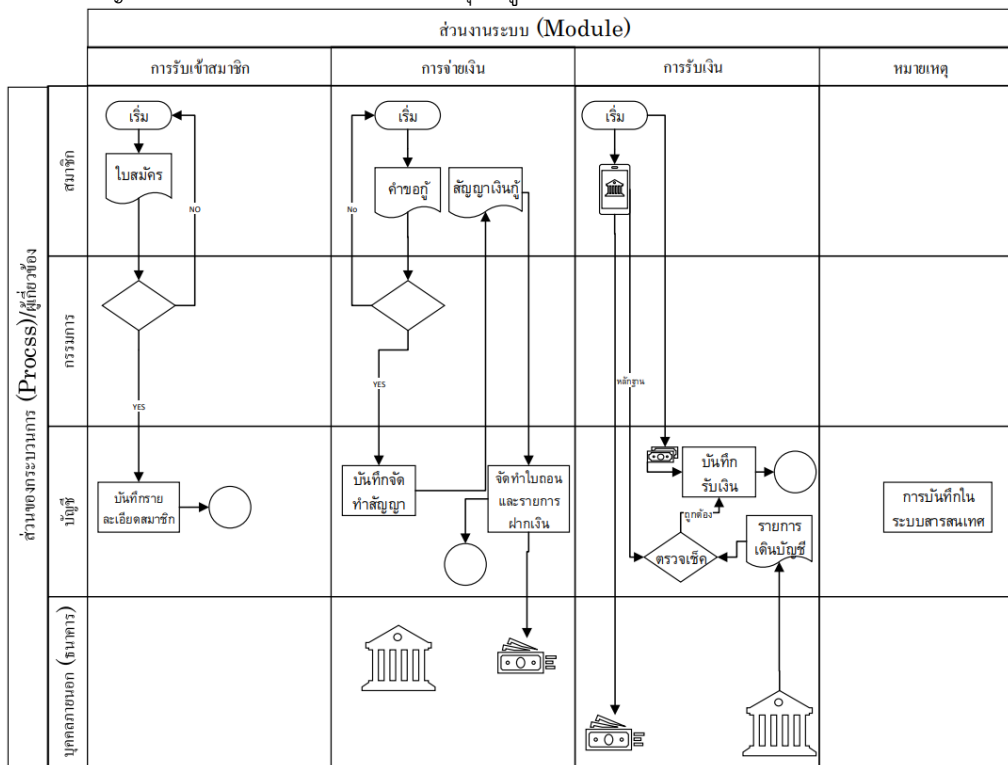
เงินออมสัจจะ คือเงินที่สมาชิกรนำมาฝากไว้กับกองทุนฯ ประจำทุกเดือนโดยฝากขั้นต่ำ 50 บาท แต่ไม่เกิน 500 บาทต่อเดือน โดยมีผลตอบแทนเป็นดอกเบี๋ยร้อยละ 3 ต่อปี ซึ่งคำนวณดอกเบี๋ยทุกๆ วันสุดท้ายของเดือน

ด้านการจ่ายเงิน

กองทุนฯ มีการปล่อยกู้ โดยมีประเภทการกู้ดังต่อไปนี้

1. เงินกู้สามัญ สมาชิกกู้ได้ไม่เกิน 2 เท่าของเงินออมสัจจะ อัตราดอกเบี๋ยตามที่กองทุนฯ กำหนด เงินกู้สามารถส่งคืนได้ไม่เกิน 24 เดือน
2. เงินกู้เพื่อการศึกษา สมาชิกกู้ได้ไม่เกิน 2 เท่าของเงินออมสัจจะ อัตราดอกเบี๋ยตามที่กองทุนฯ กำหนด โดยมีเอกสารใบแจ้งค่าธรรมเนียมการศึกษาแนบเพิ่มเติม เงินกู้สามารถส่งคืนได้ไม่เกิน 24 เดือน
3. สินเชื่อประชาชนรัฐ สมาชิกสามารถแจ้งให้กองทุนฯ ซื้อสิ่งของต่างๆ เช่น โทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ จักรยานยนต์ เป็นต้น อัตราดอกเบี๋ยตามที่กองทุนฯ กำหนด เงินกู้สามารถส่งคืนได้ไม่เกิน 24 เดือน

ในกระบวนการทำงานภายในกองทุนฯ ประกอบด้วยกระบวนการทำงานหลักทั้งหมด 3 ระบบ คือ 1) ระบบการรับเข้าสมาชิก 2) ระบบการจ่ายเงิน 3) ระบบการรับเงิน โดยทุกระบบงานจะถูกบันทึกในโปรแกรม สเปรดชีต (Microsoft Excel) ทั้งนี้พบปัญหาด้านการปฏิบัติงานจากใช้โปรแกรมสเปรดชีตในทุกรอบเดือนต้องเปิดเพิ่มข้อมูลใหม่ เพื่อให้สามารถดูยอดคงเหลือในแต่ละบัญชีดำเนินงานได้ในแต่ละงวดเดือน ซึ่งมีผลกระทบต่อรายงานในโปรแกรมที่ผิดพลาดจากข้อมูลที่มีความเปลี่ยนแปลง รวมถึงการนำเข้าข้อมูลของสมาชิกที่มีความหลากหลายซึ่งโปรแกรมสเปรดชีตคงมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น การใช้เวลาในการบันทึกข้อมูลที่นานเมื่อข้อมูลมีขนาดใหญ่ ไม่สามารถปัดงวดบัญชีได้ เป็นต้น ทั้งนี้จึงมีการออกแบบกระบวนการโดยจำแนกออกมาเป็นพิมพ์เขียวของธุรกิจเพื่อจัดการปัญหาจากโปรแกรมสเปรดชีตของกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 พิมพ์เขียวของธุรกิจแบบรวมของกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ

จากรูปที่ 1 พบว่าจุดเริ่มต้นของกระบวนการ คือการรับเข้าของสมาชิก ซึ่งสมาชิกที่สมัครต้องเป็นประชากรที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ และเมื่อสมาชิกสมัครเรียบร้อยแล้ว จะมีการประชุมคณะกรรมการกองทุนฯ ประจำเดือนช่วงวันที่ 5-10 ของทุกเดือน เพื่อพิจารณาการรับเข้าของสมาชิก และพิจารณาการให้กู้ยืมเงินของสมาชิกประจำเดือน โดยเมื่อสมาชิกผ่านเงื่อนไขแล้วเอกสารใบสมัครจะถูกส่งต่อไปยังผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีเพื่อเพิ่มข้อมูลส่วนตัวของสมาชิกเข้าสู่ทะเบียนสมาชิกเป็นการจบกระบวนการที่ 1

กระบวนการที่ 2 คือกระบวนการจ่ายเงินให้แก่สมาชิก เริ่มต้นจากสมาชิกเขียนคำขอกู้เงินในช่วงวันที่ 1-5 ของทุกเดือนเพื่อส่งให้คณะกรรมการกองทุนฯ พิจารณาวางเงินกู้และเงื่อนไขต่างๆ ของสมาชิกผู้กู้ในช่วงวันที่ 5-10 ของทุกเดือน เมื่อผิดเงื่อนไขเอกสารใบคำขอกู้ถูกส่งกลับคืนให้แก่สมาชิก และสำหรับผู้ที่ผ่านเงื่อนไขนั้นคณะกรรมการกองทุนฯ จะส่งต่อไปยังผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีเพื่อจัดทำสัญญาสำหรับผู้กู้ และผู้ค้ำประกัน (ถ้ามี) รวมถึงตารางแจ้งค่างวดทั้งหมดโดยการบันทึกเข้าสู่ระบบสารสนเทศของกองทุนฯ โดยเลือกบัญชีจากบัญชีดำเนินงาน เพื่อเพิ่มลูกหนี้รายตัวเข้าสู่ระบบ และบันทึกลดเงินออกจากบัญชีดำเนินงาน ทั้งนี้ผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีเมื่อบันทึกข้อมูลและจัดทำสัญญาสำเร็จ ดำเนินการให้สมาชิกมาลงนามในสัญญารวมถึงผู้ค้ำประกัน (ถ้ามี) เมื่อลงนามสำเร็จ ผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีจะรวบรวมสัญญาในงวดเดือน เพื่อจัดทำใบถอนเงินจากบัญชีธนาคาร และจัดทำรายละเอียดการโอนเงินจากบัญชีดำเนินงานภายในวันที่ 20 ของเดือนและเก็บสำเนาใบถอนเงินรวมถึงรายละเอียดการโอนเงินถือเป็นการจบกระบวนการ

กระบวนการที่ 3 คือการรับเงินจากสมาชิกซึ่งแบ่งเป็นการรับเงิน จากการรับเงินฝากสัจจะ เงินกู้ พร้อมดอกเบี้ยจากสมาชิก ในทุกเดือนสมาชิกสามารถนำเงินสดมาชำระ ณ สถานที่ทำการของกองทุนฯ ได้ตั้งแต่วันที่ 1-5 ของทุกเดือน เมื่อมีหน้าที่ดูแลด้านบัญชี ได้รับเงินสดผู้บันทึกรายการทันที และฝากเงินในวันทำการถัดไป ทั้งนี้สมาชิกสามารถโอนเงินเข้าสู่บัญชีดำเนินงาน ซึ่งสมาชิกส่งหลักฐานการโอนเงินให้กับผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีโดยผ่าน Application Line เมื่อถึงรอบการอัปเดตสมุดเงินฝาก ผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีจะตรวจเช็ครายการโอนกับรายการเงินฝากจากสมุดบัญชีธนาคารก่อนบันทึกรายการรับเงินเข้าสู่ระบบสารสนเทศเพื่อออกไปเสร็จ โดยการเขียนสมุดฝากเงิน และสมุดเงินกู้ของสมาชิกทุกครั้ง ถือเป็นการจบกระบวนการรับเงิน



ภาพที่ 2 บรรยากาศการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างของกองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถใช้ข้อมูลจากพิมพ์เขียวของธุรกิจเพื่อออกแบบระบบสารสนเทศที่สามารถช่วยให้ผู้มีหน้าที่ดูแลด้านบัญชีลดความสับสนในด้านการนำเข้าสู่ข้อมูลของสมาชิกบางอย่างที่สำคัญเนื่องจากข้อมูลส่วนตัวเป็นข้อมูลที่ละเอียดสอดคล้องกับการศึกษาของนพรัตน์ สุขสุวรรณค์ และไพรัตน์ ธนเลิศโสภิต (2566) พบว่าในด้านปัจจัยนำเข้าสมาชิกกองทุนหมู่บ้านบางรายยังมีความไม่เข้าใจเกี่ยวกับเงินกองทุนฯ และด้านผลผลิตจะต้องหาคนที่มีความรู้ความสามารถด้านการเงินและบัญชีเข้ามาช่วยในการดำเนินงาน ด้านรายงาน และการประมวลผลระบบสามารถรายงานได้หลากหลาย เช่น สัญญาออมเงิน ใบสำคัญจ่าย งบการเงินที่เป็นไปตามที่หน่วยงานภาครัฐกำหนด สอดคล้องกับ วิจิตรรัตน์ บัญทอง (2559) พบว่าในหลายกองทุนฯ ผู้มีหน้าที่ด้านบัญชีจัดทำรายงานทางการเงินผิดพลาดหรือไม่ถูกต้อง คณะกรรมการจึงต้องมีการตรวจทานในการจัดทำบัญชี อีกทั้งแบบฟอร์มบางอย่างมีความซับซ้อนจึงอาจทำให้ผู้มีหน้าที่ด้านบัญชีจัดทำบัญชีไม่ได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยยังคงอยู่ในกระบวนการจัดทำระบบสารสนเทศทางการบัญชีที่สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และรายงานผลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวมถึงสอดคล้องกับระเบียบของหน่วยงานรัฐที่มีความจำเป็นสำหรับกองทุนหมู่บ้านสอดคล้องกับการศึกษาของ บุญคลอง เรื่องแสนและคะนอง พิณ (2559) ที่พบว่าด้านการควบคุมกองทุนหมู่บ้านยังคงต้องการมีระบบสารสนเทศทางการบัญชีที่เป็นมาตรฐานตามที่หน่วยงานราชการต้องการและประมวลผลเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการบริหารจัดการและวิเคราะห์ได้อย่างทันเหตุการณ์ และสอดคล้องกับปิยดา พฤกส์สันต์ และคณะ (2566) พบว่าสถาบันการเงินชุมชน ตำบลบางระกำ อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐมยังมีความต้องการระบบบัญชีกองทุนสวัสดิการชุมชน/กลุ่มฅาปนกิจด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ต้องขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้ได้รับงบประมาณประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2567 (ผ่านหน่วยงาน) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และได้รับความอนุเคราะห์จาก กองทุนหมู่บ้าน บ้านใหม่หลังมอ

7. เอกสารอ้างอิง

นภาพล รมโพธิ. (2555). การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากเครื่องมือวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจ. *วารสารวิชาชีพบัญชี*, 8(23), 17-28.

นพรัตน์ สุขสุวรรณค์, ไพรัตน์ ธนเลิศโสภิต, (2566). การประเมินศักยภาพของผู้มีหน้าที่จัดทำงบการเงินของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองกรณีศึกษาจังหวัดเชียงใหม่, *วารสารบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ ราชชมงคลล้านนา*, 11(1), 49-68.

- บุญคลอง เรื่องแสน, คณอง พิลุน. (2559). การบริหารจัดการกองทุนหมู่บ้านในเขต อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารการเมืองการปกครอง*, 6(1), 133 - 150.
- ปิยดา พุกสวัสดิ์สินนท์, วรนา มั่นศรีจันทร์, วิกานดา ฉิมจินดา, มะลิวรรณ พุกษัยกุล, วาสุกาญจน์ งามโหม. (2566). การพัฒนาระบบการบัญชีสำหรับสถาบันการเงินชุมชน ตำบลบางระกำ อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel. *วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์แห่งรัตนโกสินทร์ (RJSH)*. 5(2), 65-75.
- ระเบียบสำนักรัฐมนตรี ว่าด้วยคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้าน และชุมชนเมืองแห่งชาติ. (30 มีนาคม 2544). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 118 ตอนพิเศษ 30 ง, หน้า 6-12.
- วิไล วีระปรีดา, จงจิตต์ หลีกภัย, ประจิต หาว์ตร. (2553). *ระบบบัญชี* (พิมพ์ครั้งที่ 25). ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจิตรรัตน์ บุญทอง. (2559). *ระบบบัญชีและการควบคุมภายในของกองทุนหมู่บ้าน : กรณีศึกษาอำเภอบางบาลบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์*(รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- ศิริขวัญ วิเชียรเพลิต. (2559). รายงานวิเคราะห์การจัดสรรงบประมาณกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ. สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. สืบค้น 12 กรกฎาคม 2565, จาก <https://dl.parliament.go.th/handle/20.500.13072/512879>
- สุขุม โพธิสวัสดิ์. (2561). *การวางระบบบัญชี* (พิมพ์ครั้งที่ 13). สำนักพิมพ์วิญญูชน จำกัด.
- สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ. (2564). รายงานประจำปี 2564 กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สืบค้น 12 กรกฎาคม 2565, จาก http://www.villagefund.or.th/uploads/document/document_62308792071e5.pdf
- Gulledge, T., Simon, G. (2005). The evolution of SAP implementation environments: A case study from a complex public sector project. *Industrial Management & Data Systems*, 10(3), 77-98.
- Patel, F. (2015). Effects of accounting information system on organizational profitability. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 2(1), 72-76
- Terminanto, A., Hidayanto, A. N., Maulana, B. (2019). Development, configuration and implementation open source ERP in manufacturing module with accelerated SAP method. *International Journal of Management (IJM)*, 10(3). 77-98

การพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่

นฤมล คุ่มพงษ์^{1*} ปฐมชัย กรเลิศ² และ อติศักดิ์ ฝนท่าแก้ว³

1, 2, 3 สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*Safety184_accba@rmutl.ac.th, 085 532 9655

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ รูปแบบการวิจัยแบบมีส่วนร่วม ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ที่เป็นสมาชิกเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง รวมทั้งสิ้นจำนวน 50 คน ซึ่งใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงการสนทนากลุ่ม การสังเกต ผลการวิจัยพบว่า ปัญหาด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ที่ควรแก้ไขเป็นลำดับแรก คือ กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ บางกองทุนไม่มีการจัดทำบัญชี เนื่องจากขาดผู้ที่มีความรู้ความสามารถด้านบัญชี จนได้พัฒนาเป็นโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งออกเป็น 2 หลักสูตร ประกอบด้วย หลักสูตรรหัส 101 สำหรับกองทุนหมู่บ้านที่ไม่มีการจัดทำบัญชีในระหว่างปี แต่ออกงบการเงินปีละครั้ง หลักสูตรรหัส 102 สำหรับกองทุนหมู่บ้านที่มีการจัดทำบัญชีและออกงบการเงินตลอดปี

คำสำคัญ หลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ, การบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง, คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง

Development of Workshop Course Outlines Village and Urban Community Fund Management for the Village and Urban Community Fund Committee in Chiang Mai Province.

Narumon Kumpong^{1*} Pathomchai Kornlert² Adisak Fonhakaew³

^{1, 2, 3} Accounting Department, Faculty of Business Administration and Liberal Arts,
Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huay keaw Road, Muang, Chiang Mai. 50300

*Safety184_accba@rmutl.ac.th, 085 532 9655

Abstract

This research aimed to develop a framework for a workshop on village and urban community fund management for village and urban community fund committees in Chiang Mai Province. This research was conducted using the Participatory Action Research method. The population in this study was village and urban community fund committees in Chiang Mai Province who were members of the Chiang Mai Village and Urban Community Fund Network. The sample group was purposively selected, consisting of committee members in Chiang Mai Province, totaling 50 people. In-depth interviews were used as a tool for data collection, including focus group discussions and observation. The results of the research found that the problem of village and urban community fund management in Chiang Mai Province that should be resolved first is the village and urban community fund in Chiang Mai Province. Some funds do not have accounting records. Due to lack of people with accounting knowledge and skills.

and then developed into an outline for a workshop on village and urban community fund management. For the Village and Urban Community Fund Committee in Chiang Mai. It is divided into 2 courses, consisting of a Code 101 course for village funds that did not maintain accounts during the year. But financial statements are issued once a year. Course code 102 is for village funds that prepare accounts and issue financial statements throughout the year.

Keywords: Workshop Course, Village and Urban Community Fund Management, Village and Urban Community Fund Committee

1. บทนำ

นโยบายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติขับเคลื่อนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างศักยภาพเศรษฐกิจฐานรากทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม นำไปสู่กระบวนการพึ่งพาตนเองของคนและชุมชนท้องถิ่น เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ.2544 รัฐบาลได้จัดตั้งกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองและโอนเงินแห่งละ 1 ล้านบาท เพื่อเป็นแหล่งเงินทุนสำหรับประชาชน ต่อมาออกเป็นพระราชบัญญัติกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ พ.ศ.2547 ปัจจุบันรัฐบาลได้สนับสนุนงบประมาณเงินทุนเพิ่มเติมตามแนวทางการดำเนินโครงการประชารัฐ ส่งเสริมการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานในชุมชนและการดำเนินกิจกรรมอื่นๆ ที่ชุมชนเห็นว่าเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมศักยภาพด้านการประกอบอาชีพและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น จากรายงานวิเคราะห์การจัดสรรงบประมาณกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ (ศิริขวัญ วิเชียรเพลิต, 2559) ได้นำเสนอการวิเคราะห์เชิงประจักษ์เกี่ยวกับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ ในช่วงระยะเวลา 25 ปีที่ผ่านมา พบว่า ภาพรวมกองทุนหมู่บ้านอาจมีส่วนทำให้สัดส่วนและจำนวนคนจนในประเทศลดลง จากโอกาสการเข้าถึงแหล่งเงินทุนที่เพิ่มขึ้นของประชาชน ซึ่งตามทฤษฎีการบริโภคสมมติฐานรายได้ถาวร (Permanent Income Hypothesis) ที่ชี้ให้เห็นว่า ในช่วงเวลาที่ครัวเรือนมีรายได้น้อยหรือมีรายได้ไม่เพียงพอจ่ายรายจ่าย ครัวเรือนจะกู้ยืมเพื่ออุปโภคบริโภค รวมทั้งการกู้ยืมเพื่อลงทุนและประกอบธุรกิจ อันจะนำมาซึ่งรายได้ที่เพิ่มขึ้นในอนาคต และเมื่อระดับรายได้ของครัวเรือนเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เพียงพอและมากกว่ารายจ่าย ครัวเรือนจะสามารถเก็บออมและสะสมความมั่งคั่ง เพื่อไว้ใช้ในยามชราที่ไม่สามารถหารายได้ต่อได้ ดังนั้น กองทุนหมู่บ้านจะเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความเป็นอยู่และยกระดับการบริโภคของผู้มีรายได้น้อยให้สูงขึ้น เนื่องจากเงินกองทุนหมู่บ้านจะช่วยลดปัญหาข้อจำกัดด้านการกู้ยืม (Borrowing Constraint) หรือประชาชนสามารถเข้าถึงแหล่งเงินทุนได้มากขึ้น

ปัญหาการดำเนินงานของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง อาทิ ปัญหาหนี้ค้างชำระและ/หรือเงินขาดบัญชีจำนวนมาก โดยเฉพาะกองทุนชุมชนเมืองส่วนใหญ่ประสบปัญหาไม่สามารถติดตามทวงถาม มีความเสี่ยงสูงมากที่จะเป็นหนี้สูญ ส่วนใหญ่เป็นผลสืบเนื่องจากสมมติฐานขาดความรู้ ความเข้าใจในการดำเนินงาน อันเป็นผลจากการนำนโยบายไปปฏิบัติ สอดคล้องกับผลการวิจัยการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองเพื่อการพัฒนาชุมชน (พิชชา บวรโกศลกุล และรองศาสตราจารย์ พิพัฒน์ ไทยอารี, 2559) พบว่า ปัญหาด้านบุคลากร คือ คณะกรรมการบริหารกองทุนฯ มีความรู้ความสามารถน้อยจึงส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานในเรื่องของการทำบัญชี และเอกสารต่างๆ ไม่สามารถพัฒนาเป็นสถาบันการเงินชุมชนได้

คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับภาคีเครือข่าย ประกอบด้วย ประธานเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ประธานกองทุนหมู่บ้านระดับตำบลในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่พบว่า ปัญหาและอุปสรรคเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น และยังพบว่า บทบาทสถาบันการศึกษาควรเป็นกลไกขับเคลื่อนยกระดับศักยภาพของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองได้ โดยเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยี ดังที่คณะผู้วิจัยภายใต้หน่วยบริการวิชาการวิชาชีพบัญชี ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาชีพและเทคโนโลยี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ ได้ทำมาอย่างต่อเนื่องร่วมกับภาคีเครือข่าย และควรยกระดับการพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ให้มีความเป็นสากล และขยายขอบเขตความรู้ความเชี่ยวชาญเชิงพื้นที่มากขึ้น

ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญ บทบาท และศักยภาพของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง จึงสนใจเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนร่วมกับภาคีเครือข่ายและกลุ่มเป้าหมายงานวิจัย การวิจัยครั้งนี้จึงจะทำการศึกษาเพื่อพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ อันจะนำไปสู่การต่อยอดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์ (Steward ship Theory)

ตามแนวคิดของทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์ (Donaldson, L. และ Davis, J. H., 1991) ผู้บริหารที่ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนจะทำหน้าที่เป็นผู้พิทักษ์ (Steward) เพื่อรักษาผลประโยชน์ขององค์กรมากกว่าผลประโยชน์ส่วนตัว ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะก่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย และจะทำให้องค์กรบรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมายที่วางไว้ แนวคิดนี้ได้เสนอบทบาทของผู้พิทักษ์ว่าเป็นการให้บริการมากกว่าทำเพื่อผลประโยชน์ส่วนตน โดยเชื่อว่าความต้องการขององค์กรและบุคคลจะประสบความสำเร็จสูงสุดได้ก็ต่อเมื่อเคารพและรักษาความสัมพันธ์ดังเช่นเป็นเจ้าของหรือหุ้นส่วนบริษัท ทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์มองว่าผู้มีส่วนได้เสียทั้งหมดคอยติดตามการสร้างความมั่งคั่งขององค์กรในระยะยาว มีงานวิจัยที่ได้แสดงมุมมองของผู้พิทักษ์ว่าเป็นผู้แสดงบทบาทที่ดีในการใช้ทรัพยากรขององค์กรได้อย่างคุ้มค่า ซึ่งการแสดงบทบาทนี้ทำให้เกิดความพึงพอใจ ทั้งวัตถุประสงค์ส่วนตัวและวัตถุประสงค์องค์กรไปพร้อมกันซึ่งส่งผลให้ผลประโยชน์เพิ่มสูงขึ้น

2.2 แนวคิดการพัฒนา (Development)

การพัฒนา (Melkote, 2001) หมายถึง การทำหรือแก้ไขปัญหา (Problem Solving) เพื่อให้สภาพความเป็นอยู่ของคนในสังคมดีขึ้น หรือเป็นการนำความคิดใหม่เข้าสู่ระบบสังคม เพื่อปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการดำรงชีวิตให้ดีขึ้น ซึ่งการพัฒนาเป็นแนวความคิดที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นนั่นเอง

2.3 แนวคิดกิจกรรมการมีส่วนร่วม (Activity-based Participation)

เออร์วิน (Erwin, 1976) กล่าวว่า การมีส่วนร่วมของประชาชน คือ กระบวนการที่ประชาชนเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงานพัฒนา ร่วมคิด ร่วมตัดสินใจแก้ปัญหาของตนเอง ร่วมใช้ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ และความชำนาญร่วมกับวิทยากรที่เหมาะสม และสนับสนุนติดตามผลการปฏิบัติงานขององค์กรและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

เป้าหมายของกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน คือ การให้ข้อมูลข่าวสารที่ครอบคลุมต่อสาธารณชน พร้อมกันกับการเปิดโอกาสให้ประชาชนและผู้มีส่วนได้เสียจากนโยบายกิจกรรมและโครงการพัฒนา สามารถแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาไปสู่กระบวนการสร้างฉันทามติ (Consensus Building) เพื่อหาทางออกที่ดีที่สุดและได้รับการยอมรับจากทุกฝ่าย ซึ่งนับเป็นการสื่อสารแบบสองทาง (Two-way Communication) ที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพ (จุฑารัตน์ ชมพันธุ์, 2555) รูปแบบของการมีส่วนร่วมที่ดำเนินอยู่โดยทั่วไป แบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

(1) การรับรู้ข่าวสาร (Public Information) ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องได้รับการแจ้งให้ทราบถึงรายละเอียดของโครงการที่จะดำเนินการ รวมทั้งผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ทั้งนี้ การได้รับแจ้งข่าวสารดังกล่าวจะต้องเป็นการแจ้งก่อนที่จะมีการตัดสินใจดำเนินโครงการ

(2) การปรึกษาหารือ (Public Consultation) เป็นรูปแบบการมีส่วนร่วมที่มีการจัดการหารือระหว่างผู้ดำเนินการโครงการกับประชาชนที่เกี่ยวข้องและได้รับผลกระทบ เพื่อรับฟังความคิดเห็นและตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความเข้าใจในโครงการและกิจกรรมมากขึ้น

(3) การประชุมรับฟังความคิดเห็น (Public Meeting) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ประชาชนและฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับโครงการหรือกิจกรรม และผู้มีอำนาจตัดสินใจในการทำโครงการหรือกิจกรรมนั้น ได้ใช้เวทีสาธารณะในการทำความเข้าใจ และค้นหาเหตุผลในการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมในพื้นที่นั้น ซึ่งมีหลายรูปแบบ ได้แก่

(3.1) การประชุมในระดับชุมชน (Community Meeting) โดยจัดขึ้นในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากโครงการ โดยเจ้าของโครงการหรือกิจกรรมจะต้องส่งตัวแทนเข้าร่วม เพื่ออธิบายให้ที่ประชุมทราบถึงลักษณะโครงการและผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและตอบข้อซักถาม

(3.2) การประชุมรับฟังความคิดเห็นในเชิงวิชาการ (Technical Hearing) สำหรับโครงการที่มีข้อโต้แย้งในเชิงวิชาการ จำเป็นจะต้องเชิญผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาจากภายนอกมาช่วยอธิบายและให้ความเห็นต่อโครงการ ซึ่งผู้เข้าร่วมประชุมต้องได้รับทราบผลดังกล่าวด้วย

(3.3) การประชาพิจารณา (Public Hearing) เป็นเวทีในการเสนอข้อมูลอย่างเปิดเผยไม่มีการปิดบัง ทั้งฝ่ายเจ้าของโครงการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากโครงการ ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบของผู้เข้าร่วมที่เป็นที่ยอมรับ มีหลักเกณฑ์และประเด็นในการพิจารณาที่ชัดเจน และแจ้งให้ทุกฝ่ายทราบทั่วกัน

(4) การร่วมในการตัดสินใจ (Decision Making) เป็นเป้าหมายสูงสุดของการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งประชาชนจะมีบทบาทในการตัดสินใจได้เพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของคณะกรรมการที่เป็นผู้แทนประชาชนในพื้นที่

ความเป็นชุมชนที่เข้มแข็ง (Strong Community) จะเกิดขึ้นได้ (วิชาชา ภูจินดา, 2558) หากสมาชิกของชุมชนมีส่วนร่วมในการติดต่อสื่อสาร พูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน ตลอดจนร่วมกันทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อการพัฒนาชุมชนของตนให้บรรลุเป้าหมาย การมีส่วนร่วมของสมาชิกทุกคนภายในชุมชนนี้เองจะเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพลังภายในชุมชนให้กลายเป็น “ชุมชนเข้มแข็ง” ได้ เพราะชุมชนที่ยั่งยืน หมายถึง ชุมชนที่มีความเข้มแข็ง สามารถพึ่งพาตนเองได้ และมีความร่วมมือระหว่างกันในชุมชน รวมทั้งมีสัมพันธ์ภาพที่ดีของคนในชุมชนด้วย

2.4 แนวคิดกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง

กองทุนหมู่บ้าน (สำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ, 2567) เป็นนโยบายสำคัญของรัฐบาลในการสร้างเสริมระบบเศรษฐกิจฐานรากให้มีความมั่นคงแข็งแรง โดยการสนับสนุนจัดสรรเงินทุน 1 ล้านบาท เพื่อให้ประชาชนในชุมชนท้องถิ่นใช้เป็นทุนหมุนเวียนเพื่อพัฒนาอาชีพ สร้างงาน สร้างรายได้ เพิ่มรายได้ ลดรายจ่าย และบรรเทาความเดือดร้อนเร่งด่วนของประชาชน นับแต่มีการจัดตั้งกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติเป็นต้นมา การบริหารจัดการเงินของกองทุนหมู่บ้าน นอกจากจะต้องใช้ความรู้ความสามารถในการบริหารจัดการแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือความโปร่งใสของคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้าน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและได้รับความไว้วางใจจากสมาชิก

กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง คือ แหล่งเงินทุนหมุนเวียนสำหรับการลงทุนเพื่อพัฒนาอาชีพ สร้างงาน สร้างรายได้ และบรรเทาเหตุจำเป็นเร่งด่วนของชุมชนเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจในระดับรากหญ้า และเสริมสร้างภูมิคุ้มกันทางเศรษฐกิจและสังคมของประชาชนทั่วประเทศ ส่งผลต่อสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และวัฒนธรรม ดังนี้

- (1) ด้านสังคม เป็นการสร้างโอกาสให้ประชาชนในหมู่บ้าน และชุมชนเมืองสร้างแหล่งเงินของตนเอง จากความคิดเองตัดสินใจเอง และทำเอง เพื่อพึ่งพาตนเองในอนาคต
- (2) ด้านเศรษฐกิจ มีการกระจายเงินทุนในท้องถิ่น ทำให้เกิดการสร้างงานในธุรกิจของชุมชนซึ่งเป็นรากฐานที่เข้มแข็งและยั่งยืน
- (3) ด้านการเมือง ส่งเสริมระบอบประชาธิปไตยแบบมีส่วนร่วมเพื่อนำมาใช้ในชุมชนของตนเอง
- (4) ด้านวัฒนธรรม ทำให้เกิดความสามัคคี ความเอื้ออาทร และการกระจายความเสมอภาคในชุมชน

นอกจากนี้ ยังมีประเด็นบางประการโดยเฉพาะการประเมินผลการเพิ่มทุนยังเน้นเชิงปริมาณในการจัดสรรเงินกองทุน เช่น จำนวนกองทุนที่ได้รับจัดสรรและโอนเงินเป็นตัวชี้วัด ทำให้เป็นปัจจัยเร่งการเบิกจ่ายเร็วขึ้น ขณะที่กองทุนบางแห่งยังไม่มีความพร้อมในการดำเนินงานที่ดี ต้องคำนึงถึงคุณภาพการบริหารจัดการ ศักยภาพ และผลการดำเนินงานที่ผ่านมาของกองทุนเป็นหลักในการพิจารณาเพิ่มทุนกองทุนหมู่บ้านในระยะต่อไปด้วย ดังนั้น กองทุนหมู่บ้านต้องเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการด้านการสนองประโยชน์ต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้มากขึ้น และการประเมินผลการดำเนินงานจากหน่วยงานต่างๆ ควรครอบคลุมในเรื่องของคุณภาพชีวิตที่ดี (Well-being) ความยั่งยืน (Sustainable) และการพัฒนา (Development) ซึ่งถือเป็นคุณค่าแท้จริงที่สังคมได้รับรวมอยู่ด้วยรวมถึงติดตามการใช้จ่ายเงินของผู้กู้อย่างต่อเนื่องว่าผู้กู้นำเงินไปใช้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ ซึ่งจะกลายเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดหนี้เสียหรือประสบปัญหาหนี้ค้างชำระและ/หรือเงินขาดบัญชีเพิ่มขึ้นได้ โดยเฉพาะกองทุนหมู่บ้านที่ขาดกลไกในการฟื้นฟูอาชีพให้กับสมาชิก เมื่อสมาชิกได้เงินไปแล้วบางส่วนนำมาใช้บรรเทาหนี้ระบบและไม่สามารถหารายได้เพิ่ม ต้องไปกู้หนี้ยืมสินระบบเพื่อนำมาชำระหนี้กองทุนหมู่บ้าน เกิดการก่อหนี้ซ้ำซ้อนและต่อเนื่องเพิ่มขึ้น ซึ่งในประเด็นนี้ จึงเป็นประเด็นที่ควรนำมาพิจารณาทบทวนนโยบายของรัฐบาลเพิ่มเติม หากจะตั้งงบประมาณรายจ่ายในลักษณะเพิ่มทุนแก่กองทุนหมู่บ้านต่อไป ควรพิจารณาแนวทางหรือมาตรการสนับสนุนเงินทุน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

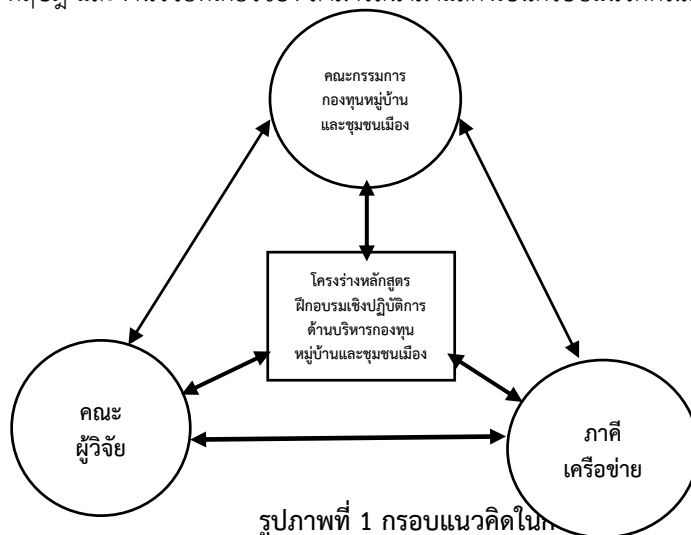
สถณี อาชวานันทกุล (2557) ได้ศึกษาการจัดทำคู่มือองค์กรการเงินชุมชน เรื่องแนวทางการบริหารจัดการองค์กรการเงินชุมชน การจัดทำหนังสือเล่มนี้มีกระบวนการสำคัญ 2 กระบวนการ คือ 1) การผสมผสานความรู้ทางทฤษฎีการเงินกับความรู้ที่เกิดจากประสบการณ์จริงของแกนนำองค์กรการเงินชุมชนต่างๆ ที่ประสบความสำเร็จ 2) การสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องซึ่งมีทั้งองค์กรการเงินชุมชนในระดับพื้นที่ซึ่งเป็นผู้ที่จะนำคู่มือดังกล่าวไปใช้ และในระดับหน่วยงานต่างๆ ที่มีบทบาทในการอบรมสนับสนุนความรู้ให้แก่องค์กรการเงินชุมชน โดยเน้นให้มีการจัดการองค์ความรู้ร่วมกัน ซึ่งเป็นการดึงความรู้ทั้งในทางวิชาการและทฤษฎี

การเงินต่างๆ และความรู้ที่เกิดจากตัวบุคคลที่มีประสบการณ์จริงในการบริหารองค์การการเงินชุมชนให้ประสบผลสำเร็จมาผนวกกัน ถือเป็นกระบวนการพัฒนาองค์ความรู้ในระดับวิชาการและในระดับปัจเจกบุคคลเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์และเผยแพร่แก่สาธารณะ ในระหว่างการจัดทำหนังสือเล่มนี้ มีการจัดกระบวนการอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 2 ครั้ง โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 เป็นการพูดคุยถึงปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ปัญหาที่พบ และวิธีการจัดการปัญหาต่างๆ จากนั้นนักวิชาการจะนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประกอบในการจัดทำเนื้อหาของหนังสือฯ ส่วนการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบเนื้อหาในหนังสือฯ โดยให้องค์กรการเงินชุมชนได้มีส่วนร่วมในการทดสอบว่าเนื้อหาที่จัดทำขึ้นในคู่มือฯ สามารถเข้าใจง่ายหรือยากแค่ไหนและมีความครบถ้วนถูกต้องตามความต้องการเพียงใด จากนั้นได้นำข้อเสนอแนะในการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 ไปปรับเนื้อหาให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

พิชชา บวรโกศลกุล และรองศาสตราจารย์ พิพัฒน์ ไทยอารี (2559) ได้ศึกษาการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง เพื่อการพัฒนาชุมชน กรณีศึกษาตำบลวังกรด อำเภอบางมูลนาก จังหวัดพิจิตร ผลการวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรค ข้อจำกัดในการดำเนินงานของคณะกรรมการกองทุนฯ จากการสัมภาษณ์เชิงลึกของคณะกรรมการบริหารกองทุนหมู่บ้านฯ พบว่า ปัญหาด้านบุคลากร คือ คณะกรรมการบริหารกองทุนฯ มีความรู้ความสามารถน้อยจึงส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานในเรื่องของการทำบัญชี และเอกสารต่างๆ

2.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมาแสดงเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



รูปภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

โครงการวิจัย การพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ เป็นการนำแนวคิดการวิจัยและพัฒนาเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมผ่านกิจกรรมการมีส่วนร่วมต่างๆ โดยจะเป็นความร่วมมือกันระหว่างคณะผู้วิจัย ภาคีเครือข่าย และคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง เพื่อให้ได้โครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1.1 รูปแบบวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นการค้นหาเพื่อทำความเข้าใจ นำผลการวิจัยพื้นฐานประยุกต์ใช้เพื่อมุ่งตอบปัญหาเกี่ยวกับการปฏิบัติงานและการแก้ไขปัญหา เสนอแนวทางในการปฏิบัติที่ดีแก่ผู้กำหนดนโยบาย เป็นรูปแบบการวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) อันเป็นรากฐานของงานวิจัยแบบประยุกต์ (Adelman, C. 1993) พื้นที่วิจัย คือ จังหวัดเชียงใหม่ โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด

คือ แบบสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม ซึ่งเป็นสามวิธีที่มีการอ้างอิงมากที่สุดในบทความงานวิจัย (MacDonald, 2012)

3.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

(1) ประชากร ได้แก่ คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ที่เป็นสมาชิกเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 21,460 คน จาก 2,146 กองทุน

(2) กลุ่มตัวอย่าง คณะผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ประกอบด้วย รักษาการผู้อำนวยการสำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ สาขาเขต 1 และเลขานุการ จำนวน 2 คน ประธาน รองประธานและคณะกรรมการเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3 คน และคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 45 คน รวมทั้งหมด 50 คน

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งสร้างตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิด โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับโครงสร้างและขั้นตอนการปฏิบัติงานด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง

ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง

ส่วนที่ 3 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับความต้องการวัตถุประสงค์และหัวข้อเนื้อหาในโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่

3.1.4 การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล งานวิจัยนี้ได้วางมาตรการที่จะป้องกันความผิดพลาดในการตรวจสอบข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์โดยใช้การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) (สุภางค์ จันทวานิช, 2563) 2 วิธีการดังนี้ (1.) การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data Triangulation) โดยพิจารณาข้อมูลที่ได้รับจากเวลาการลงพื้นที่ในสถานที่ของคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองและผู้ให้ข้อมูลแตกต่างกันจะได้ข้อมูลที่เหมือนกัน (2.) การตรวจสอบสามเส้าด้านผู้เก็บข้อมูล (Investigator Triangulation) โดยคณะผู้วิจัยลงเก็บรวบรวมข้อมูลเดียวกันข้อมูลที่ได้จะเหมือนเดิม

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

นำมาวิเคราะห์ข้อคำถามปลายเปิดด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) หลังจากนั้นทำการสังเคราะห์ บรรยายเชิงพรรณนา และสรุปผลมุ่งพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 เตรียมความพร้อม ศึกษาข้อมูลเป้าหมาย วิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสีย สร้างเครือข่ายและความสัมพันธ์ เพื่อนำไปสู่การศึกษาปัญหา ความต้องการ การเห็นความสำคัญของปัญหาและกำหนดโจทย์วิจัยร่วมกัน

3.2.2 ร่วมกันวางแผนการปฏิบัติงาน กิจกรรมต่างๆ และดำเนินการตามแผน

3.2.3 วิเคราะห์ข้อมูล แผลผล จัดทำโครงสร้าง หลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ นำเสนอ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาจากกิจกรรมการจัดเก็บข้อมูลและสำรวจ พบว่า ประเด็นปัญหาด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ เรียงตามลำดับ ดังนี้ (1.) กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่บางกองทุนไม่มีการจัดทำบัญชี เนื่องจากขาดผู้ที่มีความรู้ความสามารถด้านบัญชี (2.) รูปแบบการจัดทำบัญชีของแต่ละกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่มีความแตกต่างกัน (3.) กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่บางแห่งขาดระบบการควบคุมภายในที่ดี เนื่องจากไม่มีการกำหนดมาตรการและแผนงานในการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะด้านการเงินและบัญชี และผู้นำขาดความรู้ความเข้าใจ (4.) กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่บางแห่งขาดการบริหารจัดการความเสี่ยง ทำให้เกิดความเสียหายทางการเงินและความเสี่ยงด้านสภาพคล่อง จากนั้นคณะผู้วิจัยได้นำปัญหาที่ได้ไปใช้ประกอบในการกำหนดวัตถุประสงค์การฝึกอบรมเพื่อนำเสนอต่อไป



รูปภาพที่ 2 แสดงการสัมภาษณ์คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อจัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น

4.2 ผลการศึกษาจากกิจกรรมการนำเสนอโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม พบว่า คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ มีความต้องการโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง โดยแบ่งเป็น 2 หลักสูตร และได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์ร่วมกัน ดังนี้ หลักสูตรแรกสำหรับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองที่ไม่มีการจัดทำบัญชีในระหว่างปี แต่ต้องออกงบการเงินปีละครั้ง มีการกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้รับการฝึกอบรม (1.) มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการจัดทำบัญชีกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง (2.) สามารถวิเคราะห์รายการค้าและบันทึกบัญชีกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองได้ (3.) สามารถจัดทำงบการเงินกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองได้ (4.) มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการควบคุมภายในด้านการเงินและบัญชี และหลักสูตรสำหรับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองที่มีการจัดทำบัญชีในระหว่างปีและมีการออกงบการเงินตลอดปี มีการกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้รับการฝึกอบรม (1.) สามารถวิเคราะห์งบการเงินของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองได้ (2.) มีความรู้ ความเข้าใจ สามารถวิเคราะห์และบริหารจัดการความเสี่ยงด้านการเงินและบัญชีได้ (3.) มีความรู้ ความเข้าใจ สามารถออกแบบระบบการควบคุมภายในด้านการเงินและบัญชีได้ จากนั้นคณะวิจัยได้นำวัตถุประสงค์ที่ได้ไปใช้ประกอบในการจัดทำหัวข้อเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อรับฟังข้อคิดเห็นต่อไป



รูปภาพที่ 3 แสดงการสัมภาษณ์คณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองเกี่ยวกับโครงสร้างหลักสูตร

4.3 ผลการศึกษาจากกิจกรรมการรับฟังข้อคิดเห็นเกี่ยวกับโครงสร้างหลักสูตร รหัส 101 และรหัส 102 จากการรับฟังข้อคิดเห็นร่วมกันระหว่างคณะผู้วิจัยและคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ ได้ข้อสรุปว่า ควรมีการกำหนดรหัสหลักสูตรและหัวข้อเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรม ดังนี้ หลักสูตรรหัส 101 สำหรับกองทุนหมู่บ้านที่ไม่มีการจัดทำบัญชีในระหว่างปี แต่ต้องออกงบการเงินปีละครั้ง หัวข้อเนื้อหาควรประกอบด้วย (1.) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดทำบัญชีกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ได้แก่ ที่มาและความสำคัญของการจัดทำบัญชีกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง กฎหมายและระเบียบข้อบังคับที่

เกี่ยวข้องกับกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง และหลักการบัญชีเบื้องต้น (2.) การวิเคราะห์รายการค้าและบันทึกบัญชีของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ได้แก่ บัญชีที่ 1 (เงินล้าน) บัญชีที่ 2 (เงินสัจจะ) (3.) การจัดทำงบการเงิน ได้แก่ งบกำไรขาดทุน งบฐานะการเงิน บัญชีที่ 1 (เงินล้าน) บัญชีที่ 2 (เงินสัจจะ) (4.) การควบคุมภายในด้านการเงินและบัญชี และมีความเห็นร่วมกันว่าหลักสูตรนี้ควรเพิ่มหัวข้อเนื้อหาการวิเคราะห์งบการเงินของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ได้แก่ ความหมายและประโยชน์ของการวิเคราะห์งบการเงินของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง อัตราส่วนสภาพคล่อง อัตราส่วนความมั่นคงทางการเงินหรือวัดภาระหนี้สิน อัตราส่วนความสามารถในการใช้ประโยชน์จากสินทรัพย์ลงทุน อัตราส่วนความสามารถในการทำกำไรด้วย เนื่องจากกองทุนหมู่บ้านที่ไม่มีการจัดทำบัญชีในระหว่างปี แต่ออกงบการเงินปีละครั้งก็มีความต้องการและจำเป็นต้องนำข้อมูลจากงบการเงินมาวิเคราะห์และแปลความหมาย เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจเช่นเดียวกัน ส่วนหลักสูตรรหัส 102 สำหรับกองทุนหมู่บ้านที่มีการจัดทำบัญชีและออกงบการเงินตลอดปี หัวข้อเนื้อหาควรประกอบด้วย 1. การวิเคราะห์งบการเงินของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ได้แก่ ความหมายและประโยชน์ของการวิเคราะห์งบการเงินของกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง อัตราส่วนสภาพคล่อง อัตราส่วนความมั่นคงทางการเงินหรือวัดภาระหนี้สิน อัตราส่วนความสามารถในการใช้ประโยชน์จากสินทรัพย์ลงทุน อัตราส่วนความสามารถในการทำกำไร 2. การวิเคราะห์และบริหารจัดการความเสี่ยงด้านการเงินและบัญชี ได้แก่ การกำหนดวัตถุประสงค์ (ภารกิจ/กิจกรรม) การระบุความเสี่ยง การจัดระดับและการประเมินความเสี่ยง การบริหารจัดการความเสี่ยง และการรายงาน 3. การออกแบบระบบการควบคุมภายในด้านการเงินและบัญชี ได้แก่ ด้านการรับเงิน ด้านการจ่ายเงิน ด้านการเก็บรักษาเงินและนำฝากเงิน ด้านการจัดทำบัญชีกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง โดยมีความเห็นร่วมกันว่าหลักสูตรนี้ควรเพิ่มหัวข้อเนื้อหาหลักธรรมาภิบาลในการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองด้วย เพื่อเสริมสร้างภาวะผู้นำให้กับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ และควรเพิ่มหัวข้อเนื้อหาการวิเคราะห์การให้สินเชื่อแก่สมาชิกกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองเพื่อใช้ในการให้สินเชื่อต่อไปด้วย จากนั้นคณะวิจัยได้นำวัตถุประสงค์และหัวข้อเนื้อหาทั้งหมดที่ได้สรุปออกมาเป็นโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้รับการเห็นชอบจากคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่



รูปภาพที่ 4 แสดงกิจกรรมการรับฟังข้อคิดเห็นเกี่ยวกับโครงสร้างหลักสูตร รหัส 101 และรหัส 102

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีประเด็นในการอภิปรายผล ดังนี้

5.1 ปัญหาด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ กรณีกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่บางกองทุนไม่มีการจัดทำบัญชี เนื่องจากขาดผู้ที่มีความรู้ความสามารถด้านบัญชี ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยสำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง (พิชชา บวรโกศลกุล และรองศาสตราจารย์ พิพัฒน์ ไทยอารี, 2559) ผลการวิจัยพบว่าปัญหาด้านบุคลากร คือ คณะกรรมการบริหารกองทุนฯ มีความรู้ความสามารถน้อยจึงส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานในเรื่องของการทำบัญชี และเอกสารต่างๆ ไม่สามารถพัฒนาเป็นสถาบันการเงินชุมชนได้

5.2 กิจกรรมการจัดเก็บข้อมูลและสำรวจข้อมูล กิจกรรมการนำเสนอโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม และกิจกรรมการรับฟังข้อคิดเห็นเกี่ยวกับโครงสร้างหลักสูตร รหัส 101 และรหัส 102 เป็นกิจกรรมที่สร้างมีส่วนร่วมระหว่างคณะผู้วิจัยซึ่งมีบทบาทในการอบรมสนับสนุนถ่ายทอดความรู้กับเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงคณะกรรมการกองทุน

หมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นผู้ที่นำหลักสูตรไปใช้ โดยเน้นให้มีการจัดการองค์ความรู้ร่วมกัน ผสานระหว่างความรู้ทางวิชาการกับความรู้ที่เกิดจากประสบการณ์จริง โดยเริ่มจากการพูดคุยถึงปัจจัยเสี่ยงและปัญหาต่างๆ กำหนดวัตถุประสงค์ การฝึกอบรม กำหนดรหัสหลักสูตร หัวข้อเนื้อหาพร้อมกัน จนได้โครงร่างหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้านการบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง สำหรับคณะกรรมการกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับคู่มือองค์การการเงินชุมชน: แนวทางการบริหารจัดการองค์การการเงินชุมชน (สฤณี อาชวานันทกุล, 2557) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดทำคู่มือเล่มนี้เริ่มมาจากการจัดกระบวนการอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 2 ครั้ง โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 เป็นการศึกษาถึงปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ปัญหาที่พบ และวิธีการจัดการปัญหาต่างๆ จากนั้นนักวิชาการจะนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประกอบในการจัดทำเนื้อหาของหนังสือ ส่วนการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบเนื้อหาในหนังสือ โดยให้องค์กรการเงินชุมชนได้มีส่วนร่วมในการทดสอบว่าเนื้อหาที่จัดทำขึ้นในคู่มือ สามารถเข้าใจง่ายหรือยากแค่ไหนและมีความครบถ้วนถูกต้องตามความต้องการเพียงใด จากนั้นได้นำข้อเสนอแนะในการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 ไปปรับเนื้อหาให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากคุณปรเมศวร์ อริเดช รักษาการผู้อำนวยการสำนักงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ สาขาเขต 1 และคุณวิฑูร มูลภิชัย ประธานเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้ให้เกียรติสละเวลาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการเครือข่ายกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองจังหวัดเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ได้ทำการตอบแบบสัมภาษณ์และเข้าร่วมกิจกรรมสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

7. เอกสารอ้างอิง

Adelman, C. (1993). Kurt Lewin and the Origins of Action Research. *Educational Action Research, 1*(1), 7-24.

Donaldson, L. and Davis, J.H. (1991). Stewardship Theory or Agency Theory. *Australian Journal of Management, 16*, 49-64.

Erwin, W. (1976). *Participation Management: Concept, Theory and Implementation*. Atlanta, GA: Georgia State University.

MacDonald, C. (2012). Understanding Participatory Action Research: A Qualitative Research Methodology Option. *Canadian Journal of Action Research, 13*(2), 34-50.

Melkote, S. R. (2001). *Communication for Development in the Third World*. (2nd ed). New Delhi India: Sage Publications.

กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ. (2567). *ประวัติความเป็นมา*. สืบค้น 15 มิถุนายน 2567, จาก <http://www.villagefund.or.th/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%B2>

จุฑารัตน์ ชมพันธุ์. (2555). บทวิจารณ์เรื่อง การวิเคราะห์หลักการมีส่วนร่วมของประชาชนใน The Public Participation Handbook: Making Better Decisions through Citizen Involvement ในบริบทประเทศไทย. โดย Creighton, J. L. (2005). *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 8*(1), 123-141.

พิชชา บวรโกศลกุล และรองศาสตราจารย์ พิพัฒน์ ไทยอารี. (2559). การบริหารกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองเพื่อการพัฒนาชุมชน กรณีศึกษาตำบลวังกรด อำเภอบางมูลนาก จังหวัดพิจิตร. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 4* (3), 425-437.

วิสาชา ภูจินดา. (2558). *แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมชุมชนโดยใช้หลักนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

- ศิริขวัญ วิเชียรเพลิต. (2559). รายงานวิเคราะห์การจัดสรรงบประมาณกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: สำนักงบประมาณของรัฐสภา สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.
- สฤณี อาชวานันทกุล. (2557). คู่มือองค์กรการเงินชุมชน เรื่องแนวทางการบริหารจัดการองค์กรการเงินชุมชน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เครือข่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาปฏิรูปประเทศไทย มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ.
- สุภางค์ จันทวานิช. (2563). วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 25). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศึกษารูปแบบการเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่คุณค่ากาแฟพร้อมดื่มภาคเหนือ กรณีศึกษา บ้านป่าเหมี้ยง อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง

กนกวรรณ เวชกามา¹ คงศักดิ์ ต๋วยสืบ^{2*} กิรติ วุฒิจารี³

^{1,2} คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

³ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

*khongsak@rmutl.ac.th, 09-1796-3539

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการศึกษาความเป็นไปได้เพื่อยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟด้วยการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะร้านกาแฟในยุคปกติแบบใหม่ โดยเลือกกรณีศึกษาเป็นต้นแบบผู้ประกอบการในหมู่บ้านป่าเหมี้ยง ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษารูปแบบการยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟพร้อมดื่มภาคเหนือตอนบน 2) เพิ่มมูลค่าห่วงโซ่คุณค่ากาแฟภาคเหนือตอนบนด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์กาแฟพร้อมดื่ม พบว่า รูปแบบการยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟภาคเหนือตอนบนในรูปแบบกาแฟพร้อมดื่มก่อนเข้าร่วมโครงการผู้ประกอบการมีรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท จากเดิมร้อยละ 33.33 ลดลงเหลือร้อยละ 8.33 รายได้ตั้งแต่ 15,001-25,000 บาท จากร้อยละ 41.66 เป็นร้อยละ 33.33 มีรายได้ 25,001-35,000 บาท จากร้อยละ 8.33 เพิ่มขึ้นร้อยละ 41.66 และมีรายได้มากกว่า 35,000 บาท ร้อยละ 16.66 คงเดิม ด้านการรับรู้ถึงตราสินค้าพบว่าห่วงโซ่คุณค่ากาแฟสกัดเย็นนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าเพื่อประโยชน์ทางการแข่งขันในตลาดกาแฟคือการสร้างตราสินค้ากาแฟพิเศษโดยชุมชนมีส่วนร่วม นำไปสู่การบริหารตราสินค้าควบคู่กับการรับรู้ถึงผลิตภัณฑ์กาแฟสกัดเย็นที่ พบว่า และการศึกษาการรับรู้ “กาแฟสกัดเย็น” พบว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณค่ากาแฟสกัดเย็นการพิจารณาแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ดังนี้ 1. ด้านความรู้จักกาแฟสกัดเย็นระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย ความคุ้นเคยกับตราสินค้ากาแฟสกัดเย็น 2. ด้านคุณภาพที่เกิดจากการรับรู้กาแฟสกัดเย็น ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย 3. ด้านกลิ่นของกาแฟสกัดเย็น ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย 4. สีที่ปรากฏของกาแฟสกัดเย็นระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย 5. ด้านรสชาติของกาแฟสกัดเย็น ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วยอย่างยิ่ง 6. ด้านการบรรจุภัณฑ์ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วยในลักษณะเป็นขวดและเป็นถุง

คำสำคัญ การเพิ่มมูลค่า ห่วงโซ่คุณค่า กาแฟพร้อมดื่ม

Study the Pattern of Value Addition in the Ready-to-Drink Coffee Value Chain of Banpameang in the Upper Northern Region: A Case Study of Baan Pameang, Mueang Pan, Lampang Province

Kanokwan Vechgama¹ Khongsag Tuisuep^{2} Kerati Wuttijaree³*

^{1,2} Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 200, 17 Phichai, Muang, Lampang 52000

³ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 200, 17 Phichai, Muang, Lampang 52000

*khongsak@rmutl.ac.th, 09-1796-3539

Abstract

This research study therefore focuses to upgrade the coffee value chain by developing packaging to meet the needs of processors, especially coffee shops, in the new normal era. The case study was chosen as a model for entrepreneurs in Pameang Village, Chae Son Subdistrict, Mueang Pan District, Lampang Province. The objectives are to 1) Study the model for upgrading the ready-to-drink coffee value chain in the upper northern region. 2) Add value to the coffee value chain in the upper northern region by developing ready-to-drink coffee products and packaging. It was found that the format for upgrading the coffee value chain in the upper northern region was in the form of ready-to-drink coffee. Before joining the project, entrepreneurs had incomes less than 15,000 baht, from the original 33.33 percent, decreasing to 8.33 percent, income from 15,001-25,000 baht, from 41.66 percent to 33.33 percent, income 25,001-35,000 bah, from 8.33 percent increased to 41.66 percent, and income over 35,000 baht, 16.66 percent remained the same. In terms of brand awareness, it was found that the cold brew coffee value chain leads to added value for competitive advantage in the coffee market through the creation of specialty coffee brands with community involvement. Leading to brand management along with awareness of cold brew coffee products that were found and studying perceptions "Cold brew coffee" found that perception studies "Cold brewed coffee" found that opinions regarding the value of cold brewed coffee were divided into 6 areas as follows:

1. Knowledge of cold brewed coffee. Overall opinion level agreed. Familiarity with cold brew coffee brands
2. Quality aspects arising from perception of cold brew coffee overall level of opinion agrees.
3. The smell of cold brew coffee Overall level of opinion agrees.
4. Appearance color of cold brew coffee. Overall level of opinion agreed.
5. Taste of cold brew coffee the overall level of opinion strongly agreed.
6. Packaging The overall level of opinion agreed on containers such as bottles and bags.

Keywords: Value Added, Ready to Drink Coffee, Cold Brew.

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันทั้งประเทศกำลังพัฒนาและประเทศที่พัฒนาแล้วต่างมีความเชื่อมั่นว่าการจะพัฒนาเศรษฐกิจระดับมหภาคของประเทศ ฟันเฟืองหนึ่งที่สำคัญคือธุรกิจขนาดเล็กร ประเทศไทยก็เช่นเดียวกันที่รัฐบาลมีการสนับสนุนให้จัดตั้งกลุ่มอาชีพ กลุ่มสตรี กลุ่มสหกรณ์ กลุ่มวิสาหกิจ กลุ่มโอท็อป ขึ้นเพื่อให้มีการขับเคลื่อนเศรษฐกิจจากระดับฐานรากสู่ระดับมหภาค การบริหารจัดการจึงเป็นการกำหนดทิศทางของหน่วยงาน กลุ่มงาน หรือการดำเนินงานในหน้าที่ต่างๆ ให้ใช้ทรัพยากรทั้งหลายที่มีอยู่ในองค์การอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Efficient) ครอบคลุมถึง การใช้ทรัพยากรได้อย่างเฉลียวฉลาด เหมาะสมและคุ้มค่า (Cost-effective) ส่วนการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Effective) นั้นหมายถึงการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง (Right decision) และมีการปฏิบัติการสำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้ การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) หมายถึง การตอบสนองความต้องการของคน

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้เกษตรกรปีละประมาณ 3,000 ล้านบาท โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตลาดกาแฟมีการขยายตัวอย่างมาก ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปกาแฟในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วราว 80,000 ตันต่อปี (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร: ยุทธศาสตร์กาแฟ 2559-2563) โดยพันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์โรบัสต้า ร้อยละ 78 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคใต้ ส่วนพันธุ์อาราบิก้ามีเพียงร้อยละ 22 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือ ซึ่งในภาคเหนือเป็นอีกหนึ่งภูมิภาคที่ขับเคลื่อนมูลค่าตลาดร้านกาแฟที่กำลังเติบโตและมีมูลค่าสูงถึง 21,220 ล้านบาท ในปี 2560 (ข้อมูล ศูนย์วิจัยกสิกรไทย: 2561) และจังหวัดลำปางเป็นอีกหนึ่งจังหวัดที่มีผู้ผลิตกาแฟเป็นจำนวนมากรองจากจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ซึ่งมีการปลูกมากในอำเภอเมืองปาน อำเภอแจ้ห่ม และมีการลำเลียงผลผลิตทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในยุคสมัยที่ถูกเรียกว่า New Normal อันเนื่องจากมีความแปรปรวนในสถานการณ์โรคระบาด ส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของบุคคลทั่วไป ทั้งผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ผู้ซื้อ จากร้านกาแฟที่สามารถนั่งทานในร้านได้ ปรับเปลี่ยนเป็นแบบซื้อกลับบ้าน (Take away) และจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการในร้าน รวมถึงการไม่รับภาชนะ(แก้ว) จากผู้บริโภค ซึ่งยังคงสวนกระแสกับกระแสรักษ์โลกคือลดการใช้พลาสติก และอีกหนึ่งความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ส่งผลทำให้ไลฟ์สไตล์ของผู้บริโภคในยุค New Normal (ความปกติแบบใหม่) เป็นไปในลักษณะ พฤติกรรมการเว้นระยะห่างการกินอาหารร่วมโต๊ะ ใช้จานใครจานมัน ใส่ใจเรื่องความสะอาดและสุขอนามัยมากขึ้น การจะดื่มอะไรสักอย่างโดยที่สิ่งนั้นผ่านอุปกรณ์ และผ่านมือมาหลายคน ปฏิเสธไม่ได้ว่านั่นคือความเสี่ยงที่มีเพิ่มขึ้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภคในห่วงโซ่คุณค่าช่วงปลายน้ำ ส่งผลต่อการพัฒนากระบวนการในส่วนของต้นน้ำและกลางน้ำ เพื่อตอบโจทย์ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ การพัฒนากระบวนการต้นน้ำเพื่อความพร้อมในการเพิ่มมูลค่า ตลอดห่วงโซ่คุณค่ากาแฟแปรรูปด้วยการพัฒนาโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ควบคุมคุณภาพการแปรรูปกะลากาแฟ ทำให้สามารถควบคุมสภาพอากาศระหว่างการตากกาแฟบนพื้นที่สูงที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และลดการก่อให้เกิดสารอะฟลาทอกซิน ในเมล็ดกะลากาแฟ ส่งผลต่อการแปรรูปกาแฟที่มีคุณภาพสู่ผู้บริโภค ซึ่งจะนำไปสู่กระบวนการสกัดเย็น (Coffee Cold brew) ที่เป็นหนึ่งประเภทการแปรรูปกาแฟที่มีความนิยมในปัจจุบัน จะมีระดับคาเฟอีนในปริมาณต่ำ รวมถึงมีแนวโน้มที่ดีในอนาคตเนื่องจากสามารถเป็นทางเลือกของการบริโภคกาแฟในยุค New Normal การพัฒนาเครื่องมือ สำหรับการสกัดเย็น เพื่อลดระยะเวลาในการสกัดกาแฟและเป็นเครื่องมือที่พร้อมใช้และประหยัดสำหรับกลุ่มวิสาหกิจขนาดย่อม ส่งต่อไปยังการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่สามารถรักษาคุณภาพของกาแฟพร้อมดื่มไว้ได้อย่างดีด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการศึกษาความเป็นไปได้เพื่อยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟด้วยการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อตอบโจทย์ผู้แปรรูปโดยเฉพาะร้านกาแฟในยุคปกติแบบใหม่ โดยเลือกกรณีศึกษาเป็นต้นแบบผู้ประกอบการในหมู่บ้านป่าเหมี้ยง ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ.ลำปาง อยู่ห่างจากที่ว่าการอำเภอเมืองปาน ประมาณ 35 กิโลเมตร และอยู่ห่างจากองค์การบริหารส่วนตำบลแจ้ซ้อน ประมาณ 20 กิโลเมตร ตั้งอยู่ในพื้นที่หมู่บ้านป่าเหมี้ยงที่มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,500 ไร่ หรือประมาณ 12 ตารางกิโลเมตรตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแจ้ซ้อน (ข้อมูลบ้านป่าเหมี้ยง, <https://banpameiang.wordpress.com>) เป็นผู้ประกอบการที่รวมกลุ่มในชื่อวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านป่าเหมี้ยงที่มีการดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ คือ ปลูก เก็บเกี่ยว รับซื้อ แปรรูป จำหน่าย เพื่อการรับมือกับสถานการณ์ที่กำลังเผชิญอยู่รวมถึงรองรับกระแสรักษ์โลกที่ยังคงดำเนินมาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน และสิ่งสำคัญคือกระตุ้นเศรษฐกิจร้านกาแฟให้หมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจต่อไปอย่างยั่งยืน

การวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อยกระดับห่วงโซ่คุณค่าให้กับอุตสาหกรรมกาแฟโดยมุ่งเน้นผู้แปรรูปเพื่อส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในเชิงบวกตลอดห่วงโซ่คุณค่าการผลิตกาแฟจังหวัดลำปาง ด้วยกระบวนการศึกษาและยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟพร้อมดื่มในระดับต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ และ SWOT Analysis รวมถึง การพยากรณ์ยอดขายเข้ามาช่วยในการขับเคลื่อนกระบวนการศึกษาในครั้งนี้เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. การศึกษารูปแบบการยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟพร้อมดื่มภาคเหนือตอนบน

2. ศึกษาการเพิ่มมูลค่าห่วงโซ่คุณค่าภาคเหนือตอนบนด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์กาแฟพร้อมดื่ม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพยากรณ์ผลผลิตกาแฟไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้พยากรณ์เนื้อที่ให้ผลผลิตต่อไร่ปี 2558 ดังนี้ เนื้อที่ให้ผลผลิตกาแฟจะมีประมาณ 269,596 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2557 จำนวน 5,817 ไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.21 ผลผลิต 37,366 ตัน ลดลงจากปีที่ผ่านมา 1,097 ตัน หรือลดลงร้อยละ 2.85 และผลผลิตต่อไร่ต่อเนื้อที่ให้ผล เฉลี่ยไร่ละ 139 กิโลกรัม ลดลงจากปีที่ผ่านมา 7 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.79 ทั้งนี้เนื้อที่ให้ผลรวมทั้งประเทศเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของแหล่งปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในภาคเหนือ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากภาครัฐและเอกชนมีการส่งเสริมให้ปลูกเพิ่มในสวนไม้ผลไม่ยืนต้นและพื้นที่ป่าชุมชนตั้งแต่ ปี 2554 เริ่มให้ผลผลิตในปีนี้ ส่วนผลผลิตต่อไร่ ในภาพรวมลดลงเนื่องจากแหล่งผลิตกาแฟทางภาคใต้ประสบปัญหาผาฝนทิ้งช่วง อากาศร้อน และแห้งแล้ง กาแฟติดดอกออกผลไม่ดี ภาคเหนือซึ่งเป็นแหล่งปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าเนื้อที่ให้ผลเพิ่มขึ้น จากต้นกาแฟที่ปลูกแซมในสวนยางพารา แมคคาเดเมีย และลิ้นจี่ ในจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ และในพื้นที่ป่าชุมชนที่ทางภาครัฐและกลุ่มสหกรณ์ผู้ผลิตกาแฟในท้องถิ่นสนับสนุนให้เกษตรกรปลูก เช่น ในจังหวัดตาก และแพร่ ตั้งแต่ปี 2554 ให้ผลผลิตเป็นปีแรก ส่วนผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น เนื่องจากราคากาแฟพันธุ์อาราบิก้าดีอย่างต่อเนื่อง (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2557) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้มุ่งประเด็นที่การเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่คุณค่าของกาแฟพร้อมดื่มโดยอ้างอิงทฤษฎีเกี่ยวกับห่วงโซ่คุณค่าคือ เป็นชุดกิจกรรมซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมหลัก และกิจกรรมรอง และเป็นการวิเคราะห์ลำดับกิจกรรมให้บรรลุเป้าหมายและสร้างความแตกต่างในเชิงบวก หรือความได้เปรียบ เมื่อเทียบกับคู่แข่ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มมูลค่าที่มุ่งตรงไปยังผู้บริโภค ที่มีกิจกรรมที่เป็นกระบวนการดังนี้คือองค์ประกอบของ Value chain Analysis ประกอบด้วย กิจกรรมหลัก (Primary Activities) ซึ่ง ประกอบด้วย 5 กิจกรรม เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือสร้างสรรค์สินค้าหรือบริการ การตลาดและการขนส่งสินค้าหรือบริการไปยังผู้บริโภค ดังนี้คือ 1) Inbound Logistics กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการได้รับ การขนส่ง การจัดเก็บและการแจกจ่ายวัตถุดิบ 2) Operations กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนหรือแปรรูปวัตถุดิบให้ออกมาเป็นสินค้า เป็นขั้นตอนการผลิต 3) Outbound Logistics กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ รวบรวม จัดจำหน่ายสินค้าและบริการไปยังลูกค้า 4) Marketing and Sales กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการชักจูงให้ลูกค้าซื้อสินค้าและบริการ 5) Customer Services กิจกรรมที่ครอบคลุมถึงการให้บริการเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า รวมถึงการบริการหลังการขาย ในส่วนของกิจกรรมสนับสนุน (Support Activities) เป็นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้กิจกรรมหลักสามารถดำเนินไปได้ ประกอบด้วย ดังนี้ 1) Procurement กิจกรรมในการจัดซื้อ-จัดหา input เพื่อมาใช้ในกิจกรรมหลัก 2) Technology Development กิจกรรมเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยในการเพิ่มคุณค่าให้สินค้าและบริการหรือกระบวนการผลิต 3) Human Resource Management กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารทรัพยากรบุคคล ตั้งแต่วิเคราะห์ความต้องการ สรรหา และคัดเลือก ประเมินผล พัฒนา ฝึกอบรม ระบบเงินเดือนค่าจ้าง และแรงงาน 4) Firm Infrastructure โครงสร้างพื้นฐานขององค์กร ได้แก่ ระบบบัญชี ระบบการเงิน การบริหารจัดการขององค์กร

ทฤษฎีการจัดการห่วงโซ่คุณค่า (Value Chain Management)

Value Chain หรือ ห่วงโซ่คุณค่า คือ ภาพรวมของกระบวนการในองค์กรที่เริ่มตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้า โดยที่แต่ละขั้นตอนนั้นสามารถสร้างคุณค่า (Value) ให้กับองค์กรและสินค้าอย่างไม่มีปัญหา ซึ่งห่วงโซ่คุณค่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์คู่แข่งของธุรกิจได้ด้วย โดยการเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนของคู่แข่ง ว่าคู่แข่งสามารถทำได้ดีกว่า หรือมีขั้นตอนอะไรที่น่าสนใจและสามารถนำมาปรับใช้กับองค์กรของเราได้บ้าง

การวิเคราะห์เพื่อหา Value Chain ในองค์กรนั้นเป็นสิ่งที่สามารถสร้างประโยชน์ให้กับองค์กรได้เป็นอย่างมาก และไม่จำเป็นต้องเพิ่มต้นทุน อีกทั้งการวิเคราะห์นี้ช่วยให้องค์กรสามารถลดต้นทุนในขั้นตอนที่ไม่จำเป็นหรือสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อเพิ่มคุณค่าแต่ใช้จ่าน้อยลงได้อีกด้วย เปรียบเหมือนกับเราได้ตัดส่วนที่ไม่จำเป็น และเพิ่มขึ้นตอนหรือกระบวนการที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์หา Value Chain

การวิเคราะห์หา Value Chain นั้นสามารถ แยกแต่ละขั้นตอนออกมาเพื่อค้นหาส่วนที่บกพร่องและส่วนที่กำลังรอการพัฒนาอยู่ได้ โดยเราสามารถนำขั้นตอนเหล่านี้เปรียบเทียบกับการจัดการขององค์กรในปัจจุบัน และแผนในอนาคต รวมถึงไปถึงการเปรียบเทียบกับคู่แข่งอื่น ๆ ในตลาดได้อีกด้วย โดยวิเคราะห์ตามขั้นตอนเหล่านี้

Value Chain หรือ ห่วงโซ่คุณค่าสามารถแยกเป็นกิจกรรมได้ 2 ประเภท ดังนี้

Primary Activities หรือ กิจกรรมหลัก

- Inbound Logistics: การนำเข้า
- Operations: การดำเนินการหรือผลิต
- Outbound Logistics: การส่งออก
- Marketing and Sales: การตลาดและการขาย
- Services: การบริการ

Support Activities หรือ กิจกรรมสนับสนุนองค์กร

- Procurement: การจัดหา และการจัดซื้อวัตถุดิบ
- Technology Development: การพัฒนาเทคโนโลยีและวิจัยสินค้า
- Human Resource Management: การบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์
- Firm Infrastructure: การพัฒนาอื่น ๆ เช่น การเงินและบัญชี

และนอกจากการวิเคราะห์กระบวนการทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว องค์กรและผู้ประกอบการนั้นต้องคำนึงถึงความ ต้องการของลูกค้าในตลาดที่เราตั้งเป้าหมายไว้ด้วยว่า ลูกค้าต้องการสินค้าที่มีคุณค่าประเภทใด สินค้าแบบไหนถึงจะมีคุณค่าใน มุมมองของลูกค้า เพื่อผลประโยชน์ที่ลูกค้าและองค์กรสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน เช่น ลูกค้าต้องการสินค้าน่าเชื่อถือ และมี คุณภาพปานกลาง เป็นต้น

แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added Creation)

การเพิ่มมูลค่า (Added Value) เป็นการสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากเดิมการสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นเครื่องมือ การตลาดที่จะทำให้เกิดการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์การจัดจำหน่าย การโฆษณา และการส่งเสริมการตลาดซึ่งมีผลทำให้สามารถตั้ง ราคาได้สูงขึ้นแต่การเพิ่มมูลค่าจะทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ประโยชน์มากขึ้นด้วยโดยการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added Creation) คือความพยายามในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ ให้มีคุณค่าในสายตาของลูกค้ามากขึ้น (Tiphachartyothin, 2014 : 91-96) หรือเป็นการนำเสนอผู้บริโภคอีกทั้งมูลค่าเพิ่มอาจเกิดจากการเพิ่มสิ่งทีนอกเหนือจากสิ่งที่ผู้บริโภคคาดว่าจะได้รับ นอกจากนี้การสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นการเพิ่มหรือเสริมสิ่งใหม่ ๆ สู่ตัวผลิตภัณฑ์ควรมีความเกี่ยวข้องและเป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการ การสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นสิ่งที่ช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันโดยผ่านการสร้างคุณค่าสำหรับลูกค้าที่ดีขึ้นโดยมีขั้นตอน การผลิตหรือบริการที่ดีกว่า เพื่อการเป็นผู้นำในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นอกจากการสร้างแตกต่างในตลาดแล้ว มูลค่าเพิ่มจะเป็น ตัวช่วยในการสร้างคุณค่าที่ส่งผลต่อการรับรู้ของผู้บริโภคที่สูงกว่าซึ่งนำไปสู่ความมั่นใจในการตัดสินใจเลือกหรือผลิตภัณฑ์และ บริการต่อไปการสร้างมูลค่าเพิ่มมีความสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจ คือ ทำให้ตอบสนองความต้องการและทำให้ผู้บริโภคเกิด ความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น สร้างความเชื่อมั่น และความไว้วางใจจากผู้บริโภค เพราะทำให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น และทำให้สินค้ามีความแตกต่างจากคู่แข่งในภาวะที่มีการแข่งขันอย่างรุนแรงได้และทำให้ธุรกิจมีความได้เปรียบทางการแข่งขัน (Phromsiri, 2004 : 5)

ศตวรรษ สติธยเพียรศิริ, (2559) โดยการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยกระดับหรือเพิ่มมูลค่า ห่วงโซ่คุณค่าในกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้ง การยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ท้องถิ่นกรณีศึกษา เส้นทาง พื้นที่ต้นแบบจังหวัดสุโขทัย การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา 1. ศึกษาการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิง ประสบการณ์ท้องถิ่นของเส้นทางพื้นที่ต้นแบบ จังหวัดสุโขทัยและ 2. เพื่อจัดทำแนวทางการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการ ท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ท้องถิ่น การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบมีส่วนร่วม ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ มีการกำหนดพื้นที่ ต้นแบบ ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากผู้มีบทบาทหลักของห่วงโซ่คุณค่าในเส้นทางท่องเที่ยวพื้นที่ต้นแบบ ได้แก่ ผู้นำด้าน การท่องเที่ยวในชุมชน ผู้ประกอบการท้องถิ่น และผู้อำนวยการการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย สำนักงานจังหวัดสุโขทัย และ ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ นักวิชาการด้านการท่องเที่ยวและบริษัทนำเที่ยวจัดนำเที่ยวในประเทศ (Inbound Tour Operator) ใช้การ สัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม และการประชุมกลุ่มย่อยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาในการวิเคราะห์ข้อมูลผล การศึกษาพบว่า คุณค่าของเส้นทางพื้นที่ต้นแบบจังหวัดสุโขทัย ได้แก่ “ความสุขจากวิถีชีวิตที่ผสมผสานระหว่างอดีตและปัจจุบัน” ข้อเสนอแนะต่อการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ท้องถิ่นเส้นทางพื้นที่ต้นแบบ จังหวัดสุโขทัย ได้แก่ 1) การพัฒนาผลิตภัณฑ์/บริการ เพื่อให้สามารถตั้งราคาสูงขึ้น ได้แก่ การสร้างประสบการณ์ท้องถิ่น และการท่องเที่ยวอย่าง รับผิดชอบ

สไบทิพย์ มงคลนิมิตร และคณะ, (2563) ได้ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการจัดการห่วงโซ่คุณค่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูปเพื่อลดปัญหาความเหลื่อมล้ำในพื้นที่จังหวัดชายแดนใต้ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างจากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 12 กลุ่มที่ผ่านการคัดเลือกแบบเจาะจง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการพรรณนาวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ ผลวิจัยพบว่า ปัญหาหลักในส่วนของต้นน้ำ คือ วัตถุดิบมีปริมาณจำกัดไม่สามารถขยายไปสู่ธุรกิจเชิงพาณิชย์ได้ อีกทั้งการขาดความรู้ในการบริหารจัดการการผลิตอย่างเป็นระบบ สำหรับกลองน้ำนั้น กลุ่มเป้าหมายขาดความรู้ด้านการตลาด ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด แนวทางการแก้ไขปัญหาด้านน้ำคือ ควรมีการส่งเสริมการเพาะปลูกหรือขยายพื้นที่เพาะปลูกให้มากขึ้นเพื่อรองรับการขยายไปสู่ธุรกิจเชิงอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ได้ สำหรับแนวทางการแก้ปัญหากลางน้ำและปลายน้ำคือ การถ่ายทอดความรู้ให้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยเฉพาะการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาด้วยการนำเทคโนโลยีการอาหารมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับแนวทางการผลิตแบบดั้งเดิม และการนำความรู้ด้านการตลาดออนไลน์มาส่งเสริมการจำหน่ายเพื่อขยายโอกาสทางการตลาดไปสู่กลุ่มลูกค้าในวงกว้างได้มากขึ้น ที่ผ่านมามีการสนับสนุนช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องแต่ยังไม่ครบทั้งห่วงโซ่คุณค่า ดังนั้นการแก้ปัญหาแบบครบวงจรตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เป็นการสร้างความมั่นใจในทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้อง สามารถขับเคลื่อนห่วงโซ่คุณค่าไปได้อย่างมั่นคง

ไยฟ้า ตระกูลสันติ และคณะ, (2567) ได้ศึกษาการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม: กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนไข่เค็มบ้านบโนโพธิ์ อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และพัฒนาห่วงโซ่คุณค่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็มของกลุ่มวิสาหกิจ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม และการจดบันทึกภาคสนาม โดยมีผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ได้แก่ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจจำนวน 5 ท่านและกลุ่มลูกค้าจำนวน 2 ท่าน ซึ่งคัดเลือกโดยแบบเฉพาะเจาะจง ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมหลักและกิจกรรมสนับสนุนของห่วงโซ่คุณค่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็มที่ยังสามารถเพิ่มคุณค่าได้ ได้แก่ การปฏิบัติการโลจิสติกส์ขาออก การตลาดและการขาย การจัดหา และโครงสร้างพื้นฐานขององค์กร แนวทางในการเพิ่มคุณค่าประกอบด้วย การออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่มีความโดดเด่นและเหมาะสมแก่การขนส่งเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า การโฆษณา สินค้า และการส่งเสริมการขาย จัดทำรายชื่อสารส่งผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบ และการจัดทำระบบบัญชีอย่างถูกต้อง ผลจากการพัฒนาห่วงโซ่คุณค่าทำให้กลุ่มวิสาหกิจมีรายได้เพิ่มขึ้น 7,476.58 บาท หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนและสร้างแรงจูงใจให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการดำเนินธุรกิจ รวมทั้งจัดหาแหล่งเงินทุนให้กับกลุ่มวิสาหกิจ องค์กรความรู้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดนโยบายของภาครัฐเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างความมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และการบริการอื่น ๆ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในประเทศ

สว่าง แป้นจันทร์ และคณะ, (2567). ได้ศึกษาการจัดการห่วงโซ่คุณค่าของผลิตภัณฑ์แปงกล้วย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครสวรรค์ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของกิจกรรมการผลิตที่สร้างมูลค่าเพิ่มและกิจกรรมที่สูญเสียค่าทั้งหมดภายในห่วงโซ่คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากกล้วย 2) เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์จากกล้วยเพื่อการพัฒนาห่วงโซ่คุณค่า 3) เพื่อพัฒนาห่วงโซ่คุณค่าผลิตภัณฑ์จากกล้วย และ 4) เพื่อศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีที่มีต่อวิสาหกิจชุมชน ซึ่งใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย การวิจัยเอกสาร และการสัมภาษณ์เชิงลึกจากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนจำนวน 25 คน วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์แก่นสาระจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัญหา ความเชื่อมโยง และรูปแบบการปรับปรุงตามหลักแนวคิดห่วงโซ่คุณค่า ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลิตภัณฑ์กล้วยมีความเชื่อมโยงห่วงโซ่คุณค่าของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่เกษตรกร พ่อค้ารายย่อย ผู้รวบรวม วิสาหกิจชุมชน ตลาดท้องถิ่น ตลาดออนไลน์ และร้านค้าส่ง 2) ผลิตภัณฑ์แปงกล้วยได้ถูกคัดเลือกเพื่อปรับปรุงกิจกรรมการผลิต เนื่องจากมีศักยภาพในการแข่งขันและสร้างกำไรต่อหน่วยได้สูงสุด มีกิจกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปงกล้วยทั้งหมด 18 กิจกรรม และกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่ม คือ ตรวจสอบกล้วยดิบและตัด แยกผล เตรียมฆ่าเกลือ ปอกเปลือก สไลด์กล้วยดิบเป็นแผ่นบาง อบ บดละเอียด ร่อนในตะแกรง และบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 3) มีการพัฒนาเครื่องอบกล้วยด้วยลมร้อนเพื่อลดระยะเวลาการอบแห้งได้ร้อยละ 81.25 และ 4) ผลกระทบของการพัฒนากิจกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ ได้รับการรับรองมาตรฐานคุณภาพอาหาร ลดระยะเวลาการผลิตได้ 6 เท่าของการผลิตแบบเดิม และเพิ่มผลิตภาพแรงงานขึ้นร้อยละ 70.65

อมรพร เทียนเงิน และคณะ, (2567). ได้ศึกษาการวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าชาวประมงปูม้าพื้นบ้านในเขตจังหวัดชลบุรี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาห่วงโซ่คุณค่าของการทำประมงปูม้าพื้นบ้านในจังหวัดชลบุรี สภาพและปัญหาของการทำประมงปูม้าพื้นบ้านในจังหวัดชลบุรีและนำเสนอแนวทางในการเพิ่มมูลค่าและวัดประสิทธิภาพของห่วงโซ่คุณค่าทางการตลาดของการทำประมงปูม้าพื้นบ้านในจังหวัดชลบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ใหญ่ข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำธุรกิจประมงปูม้าพื้นบ้านโดยใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลใช้วิธีการสุ่มแบบโควตาและทำการเก็บข้อมูลโดยใช้หลักเกณฑ์ในเรื่องของการทำประมงปู

าพื้นบ้านในการแจกแบบสอบถามเฉพาะผู้ที่ทำการประมงปูมาพื้นบ้านเท่านั้น และผู้ให้ข้อมูลหลักในการสัมภาษณ์ จำนวน 3 คน คือเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับชาวประมงปูมาพื้นบ้านในจังหวัดชลบุรีที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมตั้งแต่กระบวนการต่น้ำไปจนถึงปลายน้ำ และทั้ง 2 กลุ่มจะต้องเป็นชาว ประมงผู้ประกอบการอาชีพการทำประมงปูมาพื้นบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณ 5 อำเภอในเขตจังหวัดชลบุรีงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบผสม ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติได้แก่ ค่าความถี่ ค่า ร้อยละ ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพใช้วิธีการสัมภาษณ์อย่างมีแบบแผนกับผู้ให้ข้อมูลหลักที่สามารถให้ข้อมูลที่มีความสำคัญในอาชีพการทำประมงปูมาพื้นบ้าน ผลการวิจัยพบว่า ปัญหาสภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนทรัพยากรปูมาที่ลดน้อยลง ปัญหาการขายปูมาที่ยังต้องพึ่งพิงพ่อค้าคนกลาง ปัญหาต้นทุนในการจับปูมาสูงขึ้น ปัญหาในการเพิ่มมูลค่าของปูมา ปัญหาการสื่อสารและปัญหาการชำระเงินที่เป็นช่องทางออนไลน์ และปัญหาไม่มีความรู้ในการทำบัญชีรายรับ-รายจ่าย ตั้งสหกรณ์ประมงปูมา การอบรมให้ความรู้อาชีพเสริมให้กับชาวประมงปูมา ควรถ่ายทอดอาชีพชาวประมงปูมาจากรุ่นสู่รุ่น และมีโครงการสร้างคอนโดปูมาให้กับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เป็นการนำร่อง และมีการสอนหรืออบรมการทำต่อ ๆ กันไปเรื่อยและให้เงินสนับสนุนหรือช่วยเหลือ ควรมีการอบรมการใช้สื่อออนไลน์และอบรมการทำบัญชีรายรับ-รายจ่าย รวมถึงมีการประชาสัมพันธ์ข้อมูล ต่าง ๆ ผ่านหัวหน้าชมรม เป็นต้น

สุภาวดี สุวรรณประทีป, (2566). ศึกษาเรื่องการจัดการห่วงโซ่คุณค่าของธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพและปัญหาของธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทย 2) ศึกษาสภาพการแข่งขันของธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทย และ 3) เสนอแนวทางการจัดการห่วงโซ่คุณค่าของธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทย โดยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพผู้ให้ข้อมูลหลักได้แก่ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทย จำนวน 21 ท่าน ซึ่งกำหนดขนาดของผู้ให้ข้อมูลภายใต้หลักการของเทคนิคเดลฟาย และเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสัมภาษณ์เชิงลึก ทำการวิเคราะห์เนื้อหาและพรรณนาความ ผลการวิจัยพบว่า 1) ธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทยมีการใช้กลยุทธ์การสร้างความแตกต่างด้วยการคัดเลือกผู้จำหน่ายวัตถุดิบที่มีการคิดค้นสารสกัดสำคัญนำมาใช้เป็นส่วนประกอบที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อป้องกันการจงใจทำผลิตภัณฑ์ปลอม มีงบประมาณเพียงพอสำหรับการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์แต่ยังมีปัญหาเกี่ยวกับบุคลากรในด้านนี้ มีระบบการดำเนินงานที่เป็นมาตรฐานและมีการควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานของ ISO, HACCP, GMP, GHP2) การแข่งขันของธุรกิจสูงเพราะการเข้ามาของคู่แข่งรายใหม่และคู่แข่งรายเดิมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นธุรกิจที่สร้างรายได้ได้สูงและผู้ที่ต้องการสร้างธุรกิจ OEM ทำได้ง่ายกว่าในอดีตมีการเข้าถึงแหล่งเงินทุนและการใช้เทคโนโลยีการผลิต การใช้สื่อออนไลน์ที่สามารถเข้าถึงลูกค้าได้รวดเร็วและเป็นวงกว้างมากขึ้นกว่าในอดีตและ 3)แนวทางการจัดการห่วงโซ่คุณค่าของธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารคือการสร้างระบบการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนรับเข้าให้เป็นเกณฑ์เฉพาะตามมาตรฐานของวัตถุดิบแต่ละชนิด การให้ความสำคัญกับกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและต้องมีผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดโดยเฉพาะที่มีหน้าที่ให้คำปรึกษาทั้งภายในองค์กรและให้คำปรึกษากับลูกค้าด้านต่าง ๆ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key informant) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการคัดเลือกตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลหลักด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ กลุ่มผู้ประกอบการ จำนวน 7 ราย ในหมู่บ้านป่าเหมี้ยง ต.แจ้ซอ อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

ขอบเขตทางการศึกษา

งานวิจัยการเพิ่มมูลค่าห่วงโซ่กาแฟพร้อมดื่มกาแฟ ได้ประยุกต์ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action: PAR) โดยขั้นตอนของการศึกษาวิจัยการมีส่วนร่วม และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับกลุ่มผู้ประกอบการในหมู่บ้านป่าเหมี้ยงโดยใช้วิธีการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาแบบเจาะจง (Purposive selection) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาที่มีคุณสมบัติตามปัจจัยที่ต้องการศึกษา และการเลือกจากพื้นที่ที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับการปลูกกาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจในพื้นที่หรือหมู่บ้านที่มีผู้ประกอบการเกี่ยวกับกาแฟ (ร้านกาแฟ) ซึ่งตั้งอยู่ในหมู่บ้านป่าเหมี้ยง ตำบลแจ้ซอ อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง กลุ่มผู้ประกอบการกาแฟที่เป็นทั้งเกษตรกรและผู้ประกอบการในหมู่บ้านป่าเหมี้ยงกลุ่มตัวอย่างคือกลุ่มผู้ประกอบการในพื้นที่บ้านป่าเหมี้ยง และกลุ่มขยายผลคือกลุ่มผู้ประกอบการที่จำหน่ายกาแฟ ณ กาดนัดก้อม จังหวัดลำปาง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยคุณภาพของชุมชนบ้านป่าเหมี้ยง ตำบลแจ้ซ้อน ในเขตอำเภอเมืองปาน เพื่อนำมาศึกษาเพื่อเพิ่มมูลค่ากาแฟพร้อมดื่ม โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมจากหลายภาคส่วนทั้งจากประกอบการจากหมู่บ้านป่าเหมี้ยง จากผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัย และจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง กระบวนการของการวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาศักยภาพของชุมชนพื้นที่กรณีศึกษาเกี่ยวกับการแปรรูปกาแฟพร้อมดื่ม

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เพื่อประกอบการทำโครงการวิจัย เพื่อรวบรวมข้อมูลและเพื่อเป็นฐานข้อมูลแก่ผู้วิจัย

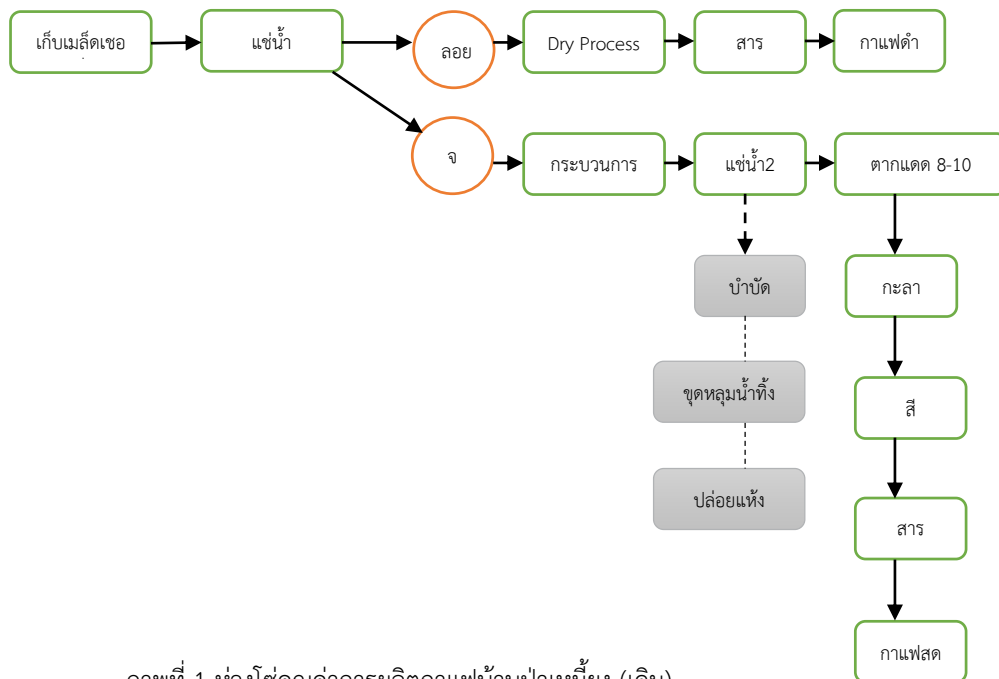
ขั้นตอนที่ 3 เตรียมกระบวนการดำเนินงานการจัดระบบต่างๆ เช่น วิธีการลงพื้นที่ สัมภาษณ์ สัมภาษณ์รายบุคคล และการจัดประชุมกลุ่มย่อย รวมทั้งการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาความรู้ ความเข้าใจ ความเหมาะสม ทักษะคิด ความต้องการ ปัญหาภายในภายนอก ความพร้อมของหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องรวมทั้งชุมชน โดยสัมภาษณ์รายบุคคล และการจัดประชุมกลุ่มย่อย รวมทั้งการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าการผลิตกาแฟอำเภอเมืองปานโดยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ประกอบด้วย วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง อธิบายถึงกระบวนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียดและชัดเจน

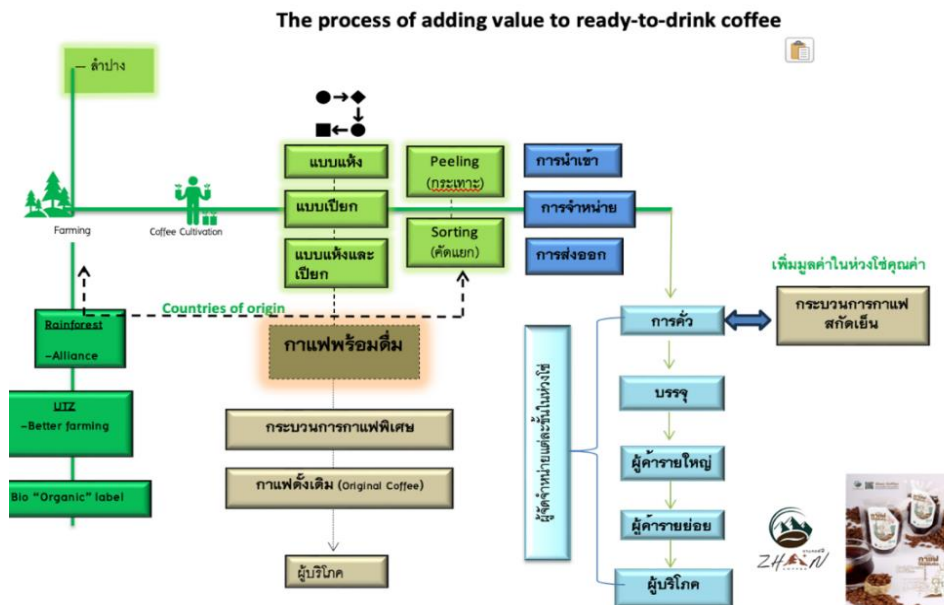
4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินการศึกษาภายใต้วัตถุประสงค์ของโครงการ พบว่า ภายใต้วัตถุประสงค์ข้อที่ 1) ศึกษารูปแบบการยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟพร้อมดื่มภาคเหนือตอนบน กรณีศึกษา บ้านป่าเหมี้ยง ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ผลจากการศึกษาได้ผลผลิตคือกระบวนการผลิตที่แสดงถึงห่วงโซ่คุณค่าในการผลิตกาแฟทั่วไปของผู้ประกอบการบ้านป่าเหมี้ยง



ภาพที่ 1 ห่วงโซ่คุณค่าการผลิตกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง (เดิม)

ภาพที่ 2
รูปแบบการ
สร้างมูลค่า
ห่วงโซ่คุณค่า
ของการผลิต
กาแฟบ้านป่า
เหมี้ยง



จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงห่วงโซ่คุณค่าเดิมที่มีการปลูกกาแฟตั้งแต่พื้นที่ของเกษตรกร ส่งไปยังผู้รวบรวมและผู้ประกอบการซึ่งอาจจะเป็นคนคนเดียวกับผู้ปลูกเพื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปกาแฟด้วยวิธีแบบเปียกและแบบแห้งจากนั้นเข้าสู่กระบวนการกะเทาะเปลือก (สี) โดยได้ผลผลิตคือกาแฟพร้อมดื่มในรูปแบบต่าง ๆ และส่งต่อไปสู่ตลาดในประเทศ และตลาดต่างประเทศ ที่มีทั้งการรับเมล็ดกาแฟที่เป็นผลผลิตมาจากเกษตรกรในกระบวนการรูปแบบต่าง ๆ นำมาสู่การคั่วในระดับต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้บริโภค จากกระบวนการคั่วนำมาสู่ห่วงโซ่คุณค่าใหม่ (ภาพที่ 2) ที่ผ่านการประชุมระดมความคิดเห็นแบบมีส่วนร่วมระหว่างนักวิจัยและผู้ประกอบการ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกาแฟแปรรูป แยกกระบวนการจาก (สีฟ้า) คือกระบวนการสกัดเย็นซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการต่อยอดจากผลผลิตโดยการผลิตยังคงเป็นกระบวนการเดิมของเกษตรกร สืบเนื่องมาจากการวิเคราะห์ถึงรูปแบบห่วงโซ่คุณค่าเดิมของกาแฟแปรรูปผู้ประกอบการบ้านป่าเหมี้ยงดังนี้

1. รูปแบบห่วงโซ่คุณค่ารูปแบบเดิม มีกระบวนการไหลของวัตถุดิบทางการเกษตรเป็นเส้นตรงตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงปลายน้ำ ผ่านผู้ที่เกี่ยวข้องหลายขั้นตอน ได้แก่ นักปลูก นักรวบรวม นักแปรรูป และนักขาย ส่งต่อตามลำดับ เกษตรกรหรือนักปลูกที่นำผลผลิตผลการเกษตรขายต่อไปยังนักรวบรวม และนักแปรรูป ที่มีจำนวนน้อยกว่า จึงถูกกำหนดราคาจากฝั่งผู้ซื้อตามหลักการของอุปสงค์ (Demand) และอุปทาน (Supply) เพราะอุปทานของสินค้าเกษตรมีคามยืดหยุ่นต่ำกว่าอุปสงค์ พ่อค้าจึงผลักภาระส่วนใหญ่ไปยังผู้ผลิตมากกว่าการผลักไปยังผู้บริโภค คือ แม้ราคาขายจะลดลงเกษตรกรก็ไม่มีทางเลือกในการขายมากนัก ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเป็นผู้กำหนดราคาตามต้นทุนการผลิตได้ นอกจากนี้แล้วการซื้อขายภายในห่วงโซ่คุณค่าปัจจุบันยังขาดกระบวนการคิดด้านความเป็นธรรมทางการค้า (Fair trade) ที่จะก่อให้เกิดความมั่นคงทางธุรกิจ จึงทำให้รายได้ของเกษตรกรขึ้นกับการกำหนดราคาของผู้ซื้อ (พ่อค้าคนกลาง หรือนักแปรรูป) เพียงฝ่ายเดียว

2. รูปแบบห่วงโซ่คุณค่าแบบเดิม มีจุดอ่อนในเรื่องของการคัดขนาดและคุณภาพของวัตถุดิบ ที่มักจะทำกันที่ช่วงกลางน้ำหรือปลายน้ำ (ตลาดกลางในภูมิภาค ตลาดค้าปลีก นักแปรรูป) เพราะไม่คุ้มค่าที่นักรวบรวมจะทำหน้าที่นี้ควบคู่กับการรวบรวมสินค้า ระบบห่วงโซ่คุณค่านี้จึงไม่เอื้ออำนวยให้เกษตรกรรายใดรายหนึ่งผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสูงกว่า

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น การผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบห่วงโซ่คุณค่ารูปแบบเดิม เป็นห่วงโซ่คุณค่ารูปแบบใหม่นั้น จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหารายได้ต่ำของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการได้อย่างตรงจุดมากยิ่งขึ้น โดยกระบวนการที่จะสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรจากการกระบวนการผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบห่วงโซ่คุณค่าสามารถดำเนินการได้ 2 แนวทาง ดังนี้

1. เพิ่มผลผลิตกาแฟโดยไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตเดิม
2. สร้างตราสินค้าให้กับชุมชนเพื่อเป็นที่รู้จักในกลุ่มผู้บริโภค

จากการทราบรูปแบบการสร้างมูลค่าในห่วงโซ่คุณค่า (ด้านการผลิต) ให้กับกาแฟบ้านป่าเหมี้ยงได้ดำเนินการศึกษาเพื่อสร้างตราสินค้ากาแฟสกัดเย็น โดยสมาชิกในชุมชนมีส่วนร่วมโดยมุ่งเป้าการศึกษาแบบให้ได้ว่าซึ่งตราสินค้ากาแฟสกัดเย็นซึ่งพบว่ารูปแบบการยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟภาคเหนือตอนบนในรูปแบบกาแฟพร้อมดื่มก่อนเข้าร่วมโครงการ

ผู้ประกอบการมีรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท จากเดิมร้อยละ 33.33 ลดลงเหลือร้อยละ 8.33 รายได้ตั้งแต่ 15,001-25,000 บาท จากร้อยละ 41.66 เป็นร้อยละ 33.33 มีรายได้ 25,001-35,000 บาท จากร้อยละ 8.33 เพิ่มขึ้นร้อยละ 41.66 และมีรายได้มากกว่า 35,000 บาท ร้อยละ 16.66 คงเดิม ซึ่งเกิดจากกลุ่มเป้าหมายได้รับรู้ถึงแบรนด์ ผ่านสัมผัสทั้ง 5 คือ 1. รูป คือ รูปแบบของสินค้าที่กลุ่มเป้าหมายสามารถสัมผัสได้ทางสายตา 2. รส คือ เครื่องดื่มมีรสชาติอย่างไร 3. สัมผัส คือ บรรยากาศสิ่งแวดล้อมที่สามารถสัมผัสได้ผ่านแบรนด์ 4. เสียง คือ รูปแบบของการรับรู้ผ่านเสียงที่จะทำให้ระลึกถึงแบรนด์ได้อย่างชัดเจน และ 5. กลิ่น คือ ความชัดเจนของกลิ่นที่จะสะท้อนถึงแบรนด์ ดังกระบวนการปรากฏดังนี้



จากการดำเนินการกระบวนการในห่วงโซ่คุณค่าใหม่ ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์จากการศึกษาวิจัยคือกาแฟสกัดเย็น ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์



ภาพที่ 3 กระบวนการสร้างตราสินค้าแบบมีส่วนร่วมกับชุมชน

ที่มา: การวิเคราะห์บทสัมภาษณ์ การระดมสมองจากชุมชนและแบบสอบถามของผู้วิจัย; พฤศจิกายน 2566

จากภาพเริ่มต้นจากการศึกษาบริบทของชุมชนที่ผู้ประกอบการอาศัยอยู่คือชุมชนบ้านป่าเหมี้ยง โดยเปิดรับผู้เข้าร่วมโครงการแบบสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการเพิ่มมูลค่ากาแฟแปรรูป เข้าสู่กระบวนการ BDSC คือ ระดมสมองพื้นที่เป้าหมาย (Brainstorming) ออกแบบรูปแบบตราสินค้าร่วมกัน (Designing) อธิบายรูปแบบตราสินค้าที่ต้องการ ร่วมกัน (Sharing) ตรวจสอบเพื่อนำไปใช้ (Checking) เมื่อได้รูปแบบตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์ผนวกกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่ากาแฟแปรรูปของกลุ่มผู้ประกอบการได้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการ จึงไปสู่ขั้นตอนการศึกษาเรียนรู้ความพึงพอใจในการรับรู้สินค้ากาแฟสกัดเย็น จากกลุ่มตัวอย่าง 70 ราย ซึ่งเป็นลูกค้าเป้าหมายของผู้ประกอบการบ้านป่าเหมี้ยงทั้ง 7 ราย ซึ่งปรากฏผลจากการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อกาแฟสกัดเย็นและตราสินค้า (N = 70)

คุณค่ากาแฟสกัดเย็น	\bar{X}	S.D.	ระดับความเห็น
(1) ด้านความรู้จักกาแฟสกัดเย็น			
- เมื่อกล่าวถึงกาแฟสกัดเย็น	4.44	0.63	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ทานคุ้นเคยกับกาแฟสกัดเย็น	3.44	0.63	เห็นด้วย
รวม	3.94	0.36	เห็นด้วย
(2) ด้านคุณภาพที่เกิดจากการรับรู้กาแฟสกัดเย็น			
- กาแฟสกัดเย็น มีความไม่ธรรมดาหากเปรียบเทียบกับกาแฟทั่วไป	4.06	0.77	เห็นด้วย
- กาแฟสกัดเย็น ควรมีตราสินค้าบอกรับรองคุณภาพที่เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน	4.31	0.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
รวม	4.19	0.63	เห็นด้วย
(3) ด้านกลิ่นกาแฟสกัดเย็น			
- กลิ่นมีเอกลักษณ์	3.94	0.68	เห็นด้วย
- กลิ่นควรมีความหอมของกาแฟ	3.94	0.68	เห็นด้วย
- อื่นๆ	-	-	-
รวม	3.94	0.45	เห็นด้วย

(4) สีที่ปรากฏในกาแฟสกัดเย็น			
- สีน้ำตาลอ่อน	3.69	1.40	เห็นด้วย
- สีน้ำตาลเข้ม	4.00	1.32	เห็นด้วย
- สีอื่นๆ	-	-	-
รวม	3.85	0.57	เห็นด้วย
(5) ด้านรสชาติของกาแฟสกัดเย็น			
- มีรสชาติขม	1.31	1.85	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- มีรสชาติหวาน	1.25	1.73	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ไม่มีรสชาติ คิมง่าย	4.56	0.81	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- มีรสชาติเผื่อนติดลิ้น	1.38	1.86	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ไม่มีรสชาติ คิมยาก	1.50	2.03	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
รวม	2.00	0.57	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
(6) ด้านบรรจุภัณฑ์			
- เป็นขวดขนาดคิม 1 แก้ว	3.38	0.50	ไม่แน่ใจ
- เป็นซองพร้อมคิม	3.44	0.63	เห็นด้วย
รวม	3.41	0.52	เห็นด้วย
(7) ด้านวิธีการสื่อสารผ่านชื่อ			
- ชื่อ "กาแฟสกัดเย็น"	4.06	0.57	เห็นด้วย
- ชื่อ "กาแฟ Cold brew"	4.38	0.81	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ชื่อ อื่นๆ	-	-	-
รวม	4.22	0.38	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากการศึกษาห่วงโซ่คุณค่ากาแฟสกัดเย็นนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าเพื่อประโยชน์ทางการแข่งขันในตลาดกาแฟคือการสร้างตราสินค้ากาแฟพิเศษโดยชุมชนมีส่วนร่วม นำไปสู่การบริหารตราสินค้าควบคู่กับการรับรู้ถึงผลิตภัณฑ์กาแฟสกัดเย็นที่ พบว่า และ การศึกษาการรับรู้ "กาแฟสกัดเย็น" พบว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณค่ากาแฟสกัดเย็นการพิจารณาแบ่งออกเป็น 7 ด้าน ดังนี้ 1.ด้านความรู้จักกาแฟสกัดเย็นระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย ($\bar{X} = 3.94$) ซึ่งประกอบด้วย เมื่อกล่าวถึงกาแฟสกัดเย็น($\bar{X} = 4.44$) และความคุ้นเคยกับตราสินค้ากาแฟสกัดเย็น ($\bar{X} = 3.44$) 2.ด้านคุณภาพที่เกิดจากการรับรู้กาแฟสกัดเย็น ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย ($\bar{X} = 4.19$) ซึ่งประกอบด้วย กาแฟสกัดเย็นมีความไม่ธรรมดาหากเปรียบเทียบกับกาแฟทั่วไป ($\bar{X} = 4.06$) และกาแฟสกัดเย็นควรมีตราสินค้าบอกบนบรรจุภัณฑ์ที่เป็นไปในรูปแบบเดียวกันเมื่อกล่าวถึงกาแฟสกัดเย็น($\bar{X} = 4.31$) 3.ด้านกลิ่นของกาแฟสกัดเย็น ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย ($\bar{X} = 3.94$) ซึ่งประกอบด้วย แสดงถึงกลิ่นที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ ($\bar{X} = 4.06$) และกลิ่นควรมีความหอมของกาแฟ ($\bar{X} = 4.31$) 4.สีที่ปรากฏของกาแฟสกัดเย็นระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วย ($\bar{X} = 3.85$) ซึ่งประกอบด้วย สีน้ำตาลอ่อน ($\bar{X} = 3.69$) และสีน้ำตาลเข้ม ($\bar{X} = 4.00$) 5.ด้านรสชาติของกาแฟสกัดเย็น ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วยอย่างยิ่ง มีรสชาติที่คิมง่าย ($\bar{X} = 4.56$) 6.ด้านการบรรจุภัณฑ์ ระดับความคิดเห็นโดยรวมเห็นด้วยในภาชนะเป็นขวดและเป็นถุง ($\bar{X} = 3.41$)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการวิจัยพบว่า การเพิ่มมูลค่ากาแฟแปรรูปสู่กาแฟสกัดเย็นโดยมุ่งเป้าที่ผู้ประกอบการในชุมชนบ้านป่าเหมี้ยง ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน มีการคัดเลือกผู้ประกอบการที่มีความพร้อม การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการสร้างตราสินค้า(แบรนด์) คือผู้ประกอบการซานคอฟฟี่ หนึ่งในผู้ประกอบการในชุมชนบ้านป่าเหมี้ยง การเพิ่มมูลค่ากาแฟแปรรูปสู่กาแฟสกัดเย็น ได้มีการพัฒนาห่วงโซ่คุณค่าด้วยเทคโนโลยีการผลิตกาแฟสกัดเย็น เพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ให้กับผู้ประกอบการ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ ศตวรรษ สกิตเพียรศิริ (2558) ที่กล่าวถึงห่วงโซ่คุณค่าว่าเป็นชุดกิจกรรมซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมหลัก และกิจกรรมรอง และเป็นการวิเคราะห์ลำดับกิจกรรมให้บรรลุเป้าหมายและสร้างความแตกต่างในเชิงบวก หรือความได้เปรียบ เมื่อเทียบกับคู่แข่ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มมูลค่าที่มุ่งตรงไปยังผู้บริโภคส่งผลกระทบต่อการศึกษาของวัตถุประสงค์ที่ 1 ที่พบว่าผู้ประกอบการในชุมชนบ้านป่าเหมี้ยงมีกระบวนการผลิตและแปรรูปกาแฟที่แสดงถึงห่วงโซ่คุณค่าในการผลิตกาแฟของผู้ประกอบการบ้านป่าเหมี้ยง และผลจากการเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่คุณค่าสอดคล้องกับการศึกษาของ สไบทิพย์ มงคลนิมิตร (2563) เรื่องการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ท้องถิ่นกรณีศึกษา เส้นทางพื้นที่ต้นแบบจังหวัดสุโขทัย ที่มีศึกษาการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ท้องถิ่นของเส้นทางพื้นที่ต้นแบบ จังหวัดสุโขทัยและจัดทำแนวทางการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ท้องถิ่น เป็นการวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ มีการกำหนดพื้นที่ต้นแบบ ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากผู้มีบทบาทหลักของห่วงโซ่คุณค่าใน

เส้นทางท่องเที่ยวพื้นที่ต้นแบบ พบว่า คุณค่าของเส้นทางพื้นที่ต้นแบบจังหวัดสุโขทัย ได้แก่ “ความสุขจากวิถีชีวิตที่ผสมผสานระหว่างอดีตและปัจจุบัน” สอดคล้องกับผลการศึกษาศึกษาการเพิ่มมูลค่าของกาแฟแปรรูปเป็นกาแฟสกัดเย็นที่มีการเพิ่มมูลค่าจากการคั่วและแตกผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ ที่มีตราสินค้าที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคภายใต้ตราสินค้าของผู้ประกอบการสอดคล้องกับการศึกษาของ **นัทธมน ภูมิไชย (2562) ได้กล่าวถึงรูปแบบของการสร้างตราสินค้า การสร้างตราสินค้ามีได้หลายรูปแบบ และไม่ได้มีเฉพาะ “ผลิตภัณฑ์” เท่านั้น** แต่ยังสามารถดำเนินการได้กับปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องส่งผลต่อการเพิ่มมูลค่าห่วงโซ่คุณค่ากาแฟภาคเหนือตอนบนด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์กาแฟพร้อมดื่มที่มีรูปแบบการยกระดับห่วงโซ่คุณค่ากาแฟภาคเหนือตอนบนในรูปแบบกาแฟพร้อมดื่มซึ่งก่อนเข้าร่วมโครงการผู้ประกอบการมีรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท จากเดิมร้อยละ 33.33 ลดลงเหลือร้อยละ 8.33 รายได้ตั้งแต่ 15,001-25,000 บาท จากร้อยละ 41.66 เป็นร้อยละ 33.33 มีรายได้ 25,001-35,000 บาท จากร้อยละ 8.33 เพิ่มเป็นร้อยละ 41.66 และมีรายได้มากกว่า 35,000 บาท ร้อยละ 16.66 คงเดิม แสดงให้เห็นถึงการดำเนินโครงการที่สามารถเพิ่มรายได้ให้กับผู้ประกอบการในพื้นที่บ้านป่าเหมี้ยงซึ่งภายใต้โครงการวิจัยมีการดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดนวัตกรรมและเทคโนโลยีทั้งด้านบรรจุภัณฑ์ ด้านเครื่องมือในการเพิ่มมูลค่าคือเครื่องสกัดเย็น และผลของมูลค่าของการดำเนินโครงการทั้งหมด

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากงบวิจัยพื้นฐานมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา หน่วยงานผู้มอบทุนคือ สถาบันวิจัยและพัฒนา มทร.ล้านนา ประจำปีงบประมาณ 2566 จึงขอขอบคุณสำหรับโอกาสในการศึกษาในครั้งนี้ รวมถึงผู้ประกอบการในชุมชนบ้านป่าเหมี้ยง และผู้ประกอบการที่สมทบมาที่อยู่ในบริเวณกาดนั้งก้อม อ. เมือง ลำปาง และขอบคุณการมีส่วนร่วมในการพัฒนาของนักวิจัยทุกท่านในโครงการมา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

นัทธมน ภูมิไชย.(2562). *สร้างตราสินค้ายุคตลาดAEC*. สำนักวิชาการ สำนักเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. ISSN 2587-0520.

บ้านป่าเหมี้ยง. (2559). *ข้อมูลทั่วไปบ้านป่าเหมี้ยง*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2559, จาก <https://banpameiang.wordpress.com/about/>

ไยฟ้า ตระกูลสันติ และคณะ, (2567). *การยกระดับห่วงโซ่คุณค่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม: กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนไข่เค็มบ้านบนโพธิ์ อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช*. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ปีที่ 11 (ฉบับที่ 1) (2567). 79-101.

ศตวรรษ สติชัยเพียรศิริ. (2011). Value Chain ห่วงโซ่คุณค่า. สืบค้น 5 กันยายน 2566, จาก http://www.tps10.org/index.php?option=com_content&view=article&id=126&Itemid=185

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2561). *K SME Analysis ธุรกิจร้านกาแฟ บริหารอย่างไรให้รุ่ง*. ข้อมูลวิจัย ตุลาคม 2561.

สว่าง แป้นจันทร์ และคณะ, (2567). *การจัดการห่วงโซ่คุณค่าของผลิตภัณฑ์แปงกล้วย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครสวรรค์*. วารสารมติเชษฐาราม วัดจอมมณี, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 (มีนาคม - เมษายน 2567). 190-207.

สไบทิพย์ มงคลนิมิตร จิรัชญา โชติโสภานนท์ พณภุช อุดมกิตติ. 2563. *การยกระดับห่วงโซ่คุณค่าการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ท้องถิ่นกรณีศึกษา เส้นทางพื้นที่ต้นแบบจังหวัดสุโขทัย*. วารสารวิชาการท่องเที่ยวไทยนานาชาติ ปีที่ 16 ฉบับที่ 1. คณะการจัดการการท่องเที่ยว สถาบันพัฒนาบัณฑิตบริหารศาสตร์.

สุภาวดี สุวรรณประทีป, (2566). *ศึกษาเรื่องการจัดการห่วงโซ่คุณค่าของธุรกิจผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในประเทศไทย*. วารสารรัชต์ภาคย์, ปีที่ 17 ฉบับที่ 55 พฤศจิกายน - ธันวาคม 2566. 332-349.

อมราพร เทียนเงิน และคณะ, (2567). *การวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าข้าวประมงปทุมบ้านในพื้นที่บ้านในเขตจังหวัดชลบุรี*. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี ปีที่ 20 ฉบับที่ 30 เดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม 2567. 105-116.

Phromsiri, P. (2004, January 1). *Marketing Strategies for the Age of Change*. Nation Business.

Tipphachartyothin, P. (2014). *Quality Control: The importance of consistency*. Journal of Productivity world. 19 (110), 91-96.

การประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาระบบสารสนเทศ การขายสินค้าหน้าร้านกรณีศึกษา บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด

มรกต ทองพรหม^{1*} อารยา นุ่มนัม^{2**} และพงษ์เทพ สอนจีน³

^{1,2} คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาระบบสารสนเทศทางธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา พิชญโลก 52 หมู่ 7 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิชญโลก 65000
³ บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด 1 ตำบล ท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิชญโลก พิชญโลก 65000

*morakot@mutl.ac.th, tonmorakot@gmail.com, 08 0515 1651

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านกรณีศึกษา บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านด้วยเว็บแอปพลิเคชัน 2) ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน 3) ศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้ระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ผู้จัดการ พนักงานขายหน้าร้าน และลูกค้า ของบริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน 2) แบบประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้งานระบบ สถิติในการวิจัยได้แก่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความสะดวกและความรวดเร็วในการทำงานของพนักงานจุดขาย ระบบยังมีความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูลการขายและแสดงผลในรูปแบบสารสนเทศได้ ซึ่งประสิทธิภาพของระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 ด้านผลความพึงพอใจของลูกค้าต่อการทำงานของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 ข้อเสนอแนะงานวิจัยต่อไปคือการเชื่อมโยงระบบการขายหน้าร้าน (POS) กับระบบลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพัฒนาระบบให้เกิดประโยชน์ในธุรกิจต่อไป

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ, การขายสินค้าหน้าร้าน, เว็บแอปพลิเคชัน

Web Application for Point of Sales: A Case Study of Phitsanulok TTK Co., Ltd.

Morakot Thongprom^{1*} Araya Numnim^{2**} and Phongtaep Sonjeen³

^{1,2} Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Business Administration Program, Business Information Systems Major,
Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, 52 Moo 7, Ban Krang Subdistrict, Mueang District,
Phitsanulok Province, 65000, Thailand.

² Phitsanulok TTK Co., Ltd., 154 Moo 1, Tha Pho Subdistrict, Mueang Phitsanulok District,
Phitsanulok Province, 65000, Thailand.

*morakot@mutl.ac.th, tonmorakot@gmail.com, 08 0515 1651

Abstract

The application of web applications in developing an information system for point-of-sale: A case study of Phitsanulok TTK Co., Ltd. This study aims to 1) develop a point-of-sale information system using a web application, 2) evaluate the performance of the point-of-sale information system, and 3) assess customer satisfaction with the point-of-sale information system. The sample comprises managers, sales staff, and customers of Phitsanulok TTK Co., Ltd. The research instruments include 1) the point-of-sale information system, 2) an evaluation form for the system's performance, and 3) a customer satisfaction survey. The statistical methods employed are the mean and standard deviation. The findings reveal that the developed system significantly enhances the efficiency and speed of sales staff operations. Additionally, the system accurately processes sales data and presents it in an informative manner. The system's performance yielded a mean score of 4.80 with a standard deviation of 0.40, while customer satisfaction with the system scored a mean of 4.92 with a standard deviation of 0.27. Future research should focus on integrating the point-of-sale (POS) system with customer relationship management (CRM) systems to analyze data and further optimize the system for enhanced business benefits.

Keywords: Information System, Point of Sale, Web-Based Application

1. บทนำ

ระบบสารสนเทศ เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีดิจิทัล เข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในหลายภาคส่วนของการดำเนินธุรกิจ โดยเฉพาะระบบหรือโปรแกรมสำหรับการขายสินค้าหน้าร้าน ที่ต้องรองรับการบริการลูกค้าด้วยรวดเร็วถูกต้องเพื่อให้ลูกค้าได้เกิดผลความพึงพอใจสูงสุด (Smith, 2019) บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด หรือ ทีเคเค ตั้งอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก เริ่มต้นจากร้านค้าโชวห่วยขนาดเล็ก ขายสินค้า ขายของเล่นทั่วไป จนปัจจุบันเป็นร้านค้าขายปลีก-ขายส่งสินค้าขนาดกลาง ซึ่งได้เปิดทำการค้าขายมาแล้วมากกว่า 30 ปี มีสินค้ามากกว่า 1 หมื่นชนิด มีซัพพลายเออร์มากกว่า 1,000 ราย มีสินค้าหลากหลายและราคาขายสมเหตุสมผล เช่น สินค้าตามเทศกาล เซรามิกส์ อุปกรณ์บริโภค เครื่องครัว เครื่องสำอาง เครื่องเขียน ของเล่นเด็ก อุปกรณ์กีฬา อุปกรณ์ช่าง อุปกรณ์ไอที ซึ่งมีทั้งแบบขายปลีก-ขายส่ง มีพนักงานตามแผนกต่างๆ รวมกันมากกว่า 100 คน เช่น แผนกการขาย จะมีพนักงานประจำอยู่ ณ จุดขายหน้าร้าน เพื่อดำเนินการคิดเงินลูกค้าแผนกจัดเรียงสินค้า จะมีพนักงานประจำอยู่ บริเวณที่สินค้าวางอยู่จะคอยเติมสินค้าและดูแลลูกค้า แผนกคลังสินค้าจะมีพนักงานคอยรับสินค้าที่ส่งเข้ามาเก็บไว้ในโกดังเพื่อคัดแยกนำมาส่งต่อไปให้ฝ่ายจัดเรียงสินค้าดำเนินการต่อไป และยังมีแผนกการเงิน บัญชี จัดซื้อ ทรัพยากรบุคคล และบริการลูกค้า มีลูกค้าจากทั้งภาครัฐและเอกชน ปัจจุบันคุณพงษ์เทพ สอนเงิน ผู้จัดการร้านค้าพิชญโลกทีเคเค ได้มีแนวคิดที่จะนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้ช่วยในการดำเนินธุรกิจมากขึ้น เพื่อช่วยให้ธุรกิจดำเนินการไปได้อย่างราบรื่น จากปัญหาที่ผ่านมาระบบการขายสินค้าหน้าร้านหรือ POS (point of sales) ระบบเดิมนั้นมีทำงานในลักษณะ stand-alone เป็นระบบเก่าที่ใช้มานานหลายปีไม่สามารถส่งข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ทำให้การตรวจสอบข้อมูลการขายสินค้า ขาดความต่อเนื่อง เกิดความล่าช้า ต้องรอการอัปเดตข้อมูลจากจุดขาย และการเข้าถึงข้อมูลนั้นเป็นไปด้วยความยากเนื่องจากระบบเก่านั้นไม่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการประกอบธุรกิจ (Doe, 2020)

เพื่อที่จะดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของเว็บแอปพลิเคชันซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและการประมวลผลบนคลาวด์ และให้บริการผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งข้อดีคือพัฒนาครั้งเดียวสามารถทำงานได้บนหลายระบบปฏิบัติการ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ตลอดเวลาที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต สามารถบำรุงรักษา ปรับปรุงระบบได้อย่างรวดเร็ว มีระบบการเก็บรักษาข้อมูลที่มีความปลอดภัย และการประสานงานระหว่างแผนกดีขึ้น นอกจากนี้ เทคโนโลยีของเว็บแอปพลิเคชันยังช่วยลดความผิดพลาดเนื่องจากระบบมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอัตโนมัติ และยังสามารถนำข้อมูลการขายนำมาแสดงผลในรูปแบบสารสนเทศทำให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลต่างๆ ไปใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจดำเนินการทางธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นและทำให้บริษัทสามารถรับรู้ถึงแนวโน้มและพฤติกรรมของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น (Johnson, 2018)

ดังนั้นการผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันในการพัฒนาระบบสารสนเทศทางธุรกิจสำหรับการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด กระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศนี้ใช้หลักการของ วงจรการพัฒนาแบบ (Systems Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการวางแผน สร้าง ทดสอบ และนำระบบไปใช้ในองค์กร ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญหลายขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน (Planning) การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirements Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การทดสอบ (Testing) การนำไปใช้ (Implementation) และการบำรุงรักษา (Maintenance) กระบวนการ SDLC ช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงและข้อผิดพลาดในการพัฒนาและใช้งานระบบ ระบบที่พัฒนาผ่านกระบวนการ SDLC นี้จะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานในระยะยาว (Lee, 2017) เครื่องมือสำหรับการพัฒนาผู้วิจัยได้ใช้ภาษา HTML เป็นโครงสร้างของเนื้อหาในเว็บปัจจุบันคือเวอร์ชัน HTML5.0 ภาษา CSS ใช้การในออกแบบกำหนดลักษณะขององค์ประกอบของเว็บในมี สี ฟอนต์ ขนาด การจัดวาง พื้นหลัง ต่างๆ ให้มีความสวยงาม นำใช้ ภาษา Javascript ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักโดยใช้ Library ที่นิยมของ Javascript เช่น JQuery เข้ามามีส่วนในการพัฒนาส่วน Frontend หรือหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ให้มีความเป็น Dynamics สามารถเปลี่ยนข้อมูลได้แบบ Real time โดยไม่ต้องรีเฟรชหน้าจอ และใช้ Laraval Framework (PHP) สำหรับการพัฒนาส่วนของ Backend เพื่อช่วยในการประมวลผลและติดต่อสื่อสารข้อมูลกับ Server และได้นำหลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (Systems Analysis and Design) เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ เพิ่มความเร็วในการเข้าถึงข้อมูล ประมวลผลข้อมูลเป็นสารสนเทศและแสดงผลแบบเรียลไทม์สามารถทำงานได้ตามถูกต้องและระบบมีความปลอดภัย เพิ่มความพึงพอใจให้แก่ผู้ประกอบการและลูกค้า และยังเป็นแนวทางต่อยอดในการพัฒนาระบบสารสนเทศทางธุรกิจในรูปแบบอื่นๆ ได้ (Brown, 2016)

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) พัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านด้วยเว็บแอปพลิเคชัน
- 2) ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน
- 3) ศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้ระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านกรณีศึกษา บริษัท พิษณุโลก ทีเคเค จำกัด ได้นำหลักการและทฤษฎีด้านต่างๆ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีด้านระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

เป็นแนวคิดที่นำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการจัดการองค์กร มุ่งเน้นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานในองค์กร (Laudon & Laudon, 2020)

2.1.1 องค์ประกอบหลักของ MIS

- 1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) อุปกรณ์ทางกายภาพที่จับต้องได้ใช้ในการประมวลผลข้อมูล จัดเก็บข้อมูล เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องเซิร์ฟเวอร์ อุปกรณ์ระบบเครือข่าย
- 2) ซอฟต์แวร์ (Software) โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพัฒนาระบบ เช่น โปรแกรม Visual studio code สำหรับการเขียนโปรแกรม โปรแกรม MySQL สำหรับการเก็บฐานข้อมูล
- 3) ข้อมูล (Data) เป็นสิ่งที่ได้เก็บรวบรวมจากการดำเนินงาน เช่น ข้อมูลตัวอักษร ข้อมูลรูปภาพ ข้อมูลเสียง เป็นข้อมูลที่ยังไม่ได้ผ่านการประมวลผล เช่น ข้อมูลการขายสินค้าในฐานข้อมูล (Turban et al., 2018)
- 4) บุคลากร (People) ผู้ใช้งานระบบและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศ
- 5) กระบวนการ (Processes) ขั้นตอนและวิธีการในการใช้ระบบสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินงานและการตัดสินใจ

2.1.2 บทบาทของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

- 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน (Operational Efficiency) ช่วยในการจัดการงานประจำวัน ลดข้อผิดพลาด และเพิ่มความรวดเร็วในการดำเนินงาน
- 2) การสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support) ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและทันเวลาเพื่อช่วยในการตัดสินใจ (O'Brien & Marakas, 2011)
- 3) การวางแผนและการควบคุม (Planning and Control) ช่วยในการวางแผนทรัพยากรและการควบคุมการดำเนินงาน
- 4) การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน (Communication and Collaboration) เพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารและการทำงานร่วมกันระหว่างบุคลากรในองค์กร

2.1.3 การใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการในองค์กร

- 1) การเงินและการบัญชี: ใช้ในการจัดการบัญชี การตรวจสอบ การจัดการงบประมาณ และการวิเคราะห์ทางการเงิน
- 2) การจัดการทรัพยากรมนุษย์: ใช้ในการสรรหาและคัดเลือกบุคลากร การจัดการค่าจ้าง และการพัฒนาบุคลากร (Laudon & Laudon, 2020)
- 3) การตลาดและการขาย: ใช้ในการวิเคราะห์ตลาด การวางแผนการตลาด และการจัดการการขาย (Marinescu, 2013)
- 4) การผลิตและการดำเนินงาน: ใช้ในการวางแผนการผลิต การจัดการคลังสินค้า และการควบคุมคุณภาพ

2.1.4 แนวโน้มและเทคโนโลยีในระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

- 1) Big Data (ข้อมูลขนาดใหญ่) และการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics) การใช้ข้อมูลขนาดใหญ่และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและการทำนายแนวโน้มในอนาคต (McAfee & Brynjolfsson, 2012)
- 2) Internet of Things (IoT) การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ตเพื่อเก็บข้อมูลและการจัดการแบบเรียลไทม์

3) Cloud Computing การใช้เทคโนโลยีคลาวด์ในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล ทำให้การดำเนินงานมีความยืดหยุ่นและลดต้นทุน

4) Artificial Intelligence (AI) และ Machine Learning การใช้ AI และ Machine Learning ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทำนายแนวโน้ม

2.2 ทฤษฎีด้านการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

2.2.1 Software Development Life Cycle (SDLC)

SDLC คือกระบวนการในการพัฒนาระบบ ของเว็บแอปพลิเคชันระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน เพื่อให้ขั้นตอนการพัฒนามีระบบและประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงและข้อผิดพลาด ซึ่งการพัฒนาผู้วิจัยเลือกใช้ Agile Model ซึ่งเป็นวิธีการพัฒนาที่เน้นการทำงานโดยใช้หลักการที่ยืดหยุ่นและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว โดยแนวคิดหลักของ Agile คือการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ใช้และผู้พัฒนาอย่างใกล้ชิด เพื่อให้การพัฒนาเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ กระบวนการใน SDLC จะประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ (Pressman, 2014)

- 1) Planning (การวางแผน) กำหนดขอบเขตของการพัฒนาระบบ วางแผนทรัพยากร งบประมาณ
- 2) Requirements Analysis (การวิเคราะห์ความต้องการ) วิเคราะห์ความต้องการหลักของผู้ใช้ แบ่งเป็นส่วนๆตามฟังก์ชันที่ต้องการ
- 3) Design (การออกแบบ) ออกแบบแต่ละโครงสร้างของระบบ ส่วนประกอบหน้าเว็บไซต์ ฐานข้อมูล
- 4) Development (การพัฒนา) พัฒนาระบบและฟังก์ชันตามขอบเขตที่กำหนด
- 5) Testing (การทดสอบ) ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบตามทีออกแบบและทดลองใช้งาน
- 6) Deployment (การนำไปใช้) นำไปใช้งาน ตรวจสอบการใช้งานและฟังความคิดเห็นของผู้ใช้
- 7) Maintenance (การบำรุงรักษา) แก้ไขปรับปรุงระบบ ประเมินผลประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้

2.2.2 HTML, CSS, และ JavaScript

HTML (HyperText Markup Language)

HTML เป็นภาษามาตรฐานที่ใช้สำหรับสร้างเว็บเพจ ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของเนื้อหาเว็บ โดยใช้แท็กต่างๆ เช่น <html>, <head>, <body>, <div>, <p> และอื่นๆ แท็กเหล่านี้ทำหน้าที่กำหนดส่วนต่างๆ ของเนื้อหาเว็บ เช่น หัวข้อย่อ ย่อหน้า รูปภาพ ลิงก์ และฟอร์ม HTML มีความสำคัญในการสร้างโครงสร้างพื้นฐานของเว็บไซต์ (Robbins, 2018)

CSS (Cascading Style Sheets)

CSS ใช้สำหรับอธิบายการนำเสนอเอกสารที่เขียนด้วย HTML หรือ XML ควบคุมการจัดวาง การใช้สี ฟอนต์ และรูปลักษณะโดยรวมของเว็บเพจ โดยการแยกเนื้อหา (HTML) ออกจากการนำเสนอ (CSS) ทำให้นักพัฒนาสามารถดูแลและอัปเดตเว็บไซต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไวยากรณ์ CSS ประกอบด้วยตัวเลือกและการประกาศ โดยที่ตัวเลือกจะระบุตำแหน่งขององค์ประกอบ HTML และการประกาศจะกำหนดคุณสมบัติและค่าของสไตล์ เช่น `p { color: blue; }` จะเปลี่ยนสีข้อความของทุกแท็ก <p> เป็นสีน้ำเงิน

JavaScript

JavaScript เป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่ช่วยให้เว็บเพจมีความสามารถในการทำงานแบบไดนามิก และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ แตกต่างจาก HTML และ CSS ที่ใช้สำหรับโครงสร้างและสไตล์ JavaScript ให้ความสามารถและพฤติกรรม โดยอนุญาตให้นักพัฒนาสร้างพีเจอรแบบโต้ตอบ เช่น ฟอร์ม ภาพเคลื่อนไหว และการปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อน JavaScript สามารถปรับแต่ง HTML และ CSS ของหน้าเว็บในเวลาจริงผ่าน Document Object Model (DOM) ทำให้การใช้งานเว็บเพจมีประสบการณ์ผู้ใช้ที่ตอบสนองและโต้ตอบได้ (Flanagan, 2020)

2.2.3 Laravel Framework

Laravel เป็นเฟรมเวิร์คเว็บแบบโอเพนซอร์สที่เขียนด้วย PHP ออกแบบมาเพื่อการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้รูปแบบสถาปัตยกรรม Model-View-Controller (MVC) สร้างโดย Taylor Otwell และเปิดตัวครั้งแรกในเดือนมิถุนายน 2011 Laravel ได้กลายเป็นหนึ่งในเฟรมเวิร์คที่ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วในชุมชน PHP ด้วยไวยากรณ์ที่เรียบง่าย ชุดเครื่องมือที่ครอบคลุม และคุณสมบัติที่แข็งแกร่ง ทำให้เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับนักพัฒนาที่ต้องการสร้างเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถขยายและบำรุงรักษาได้ แนวคิดและคุณสมบัติหลัก 1) สถาปัตยกรรม MVC 2) Eloquent ORM Laravel 3) Blade

Templating Engine Blade 4) การกำหนดเส้นทาง 5) การรับรองและการอนุญาต 6) Artisan CLI Artisan 7) Migration และ Schema Builder 8) Middleware Middleware 9) การทดสอบ

บทสรุปด้วยชุดคุณสมบัติที่ครอบคลุม ไวยากรณ์ที่เรียบง่าย และการยึดมั่นในหลักปฏิบัติที่ดีที่สุด Laravel จึงเป็นตัวเลือกที่ทรงพลังและเป็นที่ยอมรับสำหรับนักพัฒนา PHP การมีเอกสารประกอบที่ครอบคลุมและชุมชนที่มีความเคลื่อนไหวช่วยเพิ่มความสำเร็จของ Laravel โดยมีทรัพยากรและการสนับสนุนมากมายสำหรับผู้เริ่มต้นและนักพัฒนาที่มีประสบการณ์ เมื่อการพัฒนาเว็บยังคงพัฒนาไป Laravel จะเน้นไปที่ความเรียบง่าย ประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพของนักพัฒนา ทำให้มีความเกี่ยวข้องในการสร้างเว็บแอปพลิเคชันสมัยใหม่

2.2.4 MySQL

คือระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบโอเพนซอร์สที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากความสามารถในการจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน (DuBois, 2020)

คุณสมบัติหลักของ MySQL

1) การจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS): MySQL รองรับการใช้งานในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูลในตารางที่มีความสัมพันธ์กันได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) SQL (Structured Query Language): MySQL ใช้ภาษาสอบถามข้อมูลที่เรียกว่า SQL เพื่อทำการสร้าง, อ่าน, อัปเดต, และลบข้อมูลในฐานข้อมูล 3) ความสามารถในการจัดการธุรกรรม (Transactions): MySQL รองรับการจัดการธุรกรรม (ACID properties) ทำให้มั่นใจได้ว่าการดำเนินการทั้งหมดในฐานข้อมูลจะถูกต้องและปลอดภัย 4) การสำรองและคืนค่าข้อมูล (Backup and Recovery): MySQL มีเครื่องมือและฟังก์ชันที่ช่วยในการสำรองและคืนค่าข้อมูล เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล 5) การทำงานร่วมกับโปรแกรมและภาษาต่างๆ: MySQL สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมและภาษาการเขียนโปรแกรมหลายๆ ภาษา รวมถึง PHP, Java, Python, และอื่นๆ 6) ประสิทธิภาพและความสามารถในการขยาย (Scalability): MySQL สามารถรองรับการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่และผู้ใช้จำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ 7) ความปลอดภัย (Security): MySQL มีฟังก์ชันในการจัดการสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล และการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อความปลอดภัย

สรุป MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และมีความปลอดภัย จึงเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการพัฒนาระบบและการจัดการข้อมูลในองค์กร

2.3 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี

ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) เป็นทฤษฎีที่ถูกพัฒนาโดย Fred Davis ในปี 1989 เพื่ออธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีใหม่ ๆ ของผู้ใช้งาน ทฤษฎีนี้เป็นการปรับปรุงจากทฤษฎี TRA (Theory of Reasoned Action) ที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมมนุษย์โดยทั่วไป หลักการสำคัญของทฤษฎี TAM ประกอบด้วยสองปัจจัยหลักที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี 1) การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness: PU) 2) การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Davis, 1989)

ปัจจัยทั้งสองนี้ส่งผลต่อทัศนคติของผู้ใช้งาน (Attitude Toward Using: ATU) ซึ่งทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานเทคโนโลยีจะส่งผลให้ผู้ใช้งานตั้งใจใช้งานเทคโนโลยี (Behavioral Intention to Use: BI) และนำไปสู่การใช้งานจริง (Actual System Use: AU) นอกจากนี้ ทฤษฎี TAM ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และพัฒนาการใช้งานเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น การศึกษา การแพทย์ การบริหารจัดการ และอื่น ๆ โดยสามารถปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เกี่ยวข้องตามบริบทเฉพาะของการใช้งาน

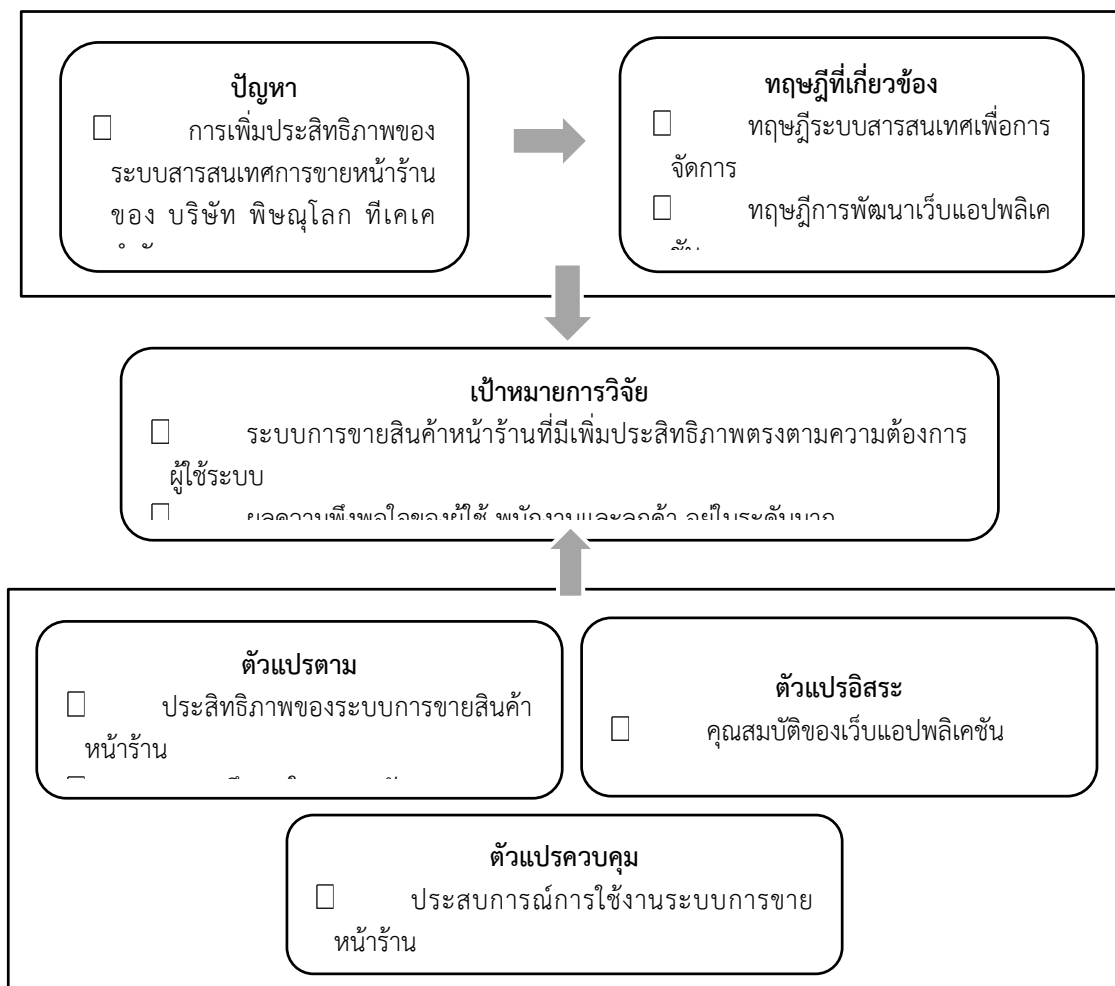
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาปัญหาและความต้องการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาของระบบการขายสินค้าหน้าร้าน ของ บริษัท พิชญ์โลก ทีเคเค จำกัด โดยการรวบรวมข้อมูลจากผู้จัดการ พนักงาน จากการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ พบว่ามีข้อจำกัดที่สำคัญในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูลการขายแบบต่อเนื่องตามจุดขาย ซึ่งปัจจุบันจะมีจุดขายหรือแคชเชียร์สำหรับการชำระเงินของลูกค้าจำนวน 10 จุด ทำให้การเข้าถึงข้อมูลของจุดขายแต่ละจุดเป็นไปด้วยความยากลำบากต้องรอการอัปเดตข้อมูลจากจุดขายและสรุปข้อมูลเป็นสารสนเทศทำให้ใช้เวลาการทำงานที่ใช้เวลามาก เนื่องจากระบบเดิมเป็นระบบที่มีลักษณะการทำงานแบบ Stand-alone และไม่สามารถเชื่อมโยงกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันมาซึ่งสามารถนำมาพัฒนา

เป็นระบบการขายสินค้าหน้าร้าน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ตามหลักทฤษฎีวงจรการพัฒนา ระบบ SDLC เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริง

3.2 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

3.3 วิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการสรุปความต้องการของการพัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน ผ่านการสอบถามหาความต้องการผ่านผู้จัดการ บริษัท พิชญ์โลก ทีเคเค จำกัด โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับแผนการดำเนินงานโครงการตามขอบเขตที่กำหนดไว้

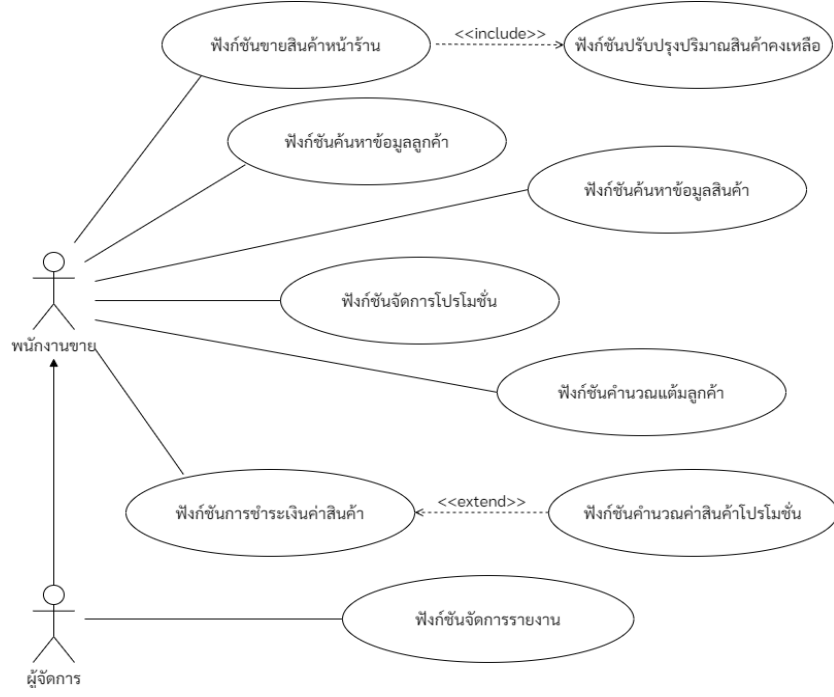
ข้อกำหนดเกี่ยวกับความต้องการของระบบ (System Requirement Specification : SRS)

ชื่อระบบ	ระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน
วัตถุประสงค์	พัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน
กลุ่มผู้ใช้	ผู้จัดการ, พนักงานประจำจุดขาย
ความต้องการของระบบ	<input type="checkbox"/> ผู้จัดการสามารถ เพิ่ม ลดและแก้ไข ข้อมูลจุดขายได้ <input type="checkbox"/> ผู้จัดการสามารถ เพิ่ม ลดและแก้ไข ข้อมูลสินค้าได้ <input type="checkbox"/> ผู้จัดการสามารถ เพิ่ม ลดและแก้ไข ข้อมูลโปรโมชั่นได้ <input type="checkbox"/> ผู้จัดการสามารถ เพิ่ม ลดและแก้ไข ข้อมูลลูกค้าได้ <input type="checkbox"/> ผู้จัดการสามารถ ตรวจสอบรายงานการขายของแต่ละจุดขายผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ <input type="checkbox"/> พนักงานประจำจุดขายสามารถค้นหารายชื่อลูกค้าสมาชิกได้

	<input type="checkbox"/> พนักงานประจำจุดขายสามารถตรวจสอบแต้มของลูกค้าสมาชิกได้ <input type="checkbox"/> พนักงานประจำจุดขายสามารถเลือกรับชำระเงินในรูปแบบต่างๆได้ <input type="checkbox"/> พนักงานประจำจุดขายสามารถพิมพ์รายงานใบเสร็จได้
--	---

Use Case Diagram

ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และฟังก์ชันต่างๆของระบบสารสนเทศการขายหน้าร้าน



รูปที่ 2 Use Case Diagram ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และฟังก์ชัน

3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายของการวิจัยนี้คือผู้จัดการ, พนักงานขายหน้าร้าน, และลูกค้าของบริษัท พิษณุโลก ทีเคเค จำกัด โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างทำโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage Sampling) ดังนี้: ผู้จัดการจำนวน 1 คน และพนักงานขายหน้าร้านจำนวน 9 คนจากจุดขายทั้งหมด 10 จุด ลูกค้าที่ใช้บริการระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านจำนวน 50 คน โดยการสุ่มเลือกจากลูกค้าที่มาใช้บริการในช่วงเวลาการศึกษาวิจัย (Creswell & Creswell, 2018).

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้รับการพัฒนาโดยการกำหนดวัตถุประสงค์และประเด็นที่ต้องการวัด คำถามในแบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง และความน่าเชื่อถือ (Reliability) ได้รับการทดสอบด้วยค่าสถิติค่าความเที่ยงตรง (Cronbach's Alpha) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.85 แสดงถึงความน่าเชื่อถือที่ดี (Creswell, 2014).

การเก็บรวบรวมข้อมูลทำโดยการแจกจ่ายแบบสอบถามและเก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างตามที่กำหนด โดยการตอบแบบสอบถามเป็นไปด้วยความสมัครใจและข้อมูลที่ได้รับจะถูกเก็บเป็นความลับ (Fowler, 2014).

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 Hardware 1) คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Laptop) ความเร็ว 2.80 GHz 2) หน่วยความจำหลัก (RAM) 16 GB 3) หน่วยความจำสำรอง (SSD) 250 GB

3.5.2 Software 1) โปรแกรม Visual Studio Code สำหรับใช้ในการพัฒนาระบบ 2) ภาษา HTML CSS Javascript PHP สำหรับใช้ในการพัฒนาระบบ 3) ฐานข้อมูล MySQL สำหรับเก็บข้อมูลระบบ 4) Google form สำหรับเก็บข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพ ผลความพึงพอใจ

3.5.3 แบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชันการขายสินค้า

3.5.4 แบบประเมินความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้งานระบบการขายสินค้า

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินนำสถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เครื่องมือดังนี้

3.6.1 การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

3.6.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

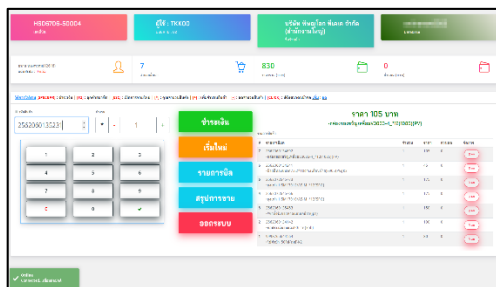
3.6.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) การหาข้อมูลค่าความถี่และร้อยละจากผู้ตอบแบบสอบถาม โดยการนำเสนอสรุปข้อมูลในรูปแบบตาราง 2) ข้อมูลเกี่ยวกับระดับประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบ โดยใช้สถิติพื้นฐานทางคณิตศาสตร์หาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) โดยแปลความหมายจากค่าเฉลี่ยคะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์ค่าเฉลี่ยคะแนนตามเกณฑ์ประสิทธิภาพของระบบและผลความพึงพอใจ

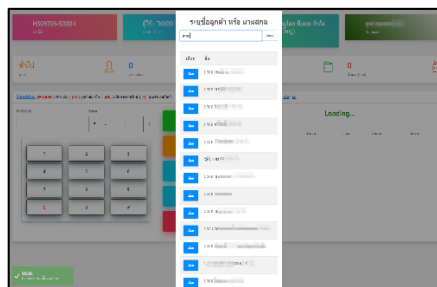
ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ระดับ
4.51 - 5.00	มากที่สุด
3.51 - 4.50	มาก
2.51 - 3.50	ปานกลาง
1.51 - 2.50	น้อย
1.00 - 1.50	น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

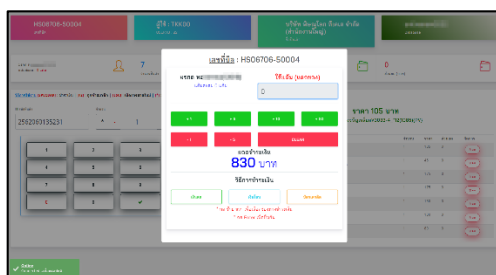
4.1 การประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านกรณีศึกษา บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด โดยมีลักษณะตัวอย่างการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 3 - 7



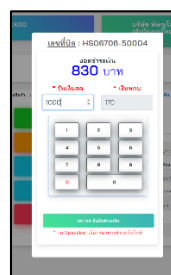
รูปที่ 3 หน้าระบบสารสนเทศขายสินค้าหน้าร้าน



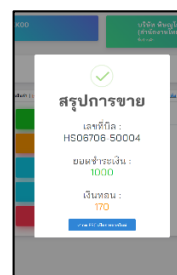
รูปที่ 4 หน้าค้นหาลูกค้าสมาชิก



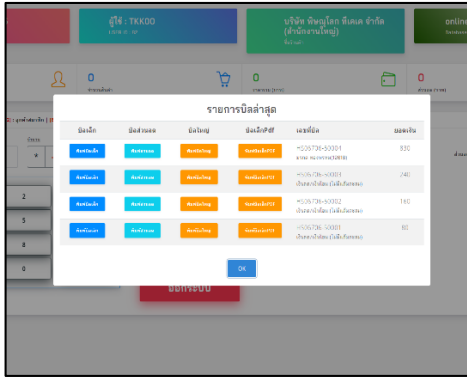
รูปที่ 5 หน้าตัดแต่งลูกค้าและรูปแบบการชำระเงิน



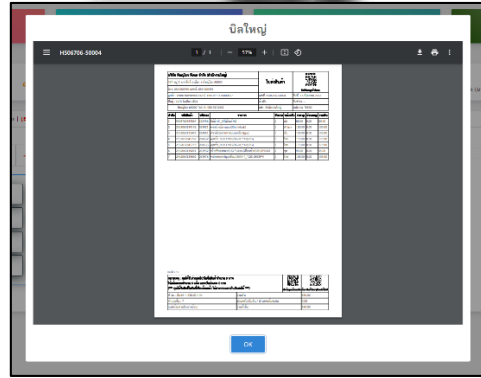
รูปที่ 6 คำนำเงิน



รูปที่ 7 สรุปการชำระเงิน



รูปที่ 8 ออกรายการบิลใบเสร็จ



รูปที่ 9 ตัวอย่างบิลใบเสร็จ

รูปที่ 3 แสดงถึงหน้าระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านโดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีความใกล้เคียงกับระบบเดิม เพื่อให้ผู้ใช้งานต่อการเรียนรู้และใช้งาน รูปที่ 4 ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลลูกค้าได้ทั้งจากเบอร์โทรศัพท์ รหัสสมาชิก ชื่อ หรือ นามสกุล เพื่อสะสมแต้ม หรือใช้แต้มเป็นส่วนลดสินค้าได้ รูปที่ 5 ข้อมูลสรุปราคาสินค้าที่ต้องชำระ และการใช้แต้ม รูปที่ 6 - 7 ระบบสามารถสรุปและคำนวณเงินทอนได้ทันทีเมื่อพนักงานพิมพ์ยอดรับชำระเงิน รูปที่ 8 - 9

4.2 ผลของประสิทธิภาพการทำงานของระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน
ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

ข้อมูลส่วนบุคคล (พนักงานจุดขาย)	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	2	18.18
หญิง	8	72.73
รวม	10	100
2. อายุ		
21 - 25 ปี	4	36.36
26 - 30 ปี	3	27.27
31 - 35 ปี	3	27.27
รวม	10	100
3. ระดับการศึกษา		
ปริญญาตรี	1	9.09
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	3	27.27
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	3	27.27
มัธยมศึกษาปีที่ 6	3	27.27
รวม	10	100

ตารางที่ 3 ข้อมูลผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

รายการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
1. ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานจุดขายได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น	4.80	0.40	มากที่สุด
2. ระบบง่ายต่อการเรียนรู้และการใช้งาน	4.70	0.46	มากที่สุด
3. ระบบสามารถประมวลผลการขายสินค้าหน้าร้านได้ถูกต้อง	4.80	0.40	มากที่สุด
4. ระบบสามารถค้นหาข้อมูลลูกค้าได้ถูกต้องรวดเร็ว	4.60	0.49	มากที่สุด

5. ระบบสามารถจัดการโปรโมชั่นลดราคาสินค้าตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ถูกต้อง	4.30	0.46	มาก
6. ระบบสามารถคำนวณแต้มลูกค้าจากการสั่งซื้อได้	4.80	0.40	มากที่สุด
7. ระบบสามารถรับชำระเงินและสามารถตัดแต้มเพื่อใช้แทนเงินสดได้อย่างถูกต้อง	4.90	0.30	มากที่สุด
8. ระบบสามารถพิมพ์ใบเสร็จได้ทั้งเต็มรูปแบบย่อ	4.90	0.30	มากที่สุด
9. ระบบสามารถแสดงรายงานการขายแต่ละจุดขายได้ และสามารถดูข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้	4.80	0.40	มากที่สุด
10. ระบบมีประโยชน์สามารถใช้งานได้จริงตามความต้องการของผู้ใช้	4.80	0.40	มากที่สุด

4.3 ผลของความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้ระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้าน

ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้

ข้อมูลส่วนบุคคล (ลูกค้า)	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	28	56
หญิง	22	44
รวม	50	100
2. อายุ		
21 – 25 ปี	4	8
26 – 30 ปี	8	16
31 – 35 ปี	7	14
36 – 40 ปี	10	20
41 ปีขึ้นไป	21	42
รวม	50	100
3. ระดับการศึกษา		
ปริญญาตรี	20	40
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	10	20
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	8	16
มัธยมศึกษาปีที่ 6	12	24
รวม	50	100

ตารางที่ 5 ข้อมูลผลการประเมินความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้ระบบ

รายการผลความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้ระบบ	ค่าเฉลี่ย \bar{x}	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma. \sigma.$	ระดับ
1. ลูกค้าได้รับความสะดวกและรวดเร็วในการชำระเงิน	4.94	0.24	มากที่สุด
2. ลูกค้าซื้อสินค้าและชำระเงินได้ถูกต้อง	4.96	0.20	มากที่สุด
3. ลูกค้าแจ้งข้อมูลลูกค้าและระบบค้นหาได้ถูกต้องรวดเร็ว	4.90	0.30	มากที่สุด
4. ลูกค้าตรวจสอบแต้มจากระบบได้ถูกต้อง	4.86	0.35	มากที่สุด
5. ลูกค้าใช้แต้มเพื่อใช้แทนเงินสดได้อย่างถูกต้อง	4.90	0.30	มากที่สุด
6. ลูกค้าสามารถขอใบเสร็จแบบย่อ หรือแบบเต็มรูปได้	4.96	0.20	มากที่สุด
7. ลูกค้ามีความพึงพอใจต่อการทำงานของระบบ	4.92	0.27	มากที่สุด

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านโดยใช้เว็บแอปพลิเคชัน กรณีศึกษา บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานจุดขายได้อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้การทำงานสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น นอกจากนี้ ระบบยังมีความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูลการขายและการสะสมแต้ม ทำให้ลูกค้าสามารถชำระเงินและใช้แต้มสะสมได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ส่งผลให้ลูกค้าที่ใช้ระบบนี้มีความพึงพอใจเพิ่มขึ้น

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องตามแนวคิดระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของ MIS ที่มีฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ข้อมูล บุคลากร และกระบวนการ ระบบใหม่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน ลดข้อผิดพลาด และเพิ่มความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล สอดคล้องกับบทบาทของ MIS ที่ช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน (Operational Efficiency) และการสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support) (Laudon & Laudon, 2020)

ผู้วิจัยใช้ทฤษฎีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้กระบวนการ SDLC ตามแนวคิด Agile Model ที่เน้นการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ใช้และผู้พัฒนา ทำให้ระบบตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบและการประเมินระบบแสดงถึงความสำเร็จในการพัฒนาตามกระบวนการ SDLC ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การนำไปใช้ และการบำรุงรักษา (Pressman, 2014)

รวมถึงทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจสูงสุดต่อระบบใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี TAM ที่ระบุว่า การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) ส่งผลให้ผู้ใช้มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานเทคโนโลยีและนำไปสู่การใช้งานจริง (Davis, 1989)

เปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติยา ไสยญาติ และ จันจิรา ดีเลิศ (2567) ที่พบว่า การพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณิชฐันนิตา คำอ่อง บุญทา จิงดา และ พิมพชนก สุวรรณศรี (2567) ที่พบว่าระบบขายสินค้าเกษตรกรออนไลน์ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการซื้อขายและเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

- 1) การปรับปรุงการดำเนินงานภายในบริษัท ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงการดำเนินงานของบริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด ได้จริง ทำให้การขายสินค้าหน้าร้านมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดเวลาในการประมวลผลและเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า
- 2) การประยุกต์ใช้ในองค์กรอื่น ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับองค์กรอื่นๆ ที่มีลักษณะการดำเนินงานคล้ายคลึงกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขายสินค้าหน้าร้านและปรับปรุงการบริการลูกค้า
- 3) การพัฒนาระบบสารสนเทศในด้านอื่น นอกจากการใช้ในระบบขายสินค้าหน้าร้าน ผลการวิจัยนี้ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศในด้านอื่นๆ เช่น ระบบจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) ระบบจัดการสินค้าคงคลัง (Inventory Management) และระบบบริหารทรัพยากรบุคคล (HRM)
- 4) การศึกษาเพิ่มเติม ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อวัดผลการนำระบบไปใช้ในระยะเวลา และการศึกษาผลกระทบของการใช้ระบบในองค์กรอื่นๆ เพื่อพัฒนาระบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในบริบทที่หลากหลาย

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาระบบสารสนเทศการขายสินค้าหน้าร้านกรณีศึกษา บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด” ได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากหลายหน่วยงานและบุคคลที่มีส่วนสำคัญในการดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณกรรมการ บริษัท พิชญโลก ทีเคเค จำกัด ทุกท่านที่อนุญาตให้ใช้บริษัทเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ความร่วมมือและความเอื้อเฟื้อข้อมูลของบริษัทเป็นสิ่งที่มีคุณค่าอย่างยิ่งในการศึกษาปัญหาทำวิจัยทางระบบสารสนเทศทางธุรกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบคุณท่านผู้จัดการบริษัท คุณพงษ์เทพ สอนจิ้น ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าในด้านธุรกิจของระบบการขายหน้าร้าน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินการวิจัยนี้

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ซึ่งเป็นหน่วยงานต้นสังกัดที่ได้ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยนี้ในทุกขั้นตอน ทั้งในด้านการให้คำแนะนำ การสนับสนุนทรัพยากร และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการทำวิจัย ความสำเร็จของงานวิจัยนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หากปราศจากความร่วมมือและการสนับสนุนจากทุกฝ่าย ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงสุดอีกครั้งต่อทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Doe, J. (2020). The impact of standalone POS systems on business efficiency. *Journal of Business Management*, 45(2), 123-135.
- DuBois, P. (2020). *MySQL* (8th ed.). O'Reilly Media.
- Flanagan, D. (2020). *JavaScript: The Definitive Guide* (7th ed.). O'Reilly Media.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (16th ed.). Pearson.
- Smith, A. (2019). The role of information technology in business operations. *International Journal of Information Systems*, 34(1), 78-92.
- Creswell, J. D., & Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage publications.
- Johnson, R. (2018). The benefits of web applications in business operations. *International Journal of E-Business*, 36(2), 78-89.
- Robbins, J. N. (2018). *Learning Web Design: A Beginner's Guide to HTML, CSS, JavaScript, and Web Graphics* (5th ed.). O'Reilly Media.
- Lee, C. (2017). Implementing SDLC in modern business environments. *Journal of Systems Development*, 29(4), 112-129.
- Brown, P. (2016). Systems analysis and design: Creating efficient systems. *Journal of Information Systems*, 22(3), 45-59.
- Stauffer, M. (2016). *Laravel: Up and Running: A Framework for Building Modern PHP Apps*. O'Reilly Media.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage publications.
- Fowler, F. J. (2014). *Survey research methods* (5th ed.). Sage publications.
- Pressman, R. S. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Marinescu, D. C. (2013). *Cloud Computing: Theory and Practice*. Elsevier.
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2012). Big Data: The Management Revolution. *Harvard Business Review*.
- O'Brien, J. A., & Marakas, G. M. (2011). *Management Information Systems* (10th ed.). McGraw-Hill/Irwin.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- กิตติยา ไสยญาติ, & จันจิรา ทีเลิศ. (2567). การพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์: กรณีศึกษาร้าน ส. บ้านศิลป์. *วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี*, 6(1), 40-52.
- ณัฐธินดา คำอ่อง, บุญทา จิงตา, & พิมพ์ชนก สุวรรณศรี. (2567). ระบบขายสินค้าเกษตรกรออนไลน์ร้าน ณัฐธินดาฟาร์ม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 2(3), 37-52.
- บัญชา ปะสีละเตสัง. (2565). *สร้างเว็บไซต์แบบ Responsive ด้วย Bootstrap ร่วมกับ CSS และ JavaScript*. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

- พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม. (2566). การพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้านกรณีศึกษาบริษัท พอเพียงอินดัสทรี จำกัด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 11(2), 101-119.
- ภิมภัทร ภูไทกัมปนาทภิญญา, & ชานนท์ เดชสุภา. (2566). แพลตฟอร์มการขายหน้าร้านสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจค้าปลีกขนาดกลางและขนาดย่อม. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี*, 1(1), 51-60.
- ศุภชัย สมพานิช. (2566). *BASIC CODING สำหรับ WEB DEVELOPER ด้วย HTML5, CSS3 และ JAVASCRIPT*. สำนักพิมพ์อินโฟเพรส.
- เจษฎาพร ยุทธนวิบูลย์ชัย. (2563). *ระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีการจัดการความรู้*. สำนักพิมพ์ซีเอ็ด ยูเคชั่น.
- อรุณศักดิ์ ผัดวัง, & ประสพชัย พสุนนท์ (2565). คุณภาพของการบริการอิเล็กทรอนิกส์และการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบต่อความตั้งใจของร้านอาหารในการเลือกใช้ระบบวงในพีโอเอสในเครือข่ายวงในของร้านอาหารในจังหวัดนนทบุรี. *วารสารวิชาการสารสนเทศและเทคโนโลยี*, 3(2), 39-52.

แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

คณา ศรีฟ้าเลื่อน ^{1*}

¹ อาจารย์หลักสูตรเตรียมบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
98 หมู่ที่ 8 ตำบลป่าป้อ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

*buncha001@rmutl.ac.th, 08 5539 1445

บทคัดย่อ

การศึกษา แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่มด้านการบัญชีและด้านการตลาด ให้กับกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ จัดเก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงพื้นที่ การสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ ทำการวิเคราะห์เชิงพรรณนา จากสมาชิกจำนวน 12 ราย โดยทำการเก็บข้อมูลในระหว่างปี 2566 เพื่อนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ปรับใช้ในการบริหารจัดการกลุ่ม การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์เบื้องต้น และการพัฒนาช่องทางด้านการตลาด ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ มีผลิตภัณฑ์หลักคือ ผ้าฝ้ายทอมือ (ผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้) สามารถแยกรายการค่าใช้จ่ายเพื่อจัดทำต้นทุนเบื้องต้น รวมถึงการวิเคราะห์ Business Model Canvas (BMC) ของกลุ่มซึ่งก่อเกิดกระบวนการทำงานอย่างมีเป้าหมาย ทราบถึงแนวทางการพัฒนาธุรกิจของกลุ่ม กล่าวโดยสรุป การพัฒนาองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการ และการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายออนไลน์ ส่งผลดีต่อกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ในการสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์และกลุ่ม ก่อให้เกิดการขับเคลื่อนเศรษฐกิจให้แก่กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวง ต่อไป

คำสำคัญ : แนวทางการพัฒนา, การบริหารจัดการกลุ่ม, การบัญชี, การตลาด

Guidelines for the development of group management, accounting and marketing Tai Lue weaving group, Ban Luang Tai, Tambon Chengdoi, Amphoe Doi Saket, Chiang Mai Province

Katacha Srifaluean^{1*}

¹ Lecturer Faculty of College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna 98 Moo 8, T.Papong, Doisaket District, Chiangmai

* buncha001@rmutl.ac.th, 08 5539 1445

Abstract

The study of the development guidelines for group management, accounting and marketing of the Ban Luang Tai Tai Weaving Group, Chengdoi Subdistrict, Doi Saket District, Chiang Mai Province, aimed to find guidelines for developing knowledge in group management, accounting and marketing for the Ban Luang Tai Tai Weaving Group. Data were collected from field visits, interviews, observations, and descriptive analysis from 12 members. Data were collected during 2023 to apply the interview data to group management, initial product cost calculations, and marketing channel development. The results of the study found that the Ban Luang Tai Tai Weaving Group's main product is hand-woven cotton (Ban Luang Tai Tai Weaving Group). It can separate expense items to create initial costs, including analyzing the group's Business Model Canvas (BMC), which creates a goal-oriented work process and understands the group's business development guidelines. In summary, the development of knowledge in management and the development of knowledge in increasing online distribution channels have positive effects on the Ban Luang Tai Tai Weaving Group in creating added value for products and groups. To drive the economy for the Tai Lue Ban Luang weaving group in the future.

Keywords: Development guidelines, Group management, Accounting, Marketing

1. บทนำ

กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เป็นกลุ่มที่รวมกันเพื่อสืบสานงานทอผ้าที่เป็นเอกลักษณ์จนเป็นอัตลักษณ์ของชุมชนไทลื้อที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จัก ที่มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนาน สืบสานเรื่องราวเล่าขานเป็นที่น่าสนใจ ปัจจุบันคนในชุมชนบ้านลวงใต้ ได้รวมกลุ่มกันเริ่มต้นจาก คนที่มีใจรักผูกพันกับผ้าทอไทลื้อมาตั้งแต่วัยเยาว์ จนรู้สึกรักและหลงใหลใน อัตลักษณ์ของผ้าทอไทลื้อ จึงได้รวมตัวกันโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสืบสาน ถ่ายทอดต่อยอด และสร้างงาน สร้างรายได้จากผลิตภัณฑ์ผ้าทอไทลื้อ ตั้งแต่กระบวนการต้นน้ำ คือเป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบเองจากต้นฝ้าย การทำกระบวนการผลิตตั้งแต่การอีด การปั่น การออกแบบ เย็บตัด รวมถึงการขาย อีกทั้งยังมีการต่อยอดให้เป็นศูนย์เรียนรู้แก่เยาวชนคนรุ่นหลังได้เข้าศึกษา เรียนรู้ วิถีชีวิต กระบวนการผลิต ของผ้าทอไทลื้อ

แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่มด้านการบัญชีและการตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเพิ่มคุณค่า มูลค่า อันจะเกิดจากทรัพยากรด้านบุคคล องค์ความรู้อัตลักษณ์ผ่านการศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอไทลื้อสร้างมูลค่าเพิ่มเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ณ ศูนย์การเรียนรู้ผ้าทอไทลื้อของกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ อีกทั้ง คนในชุมชนและสมาชิกในกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีความรักความผูกพัน และมีความพยายามที่จะสืบสาน รักษา และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่น คณะวิจัยจึงเห็นผลของการต่อยอดที่จะมีความยั่งยืนในอนาคต โดยคณะวิจัยจะเข้าไปมีส่วนร่วมการพัฒนาจากประเด็นปัญหาและความต้องการของกลุ่ม อันประกอบด้วย การสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยเรื่องเล่าผ่านกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์จากอัตลักษณ์ของชุมชนและผ้าทอไทลื้อ การบริหารจัดการกลุ่ม ในด้านทำบัญชี การตลาด โดยมุ่งหวังให้เกิดการจ้างงานในชุมชน สร้างรายได้ให้กลุ่มและคนในชุมชน การบริหารจัดการกลุ่มฯอันจะนำไปสู่การอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนต่อไป

จากการวิเคราะห์สภาพพื้นที่ บริบทชุมชนและสภาพการณ์ปัจจุบันของกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ พบว่า จุดอ่อนที่ควรได้รับแก้ไขหรือพัฒนาเป็นลำดับแรก ได้แก่ การพัฒนาองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม ด้านการบัญชี และด้านการตลาด เพื่อสร้างแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่มด้านการบัญชี การตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ เพื่อสร้างโอกาสในด้านการสร้างงานและกระจายรายได้ มีการส่งเสริมศักยภาพด้านการตลาดโดยเพิ่มช่องทางจำหน่ายผลิตภัณฑ์และปรับตัวกับสถานการณ์ในปัจจุบัน ด้านการวิเคราะห์ปัจจัยภายในกลุ่มพบว่า กลุ่มยังขาดระบบการบริหารจัดการกลุ่มอย่างเช่น ด้านการทำบัญชี ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม ด้านการตลาด การวิเคราะห์ด้านปัจจัยภายนอก พบว่า ปัญหาจากโรคอุบัติใหม่ ส่งผลกระทบต่อกลุ่ม ทำให้การดำเนินธุรกิจต้องหยุดชะงัก ไม่ได้ดำเนินการ และโอกาสของการฟื้นตัวยังมีความเป็นไปได้น้อย การปรับตัวและการพัฒนาศักยภาพของกลุ่มวิสาหกิจเพื่อรองรับการสร้างความสามารถในการแข่งขัน เพื่อการดำรงอยู่ของกลุ่มวิสาหกิจอย่างยั่งยืนต่อไป จึงมีความจำเป็นในการถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อพัฒนากลุ่มให้ได้รับองค์ความรู้ที่เหมาะสม

จากการผลดำเนินงานแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2566 การหารือร่วมกับภาคีเครือข่ายและผลการจัดเก็บข้อมูลด้านข้อคิดเห็นของผู้เข้าร่วมกิจกรรมฯ ข้างต้น คณะทำงานเห็นว่ากลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีทุนทรัพยากรในพื้นที่ มีศักยภาพด้านบุคคล และความเป็นไปได้ในการพัฒนาขยายผลในระดับชุมชน หากได้รับการส่งเสริม สนับสนุน พัฒนาศักยภาพของกลุ่มอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการบริหารจัดการกลุ่มเพื่อรองรับการเติบโตจากการพัฒนาพื้นที่ในอนาคตทั้งด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์ การพัฒนามาตรฐานการประเมินอาคารผลิตเครื่องสำอางสามารถสร้างรายได้หรือลดรายจ่ายให้กับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจและคนในชุมชน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบัญชี

การบัญชี หมายถึง การเริ่มต้นตั้งแต่การนำรายการค้ามาจดบันทึกในรูปของหน่วยเงินตราแยกประเภทรายการที่บันทึกไว้ และทำรายงานสรุปผลของรายการเหล่านั้นที่มีต่อกิจการ โดยทั่วไปกิจการจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็นช่วงเวลาเพื่อสรุปผลการดำเนินงาน เมื่อสิ้นช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง กิจการจะต้องจัดทำรายงานขึ้น เรียกว่า งบการเงิน ซึ่งเป็นรายงานที่แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานของกิจการในช่วงเวลานั้น และฐานะการเงินในวันสิ้นงวด

จากแนวคิดดังกล่าว สรุปได้ว่า การบัญชี หมายถึง ศิลปะในการจดบันทึก จัดประเภท สรุปผล และรายงานเหตุการณ์ทางธุรกิจในรูปแบบของหน่วยเงินตรา ที่ทำให้ทราบถึงผลการดำเนินงาน และฐานะการเงิน (วัฒนา ศิวะเกื้อและคณะ 2559)

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารการตลาด

การตลาดโซเชียลมีเดีย (Social Media Marketing) คือ การทำการตลาดบนสังคมออนไลน์เป็นกลยุทธ์ทางการตลาดผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้กับองค์กรและติดต่อสื่อสารไปยังกลุ่มเป้าหมายโดยผ่านทางโซเชียลมีเดีย เช่น เฟสบุ๊ก อิน스타그램 ทวิตเตอร์ ยูทูบ โลกออนไลน์ เป็นต้น

การทำการตลาดออนไลน์นั้นมีหลายช่องทางในการสื่อสารข้อมูลไปยังผู้บริโภค ซึ่งแต่ละช่องทางมีลักษณะและกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ 2550)

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับช่องทางการจัดจำหน่าย

การจัดการช่องทางการจัดจำหน่ายและการกระจายสินค้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จทางการตลาด เป็นการจัดการที่เกี่ยวข้องกับผู้ผลิต คนกลางหน่วยงานสนับสนุนการกระจายสินค้าและผู้บริโภคอย่างมีประสิทธิภาพ ต้นทุนต่ำ ผู้บริโภคพึงพอใจและองค์การตลาดที่เกี่ยวข้องได้รับผลตอบแทนในระดับที่บรรลุเป้าหมายทางการตลาดของแต่ละฝ่าย นักการตลาดต้องมีความเข้าใจบทบาทของช่องทางการจัดจำหน่ายเพื่อจะได้ออกแบบ และหาวิธีการช่องทางการจัดจำหน่ายอย่างมีประสิทธิภาพ และต้องเข้าใจพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของช่องทางการจัดจำหน่ายที่กำลังเกิดขึ้นในประเทศไทย ด้วย (นงนิตต์ ศิริโกคากิจ 2551)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

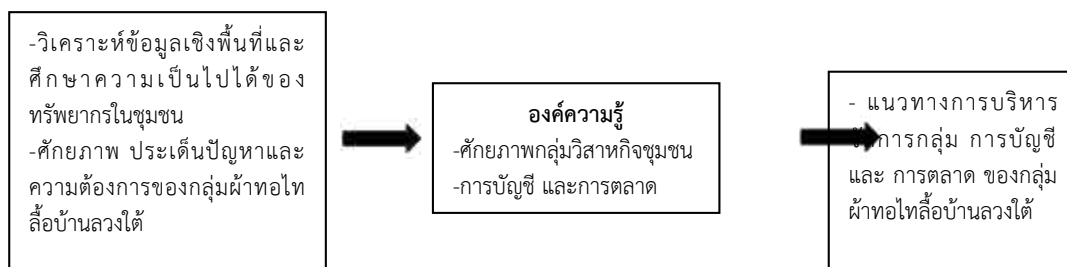
บัญชา อินทะกุล (2560) กลยุทธ์การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่อย่างยั่งยืน พบว่า วิสาหกิจชุมชนมีจุดแข็ง คือ มีการแบ่งหน้าที่อย่างชัดเจน มีการจัดโครงสร้างองค์กรและแบ่งหน้าที่ให้สมาชิกอย่างมีความยุติธรรม มีวิถีดุติเป็นของตนเอง จุดอ่อน คือ การคัดเลือกคนเข้าทำงานยังใช้ระบบอุปถัมภ์ ขาดความรู้ในการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยส่งเสริมในเรื่องช่องทางการจัดจำหน่าย โอกาส คือ ได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอก มีเครือข่ายที่ให้การสนับสนุนด้านการตลาด และอุปสรรค คือ การเข้ามาของคู่แข่งเพิ่มขึ้น ในส่วนของการประเมินศักยภาพ การบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ ก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการพบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีศักยภาพด้านการบริหารจัดการด้านการผลิต การบริหารทรัพยากรมนุษย์ และการบริหารจัดการด้านการตลาดอยู่ในระดับกลาง และการบริหารจัดการด้านการเงินอยู่ในระดับน้อย สำหรับศักยภาพการบริหารจัดการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนภายหลังการเข้าร่วมโครงการอยู่ในระดับมาก ด้านการผลิต การตลาด การบริหารจัดการด้านทรัพยากรมนุษย์ สำหรับการบริหารจัดการด้านการเงินอยู่ในระดับกลาง จากการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ โดยจัดทำเป็นกลยุทธ์การพัฒนาเพื่อประสิทธิภาพและขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการด้านการตลาด มีประเด็นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีจุดอ่อนที่สุดและจำเป็นต้องทำการพัฒนาโดยเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าให้มีความหลากหลาย โดยการใช้เทคโนโลยีสื่ออิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้เป็นกลยุทธ์การพัฒนาศักยภาพการบริหารจัดการตลาดโดยทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถสร้างเว็บไซต์ Facebook สำหรับการโฆษณาประชาสัมพันธ์สินค้าให้เป็นที่รู้จักแพร่หลายได้กว้างขวางขึ้นภายใต้ชื่อ “ของดีตำบลห้วยทราย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่”

ปุนฑริกา สุนทรสิทธิ์ (2556) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาศักยภาพทางการตลาด ผลิตภัณฑ์จากเศษผ้า และสร้างเครือข่ายความร่วมมือ: กรณีศึกษา กลุ่มอาชีพตัดเย็บบ้านน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการดำเนินงานสภาพปัญหา และความต้องการของกลุ่มอาชีพตัดเย็บบ้านน้ำร้อน ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ พัฒนาศักยภาพทางการตลาด ในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้วัสดุจากเศษผ้า และสร้างเครือข่ายความร่วมมือต่อยอดองค์ความรู้ให้แก่ชุมชนในตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ประชากรในการศึกษาคือ กลุ่มอาชีพตัดเย็บ หมู 5 บ้านน้ำร้อน ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของสมาชิกกลุ่มอาชีพ และแบบประเมินความรู้ความสามารถ ทักษะ และระดับรายได้ ผลการวิจัยพบว่ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษผ้า 3 ชิ้นงาน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ไม้แจ๊จากเศษผ้า ผลิตภัณฑ์ดอกไม้แฟนซีจากเศษผ้าผลิตภัณฑ์คีย์โคฟเวอร์ของกุญแจจากเศษผ้า และชุมชนสามารถนำไปจัดจำหน่ายได้เกิดการพัฒนาศักยภาพทางการตลาด

วรารณ อ่อนคำ, พงศ์สวัสดิ์ ราชจันทร์, วรฉัตร วรวิธรรม และสุรียา ปัญญาจิตร (2564) ศักยภาพในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษากลุ่มอาชีพการทอเสื่ออก แม่บ้านตะวันสีทอง บ้านท่าเสี้ยว ตำบลสะอาด อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า ศักยภาพในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทางกลุ่มมีการพัฒนาการทอเสื่ออกให้เกิดมูลค่าที่นำมาผลิตเป็นเครื่องมือใช้สอยในชีวิตประจำวัน นำมาจัดทำเป็นกลุ่มอาชีพของชุมชน ส่งผลทำให้เกิดรายได้หมุนเวียนในครอบครัว และเป็นอาชีพเสริมของคนในชุมชน ทั้งยังมีการจัดโครงการไปศึกษาดูงานนอกพื้นที่เกี่ยวกับสินค้าจากเสื่ออก โดยนำมาประยุกต์และต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอาชีพการทอเสื่ออก และผลการศึกษาในประเด็นแนวทางในการบริหาร

จัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มอาชีพการทอเสื่ออกแม่บ้านตะวันสีทอง บ้านท่าเสียว ตำบลสะอาด อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า กลุ่มได้คำนึงถึงการพัฒนาและต่อยอดอย่างต่อเนื่อง โดยมีกรอบรูปปลูกฝังให้กับคนรุ่นใหม่ในหมู่บ้านอนุรักษ์สืบสานอาชีพที่บรรพบุรุษได้ สืบทอดกันมา มีการจัดฝึกอบรมและการเข้ามาสนับสนุนและให้ความรู้จากภาครัฐและเอกชนต่าง ๆ แนะนำช่องทางการจำหน่ายสินค้าชุมชน การผลิตสินค้าที่มีเอกลักษณ์และสามารถดึงดูดใจของสินค้าออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ

สาธิต ศิริวิศิษฐ์กุล (2560) การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดปทุมธานี พบว่า ความคิดเห็นต่อการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดปทุมธานี โดยภาพรวมอยู่ในระดับต่ำ ขีดความสามารถในการจัดการวัตถุดิบ ด้านเทคโนโลยีการผลิตร่วม ด้านการจัดการธุรกิจและการตลาด ด้านการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานสาธารณสุขรวมกันอธิบายความสำเร็จทางธุรกิจของผู้ประกอบการสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดปทุมธานีได้



ภาพที่ 1 กรอบงานวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

2. เครื่องมือที่ใช้

การสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้าน สังคม วัฒนธรรม วิถีชีวิต การสัมภาษณ์เจาะลึก (In-Depth Interview) ปรากฏการณ์ชุมชน สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจ การสนทนากลุ่ม (Focus Group)ภาคีเครือข่าย ใช้การสนทนากลุ่มกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ และกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้อง การใช้แบบสอบถามจัดเก็บข้อมูลความคิดเห็น/ระดับความพึงพอใจ

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม SWOTs ระบุจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และข้อจำกัด โดยที่การประเมินสภาพแวดล้อมที่เป็นการระบุให้เห็นถึงจุดแข็งและจุดอ่อนจะเป็นการประเมินภายในองค์กร ส่วนการประเมินสภาพแวดล้อมที่เป็นโอกาสและข้อจำกัดจะเป็นการประเมินภายนอกองค์กร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสม

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling technique) จากสมาชิกกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ที่ทำการผลิตผ้าฝ้ายทอมือ (ผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้) ซึ่งทำการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในการผลิต ได้แก่ ประธานกลุ่มผ้าทอไทลื้อ และสมาชิกจำนวน 11 ราย คำถามแบบปลายเปิด โดยทำการเก็บข้อมูลในระหว่างปี 2566

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยทำการรวบรวมข้อมูลทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิมาทำการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Method) ด้วยการบรรยายเพื่อรายงานผลการศึกษาวิจัย

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการศึกษาแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีเนื้อหา ดังนี้

1. การวิเคราะห์สภาพกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัด

เชียงใหม่

2. การพัฒนาศักยภาพสมาชิกของกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบล เชียงคอย อำเภอคอยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่ ด้านการทำบัญชี การบริหารจัดการ และการตลาด

5.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชียงคอย อำเภอคอยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่

5.3 ขอบเขตด้านประชากร

จำนวน 1 กลุ่มวิสาหกิจชุมชน คือ กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชียงคอย อำเภอคอยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่

5.4 ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลา 1 ปี ระหว่างเดือน ตุลาคม 2565 ถึง กันยายน 2566

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด กลุ่มผ้าทอ ไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชียงคอย อำเภอคอยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี ด้านการตลาด ให้กับกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชียงคอย อำเภอคอยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีกิจกรรมดำเนินการ ดังนี้

ด้านการทำบัญชีและการบริหารจัดการกลุ่ม

จากการสัมภาษณ์ผู้ทำบัญชีของกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ พบว่า ผู้ทำบัญชีไม่ได้จบการศึกษาด้านการบัญชีโดยตรง ยังไม่มีประสบการณ์ด้านการทำบัญชี เรียนรู้การทำบัญชีจากประสบการณ์ตรงและเรียนรู้ด้วยตนเองจากอินเทอร์เน็ต มีทักษะและความสนใจด้านเทคโนโลยี และจากการวิเคราะห์ข้อมูลของสมุดบัญชีของกลุ่มฯ พบว่า มีสมุดบัญชีจำนวน 1 เล่ม เพื่อแยกข้อมูลการลงรายการ มีการบันทึกรายการบางรายการเป็นข้อมูลเชิงพรรณนา มีการจัดเก็บข้อมูลด้านลูกค้า ได้แก่ เพศ และประเภทลูกค้าจำแนกตามสัญชาติ ไม่มีการนำข้อมูลด้านมาใช้ประโยชน์เพียงแต่จดบันทึกไว้เท่านั้น รวมถึงยังมีจุดอ่อนด้านการควบคุมภายในที่ดี สังเกตได้จากฝ่ายการเงินและฝ่ายบัญชีเป็นคนเดียวกัน การทำบัญชีขาดการรับรองจากสมาชิกหรือผู้มีอำนาจ ด้านการบริหารจัดการกลุ่มฯ พบว่า มีโครงสร้างการบริหารจัดการกลุ่มที่ดี มีการแบ่งแยกหน้าที่ชัดเจน

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น คณะวิจัยฯ จึงได้ออกแบบแนวทางการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด ของกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ โดยการอบรมให้ความรู้การทำบัญชีและการคำนวณต้นทุนสำหรับสมาชิกกลุ่ม การทำบัญชีและการตลาด ผลการจัดกิจกรรม พบว่า สมาชิกของกลุ่มมีองค์ความรู้ การพัฒนากลุ่ม การบัญชี และการตลาด มีความตระหนักถึงความสำคัญด้านการทำบัญชีและแนวปฏิบัติด้านการควบคุมภายในที่ดี ผลผลิตด้านการอบรมเชิงปฏิบัติการ คือ กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ มีแนวปฏิบัติด้านการทำบัญชีครบถ้วนมากขึ้น การออกแบบการทำบัญชีที่เหมาะสมกับความต้องการใช้ข้อมูล

ด้านการตลาด

กิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการตลาดเบื้องต้น ผลการดำเนินกิจกรรม กลุ่มผ้าทอ ไทลื้อบ้านลวงใต้ ได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการด้านการตลาดเบื้องต้นและสามารถประยุกต์ องค์ความรู้ด้านการตลาดเพื่อหารูปแบบการทำตลาดให้กับกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการตลาดของกลุ่มให้เข้าสู่รูปแบบการตลาดออนไลน์

กิจกรรมการพัฒนาและบริหารจัดการเพจ Facebook ของกลุ่ม ผลการดำเนินกิจกรรม กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ทราบและเข้าใจรูปแบบการบริหารเพจให้สามารถสร้างเป็นช่องทางการติดต่อสื่อสาร รวมถึงเป็นช่องทางหนึ่งในการขายออนไลน์ เพื่อเพิ่มยอดขายในยุคปัจจุบัน

5. สรุปและอภิปราย

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชียงคอย อำเภอคอยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม การบัญชี และการตลาด ให้กับกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้มีกระบวนการบริหารจัดการกลุ่ม โดยการแบ่งหน้าที่ชัดเจนในแต่ละหน้าที่ โดยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของแต่ละงาน เพื่อเข้าใจโครงสร้างการบริหารงานกลุ่มเบื้องต้น ด้านกระบวนการจัดทำบัญชี กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ สามารถจัดทำบัญชีเบื้องต้นได้ ทำให้กลุ่มสามารถแยกต้นทุนแต่ละผลิตภัณฑ์ได้ โดยมีการจดบันทึกในสมุดบัญชีของกลุ่ม นอกจากนี้ กลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ยังมีการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในรูปแบบออนไลน์ผ่านช่องทาง Facebook Fanpage : ผ้าทอไทลื้อลวงใต้ “ดอยสะเก็ด” และยังสามารถเพิ่มการจ้างงานให้แก่คนในชุมชนที่มีทักษะการตัดเย็บผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผ้าทอไทลื้อ ทำให้สร้างรายได้ให้แก่คนในชุมชนบ้านลวงใต้ได้

ตามผลการศึกษาของสาธิต ศิริวิศิษฐ์กุล,(2560) ที่กล่าวว่าปัจจัยด้านการจัดการธุรกิจและการตลาด ด้านการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานสาธารณะมีผลต่อความสำเร็จทางธุรกิจของผู้ประกอบการสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ดังจะเห็นได้จากผลการดำเนินกิจกรรมรับฟังความคิดเห็นแบบมีส่วนร่วม ที่มีหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานสาธารณะเข้ามาระดมความคิดเห็นและการส่งเสริม สนับสนุนการดำเนินกิจกรรม ทำให้เกิดการระดมความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอย่างแท้จริง อีกทั้ง การดำเนินกิจกรรมพัฒนาศักยภาพสมาชิกของกลุ่มด้านการทำบัญชี การตลาด และการบริหารจัดการกลุ่มฯ ทำให้กลุ่มมีการพัฒนาศักยภาพระดับบุคคลที่ส่งผลต่อการดำเนินงานของกลุ่ม

การมีตลาดออนไลน์เพื่อเพิ่มช่องทางการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เห็นได้จากการที่สมาชิกของกลุ่มมีการพัฒนาศักยภาพหลังการเข้าร่วมกิจกรรม อย่างไรก็ตาม กลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกคือสถานการณ์โรคอุบัติใหม่ โควิด 19 มีอิทธิพลต่อรายได้ที่ลดลงของกลุ่มฯ

6. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัย ขอขอบพระคุณกลุ่มผ้าทอไทลื้อบ้านลวงใต้ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เทศบาลตำบลดอยสะเก็ด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ข้อมูลสัมภาษณ์และทำให้รายงานวิจัยครั้งนี้ผ่านไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- เขาวลัย พงศ์ผาติโรจน์ และคณะ. (2548). หลักการบัญชี 1. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นนิตย์ ศิริโกคากิจ. 2551. หน่วยที่ 9. ชุดวิชาการบริหารการขายและการจัดจำหน่าย. พิมพ์ครั้งที่ 14. สาขาวิทยาการจัดการ, กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- บัญชา อินทะกุล. (2560). กลยุทธ์การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพ และขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการ วิสาหกิจชุมชน จังหวัดเชียงใหม่อย่างยั่งยืน.
- ปณชริกา สุนทรสิงห์. (2556). การพัฒนาศักยภาพทางการตลาด ผลิตภัณฑ์จากเศษผ้า และสร้างเครือข่ายความร่วมมือ: กรณีศึกษา กลุ่มอาชีพตัดเย็บบ้านน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์.
- รัชนิกร อุตตมา. (2553). ช่องทางการจัดจำหน่ายผักปลอดสารพิษของเกษตรกร ในอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระ หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วรารณณ์ อ่อนคำ, พงศ์สวัสดิ์ ราชจันทร์, วรฉัตร วรวิรรณ และสุริยา ปัญญาจิตร์. (2564). ศักยภาพในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษากลุ่มอาชีพการทอเสื่อกก แม่บ้านตะวันตกบ้านสีทอง บ้านท่าเสี้ยว ตำบลสะอาด อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด.
- วัฒนา ศิวะเกื้อ และคณะ. (2559). การบัญชีขั้นต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. 2550. 9 in 1 รู้เพื่อเรื่องศัพท์การบริหารธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ดวงกลมสมัย.
- สรรเสริญ แก้วกำเนิด.(2561). แนวทางการพัฒนาตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ฉบับที่ 12. สืบค้น 1 พฤษภาคม 2563, จาก <http://www.dsdw2016.dsdw.go.th>
- สมยศ นาวิการ. (2543). การบริหารและพฤติกรรมองค์การ.กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ กรุงเทพมหานคร.
- สาธิต ศิริวิศิษฐ์กุล (2560). การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดปทุมธานี. สำนักวิจัย กรุงเทพฯ
- สุภางค์ จันทวานิช. (2563). วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 25). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การจัดการความรู้ทางบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตลุกกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก

ยพรัตน์ อิมพิทักษ์^{1*} ยพรัตน์ จันทร์แก้ว² ปิยะพร เสมาทอง³

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

*E-mail: yopharat@rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0956427724

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน 2) ศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน และ 3) ศึกษาแนวทางการจัดทำบัญชีที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตลุกกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก โดยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกจากประธานและสมาชิก จำนวน 15 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย

ผลการศึกษาพบว่า 1) สภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนมีการจัดทำบัญชีอย่างง่ายมีบันทึกรายการในสมุดบัญชีรายรับรายจ่าย และจัดทำทะเบียนคุมสินค้าและวัตถุดิบ การบันทึกบัญชีไม่เป็นปัจจุบัน 2) ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี พบว่า ปัญหาด้านปัญหาด้านเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด และ 3) แนวทางในการจัดทำบัญชีสำหรับวิสาหกิจชุมชน ได้แก่ 1) เอกสารประกอบการลงบัญชี 2) สมุดบัญชีและทะเบียนคุม และ 3) งบการเงิน โดยออกแบบเอกสารให้มีรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย สะดวกต่อการจัดทำบัญชี และเหมาะสมกับลักษณะของการดำเนินธุรกิจของวิสาหกิจชุมชน

คำสำคัญ การจัดการความรู้ การบัญชี วิสาหกิจชุมชน

The Knowledge Management of Accounting of the Gasayt Paan Suek Agricultural Community Enterprise Taluk Klang Thung Sub- district, Muang Tak District, Tak Province.

Yopharat Imphitak^{1*} Yuparat Jankaew² Piyaporn Samathong³

¹ Rajamangala University of Technology Lanna 41/1 Phahonyothin Road Mai Ngam Subdistrict
Mueang District Tak Province 63000

*E-mail: yopharat@rmutl.ac.th, Telephon 0956427724

Abstract

This research aims to 1) study the current situation of the enterprise accounting system, 2) study the problems and obstacles in the accounting of community enterprises, and 3) propose guidelines for developing the accounting system of the Gasayt Paan Suek Agricultural Community Enterprise. Data was collected from in-depth interviews. The key informants included leaders and members of the Gasayt Paan Suek Agricultural Community Enterprise. Purposive sampling was used to select the sample, which included 15 group members. The statistics used in data analysis were mean and standard deviation, and the research adopted the analytic induction approach.

The research findings are as follows: 1) The current situation in the accounting of community enterprises involves simple accounting, recording transactions in an income and expenditure book, and keeping a register to control products and raw materials. Accounting records are not up-to-date. 2) The problems and obstacles in the accounting work of community enterprises primarily involve issues with the tools used. This was the most frequently mentioned concern. 3) The proposed accounting guidelines consist of three components: 1) Accounting Supporting Documents, 2) Books of Account, Ledger, and Asset Register, and 3) Financial Reporting. The documents should be designed in a format that is easy to understand, convenient for accounting, and consistent with the nature of community enterprise operations.

Keywords: Knowledge Management Accounting community enterprise

1. บทนำ

วิสาหกิจชุมชน เป็นกิจการของชุมชนเกี่ยวกับการผลิตสินค้า การให้บริการหรือการอื่น ๆ ที่ดำเนินการโดยคณะบุคคลที่มีความผูกพัน มีวิถีชีวิตร่วมกัน และรวมตัวกันประกอบกิจการดังกล่าว เพื่อสร้างรายได้และเพื่อการพึ่งพาตนเองของครอบครัว ชุมชน และระหว่างชุมชน โดยวิสาหกิจชุมชนจัดอยู่ในวิสาหกิจรายย่อย พบปัญหาอุปสรรคและความท้าทายในด้านบริหารจัดการ ขาดการจัดทำแผนบริหารองค์กร แผนการตลาด แผนการผลิต และแผนบริหารความเสี่ยง ขาดการจัดทำบัญชีอย่างเป็นระบบ และมีข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูล ด้านการผลิต มีข้อจำกัดในการเข้าถึงทรัพยากร ทำให้ต้นทุนสูง ไม่สามารถควบคุมต้นทุนให้คงที่ และสูญเสียความสามารถในการแข่งขันด้านราคา และด้านการเงินและการลงทุน มีข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งเงินทุน ขาดแคลนสินค้าดอกเบี้ยต่ำและได้รับการชำระเงินล่าช้า (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์, 2566) ปัญหาที่พบในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน เช่น ไม่มีการจัดทำบัญชีสินค้าคงเหลือ การสูญหายของเอกสารประกอบการบันทึกบัญชี เป็นต้น ดังนั้น การกำหนดให้มีผู้รับผิดชอบทางบัญชีการเงินเพื่อเก็บข้อมูลและจัดทำบัญชีอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง จะทำให้วิสาหกิจชุมชนได้รับประโยชน์จากข้อมูลทางการเงินที่มีความถูกต้อง เชื่อถือได้ ใช้ในการวางแผน การบริหารงาน ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการพัฒนาชุมชนได้อย่างยั่งยืน (ชมภูนุช ทุ่นนาค และคณะ, 2562) ผู้บริหารควรให้ความสำคัญต่อการจัดทำทางการเงินซึ่งเป็นการคำนวณในส่วนต่างๆ ของวิสาหกิจชุมชนถึงผลกำไรต่างๆ เพื่อให้วิสาหกิจชุมชนได้รับประโยชน์ในการดำเนินงานสูงสุดและสะดวกต่อการวางแผนงานในอนาคต (อรัญญา จินาชาญ, 2562) จากการสัมภาษณ์ประธานและสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก พบว่าปัจจุบันกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีการดำเนินงานในการผลิตและจำหน่ายข้าวสาร ทางกลุ่มมีความต้องการเงินทุนเพิ่มขึ้นสำหรับสร้างลานตากข้าวและจัดซื้ออุปกรณ์ แต่เงินทุนไม่เพียงพอ แหล่งเงินทุนต่างๆ ต้องการหลักฐานในด้านการบัญชีการเงินที่มีความน่าเชื่อถือ วิสาหกิจชุมชนจึงมีความต้องการระบบบัญชี การควบคุมภายใน เพื่อให้สามารถขอสินเชื่อจากแหล่งเงินทุนได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน ศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี และศึกษาแนวทางการจัดทำบัญชีสำหรับวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้วิสาหกิจชุมชนสามารถนำข้อมูลไปใช้พัฒนาระบบบัญชีที่เหมาะสมและเกิดการควบคุมภายในขององค์กร จะส่งผลให้วิสาหกิจชุมชนมีความเข้มแข็งและยั่งยืนต่อไปได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการความรู้

ความหมายของการจัดการความรู้

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2564) กล่าวว่า การจัดการความรู้ในองค์กรมีความสำคัญ คือ เป็นการรวบรวมองค์ความรู้ที่มีอยู่ในองค์กร ซึ่งกระจัดกระจายอยู่ในตัวบุคคลหรือรูปแบบเอกสาร นำมาพัฒนาให้เป็นระบบเพื่อให้ทุกคนในองค์กรสามารถเข้าถึงความรู้และพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รู้ รวมทั้งปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลให้องค์กรมีความสามารถในเชิงแข่งขัน

อรัญญา จินาชาญ และคณะ (2562) การจัดการความรู้ หมายถึง กระบวนการที่ดำเนินการร่วมกันของผู้ที่เกี่ยวข้องกันในองค์กร ในหน่วยงาน ในชุมชน เพื่อสร้างและใช้ความรู้ในการทำงานในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิม การจัดการความรู้ในความหมายนี้ จึงเป็นกิจกรรมของผู้ปฏิบัติงาน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการความรู้ หมายถึง กระบวนการหรือกิจกรรมพัฒนาความรู้ที่ดำเนินการร่วมกันของบุคคลที่เกี่ยวข้องกัน ในชุมชนที่เอื้อต่อการสร้าง การถ่ายทอด และการแบ่งปันความรู้ ซึ่งต้องอาศัยกันระหว่าง คน เทคโนโลยี และกระบวนการนำความรู้ไปใช้

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการบัญชี

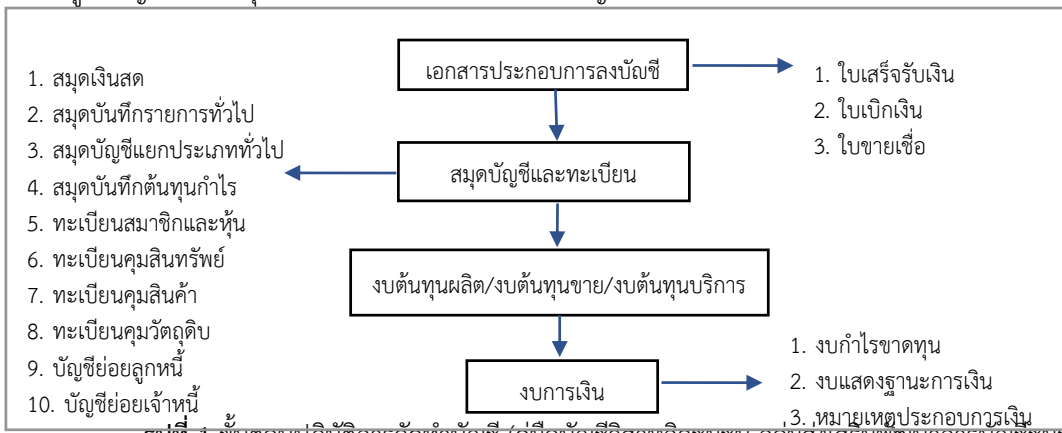
สมาคมนักบัญชีและผู้สอบบัญชีรับอนุญาตแห่งประเทศไทย ได้ให้ความหมายของการบัญชีไว้ดังนี้ การบัญชี (Accounting) หมายถึง ศิลปะของการเก็บรวบรวม บันทึก จำแนก และทำสรุปข้อมูลอันเกี่ยวกับเหตุการณ์ทางเศรษฐกิจในรูปแบบตัวเงิน ผลงานขั้นสุดท้ายของการบัญชีก็คือการให้ข้อมูลทางการเงิน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่บุคคลหลายฝ่าย และผู้ที่สนใจในกิจกรรมของกิจการ

ชมพูนุท สิริพรหมภักดิ์ และคณะ (2562) ได้กล่าวว่า การบัญชี หมายถึง การจดบันทึกเหตุการณ์หรือรายการทางการเงินที่เกี่ยวข้อง กับการดำเนินงานของกิจการภายในรอบระยะเวลาหนึ่ง โดยผ่านกระบวนการทางการบัญชีที่รับรองทั่วไปและจัดทำ

รายงานทางการเงินเมื่อสิ้นรอบระยะเวลาบัญชีเพื่อนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับฐานะทางการเงิน ผลการดำเนินงาน และการเปลี่ยนแปลงฐานะการเงินของกิจการต่อผู้ใช้รายงานทางการเงินเพื่อใช้ในการตัดสินใจเชิงเศรษฐกิจ หลักการบัญชีที่รับรองทั่วไป

2.3 แนวทางการจัดทำบัญชีและงบการเงินสำหรับวิสาหกิจชุมชน

กลุ่มส่งเสริมพัฒนาการบัญชีชุมชน สำนักส่งเสริมพัฒนาการบัญชีและถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ (2564) ได้จัดทำคู่มือบัญชีวิสาหกิจชุมชน ได้อธิบายขั้นตอนการจัดทำบัญชีและงบการเงิน ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนปฏิบัติการจัดทำบัญชี (คู่มือบัญชีวิสาหกิจชุมชน กลุ่มส่งเสริมพัฒนาการบัญชีชุมชน สำนักส่งเสริมพัฒนาการบัญชีและถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมตรวจบัญชีสหกรณ์, 2564)

2.4 กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก

วิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก เลขทะเบียนกลุ่ม 2-76-05-07/1-0002 ที่ตั้งเลขที่ 75/5 หมู่ที่ 2 ตำบลตุ๊กกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก เป็นธุรกิจที่เกี่ยวกับการสร้างผลผลิตทางการเกษตร คือ จัดซื้อ แปรรูปจัดจำหน่ายข้าวเปลือกอินทรีย์ มีวิสัยทัศน์คือการเป็นผู้นำธุรกิจรับจัดซื้อ แปรรูป จัดจำหน่ายข้าวเปลือกอินทรีย์และข้าวสารที่มีคุณภาพด้วยสินค้าและบริการที่ได้มาตรฐานและครบวงจร ตลอดจนนำเอาหลักเกษตรพอเพียงมาใช้เพื่อให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนด้วยพันธกิจที่มุ่งมั่นว่าสร้างความมั่นคงให้กับกลุ่มจากการทำธุรกิจโดยธุรกิจสามารถสร้างผลกำไรได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีจุดแข็งในด้านแหล่งเงินทุนที่เป็นส่วนของกลุ่ม และมีประธานเป็นคนที่เข้มแข็ง มุ่งมั่น มีวิสัยทัศน์กว้างไกล มีภาวะผู้นำในด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรเป็นแบบอย่างที่ดีเยี่ยมในสังคมผลิตภัณฑ์ของธุรกิจคือรับจัดซื้อแปรรูปจัดจำหน่ายข้าวเปลือกอินทรีย์ ซึ่งมีจุดเด่นที่เป็นนวัตกรรมที่แตกต่างคือ ข้าวมีคุณภาพที่ดีในราคาที่เหมาะสม ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึกมีการวางแผนที่มุ่งเน้นไปในด้าน การวางแผนการตลาด การบริหารจัดการ และได้วางแผนกลยุทธ์เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินการไปได้อย่างมั่นคง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร คือ วิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตุ๊กกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ประกอบด้วย ประธานกลุ่ม เภรัญญิก และสมาชิกกลุ่ม รวมจำนวน 30 คน (วุฒิกัทร ราชโยธิน, การสื่อสารส่วนบุคคล, 2566)

กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตุ๊กกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ประกอบด้วย ประธานกลุ่ม เภรัญญิก และสมาชิกกลุ่ม เลือกแบบเจาะจงเฉพาะสมาชิกกลุ่มที่มีส่วนร่วมในการจัดทำบัญชี จำนวน 15 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. การวิเคราะห์เอกสาร เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางพัฒนาระบบบัญชีของวิสาหกิจชุมชน
2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้
 - ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตุ๊กกลางทุ่งอำเภอเมือง จังหวัดตาก ประกอบด้วย เพศ อายุ การประกอบอาชีพหลัก การประกอบอาชีพเสริม และรายได้ต่อเดือน
 - ส่วนที่ 2 สภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้
1) ด้านความรู้ความสามารถของผู้จัดทำบัญชี 2) ด้านเอกสารและวิธีการทางบัญชี 3) ด้านความร่วมมือและประสานงาน และ 4) ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน (ชลกนก โฆษิตคณิน และคณะ, 2560)

ส่วนที่ 4 แนวทางการในการจัดทำบัญชีที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชน เป็นการตั้งคำถามปลายเปิด เพื่อให้เปิดกว้างในการแสดงความคิดเห็น

การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยครั้งนี้จัดเก็บข้อมูลกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ประกอบด้วย ประธานกลุ่ม เภรัญญิกและสมาชิกกลุ่ม จำนวน 15 คน ทั้งในลักษณะของการสัมภาษณ์เชิงลึก

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการพรรณานี้เนื้อหาอย่างเป็นระบบตามประเด็นเนื้อหาที่ศึกษาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากประธาน เพรัญญิก และสมาชิกกลุ่ม เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของวิสาหกิจชุมชน สภาพการจัดทำบัญชีในปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี และแนวทางในการจัดทำบัญชีที่เหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชน

2) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ข้อมูล และข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แสดงความระดับปัญหา 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์การแปลผลระดับคะแนนเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้ ช่วงคะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 = มากที่สุด, 3.51-4.50 = มาก, 2.51-3.50=ปานกลาง, 1.51-2.50 = น้อย, 1.00-1.50 = น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกและการวิเคราะห์เอกสาร การนำเสนอผลงานวิจัยได้แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตลุกกลางทุ่งอำเภอเมือง จังหวัดตาก พบว่า วิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก มีสมาชิกจำนวน 15 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุอยู่ระหว่าง 50 - 60 ปี ประกอบอาชีพหลักเกษตรกร อาชีพเสริมการจักสาน มีรายได้ต่อเดือนเฉลี่ย ต่ำกว่า 10,000 บาท

ส่วนที่ 2 สภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก

สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ได้รับการอบรมเกี่ยวกับการจัดทำบัญชีทุกคน โดยมีหน่วยงานจากภาครัฐมาให้ความรู้ ได้แก่ สำนักงานตรวจบัญชีสหกรณ์ตาก และ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) อำเภอเมือง จังหวัดตาก วิสาหกิจชุมชนมีการกำหนดผู้รับผิดชอบในการจัดทำบัญชีเป็นเหรัญญิกจำนวน 3 คน ซึ่งมีการจัดทำบัญชีด้วยมือแบบอย่างง่าย ทางกลุ่มมีเอกสารที่ใช้ในการประกอบการบันทึกบัญชี ได้แก่ บิลเงินสด ใบสำคัญรับเงิน และใบสำคัญจ่ายเงิน แต่การบันทึกบัญชีไม่เป็นปัจจุบันและไม่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง มีการบันทึกสมุดบัญชีรายรับ-รายจ่าย และได้จัดทำทะเบียนคุมสินค้าคงเหลือ

ตารางที่ 1 สภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก

สภาพปัจจุบันในการทำระบบบัญชี (ชุมชนฯ หุ่นนา และคณะ, 2562)	วิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก
1. การรวบรวมจัดเก็บข้อมูลรายงานทางการเงิน	- มีการจัดเก็บข้อมูลรายงานทางการเงินเกี่ยวกับรายการรับเงินและจ่ายเงินสดในสมุดเงินสด แต่ยังไม่เป็นระบบ
2. การบันทึกรายการทางการเงิน	มีการบันทึกรายงานทางการเงินในสมุดเงินสดรับ-จ่าย และแสดงยอดคงเหลือประจำวัน และสรุปยอดรวมประจำปี
3. การแยกประเภทบัญชี	มีการแยกประเภทบัญชีในแต่ละกิจกรรม โดยแยกเป็น รายรับ และรายจ่าย แต่ไม่มีการจัดทำบัญชีแยกประเภททั่วไป
4. การจัดทำรายงานในรูปแบบการเงิน	มีการจัดทำรายงานทางการเงิน

ที่มา: การวิเคราะห์ข้อมูลโดยคณะผู้วิจัย

จากตารางที่ 1 สภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก พบว่าในการรวบรวมจัดเก็บข้อมูลรายงานทางการเงิน มีการจัดเก็บข้อมูลรายงานทางการเงินเกี่ยวกับรายการรับเงินและจ่ายเงินสดในสมุดเงินสด เช่น ขายข้าวสาร ขายปุ๋ย ค่าซื้อข้าวเปลือก ค่าแรงงาน เป็นต้น มีการจัดเก็บเอกสารลงบัญชีเพียงบางส่วน มีการบันทึกรายงานทางการเงินในสมุดเงินสดรับ-จ่าย เพียงเล่มเดียว และแสดงยอดคงเหลือประจำวันแต่ไม่เป็นปัจจุบัน และสรุปยอดรวมประจำปี มีการแยกประเภทบัญชีในแต่ละกิจกรรม แต่ไม่มีสรุปยอดรวมแยกรายรับหรือรายจ่ายแต่ละกิจกรรม และไม่มีการจัดทำบัญชีแยกประเภททั่วไป แต่มีการจัดทำรายงานทางการเงินกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ส่วนที่ 3 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก จากการสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ดังนี้

ตารางที่ 2 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำระบบบัญชีของวิสาหกิจชุมชน

ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี (ชุมชนฯ ทุ่งนา และคณะ, 2562)	วิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก
1. เงินสดหมุนเวียนภายในกลุ่ม	พบปัญหาเกี่ยวกับเงินสดหมุนเวียนภายในกลุ่ม เนื่องจากการขายสินค้าเป็นเงินเชื่อที่ยังไม่สามารถจัดเก็บเงินจากลูกหนี้ได้
2. สินค้าคงคลังภายในกลุ่ม	ไม่มีปัญหา เนื่องจากการจัดทำทะเบียนสินค้าคงคลัง
3. ลูกหนี้การค้าภายในกลุ่ม	มีปัญหา เนื่องจากไม่สามารถจัดเก็บหนี้จากลูกหนี้รายใหญ่ได้
4. การบันทึกรายรับ รายจ่าย	มีปัญหาการบันทึกรายรับ รายจ่าย
5. เอกสารประกอบการบันทึกบัญชีภายในกลุ่ม	มีปัญหาด้านเอกสารประกอบการบันทึกบัญชีภายในกลุ่ม

ที่มา: การวิเคราะห์ข้อมูลโดยคณะผู้วิจัย

จากตารางที่ 2 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำระบบบัญชีของวิสาหกิจชุมชน พบว่า วิสาหกิจชุมชนมีปัญหาเกี่ยวกับเงินสดหมุนเวียนภายในกลุ่มและปัญหาลูกหนี้การค้าภายในกลุ่ม เนื่องจากการขายสินค้าเป็นเงินเชื่อให้กับลูกหนี้ที่ยังไม่สามารถจัดเก็บหนี้ได้ และพบปัญหาการบันทึกรายรับ รายจ่ายที่ற்றுฎีกาจะบันทึกรายการรับและจ่ายในสมุดบัญชีเงินสดเพียงเล่มเดียว และไม่ได้แยกช่องตารางของสมุดบัญชีให้สามารถบันทึกบัญชีได้สะดวก ส่งผลให้การสรุปจำนวนเงินเพื่อนำไปจัดทำรายงานทางการเงินยุ่งยากมากขึ้น และไม่มีมีการบันทึกบัญชีอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้รายงานทางการเงินขาดความน่าเชื่อถือนอกจากนั้นยังพบปัญหาด้านเอกสารประกอบการบันทึกบัญชี ที่ไม่ได้จัดเก็บอย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน	
		มาตรฐาน	แปลความหมาย
1. ด้านความรู้ความสามารถของผู้จัดทำบัญชี	2.77	1.2804	ปานกลาง
1.1 ขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดทำบัญชี	3.13	1.0998	ปานกลาง
1.2 ขาดความสามารถในการจัดทำบัญชีได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน	3.14	1.1629	ปานกลาง
1.3 ขาดความสามารถในการจัดทำเอกสารประกอบการบันทึกบัญชีได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน	2.71	1.1464	ปานกลาง
1.4 ไม่เห็นความสำคัญของการจัดทำบัญชีหรือการใช้ประโยชน์จากการจัดทำบัญชี	1.71	1.1629	น้อย
2. ด้านเอกสารและวิธีการทางบัญชี	3.93	1.0441	มาก
2.1 เอกสารที่ใช้ในการบันทึกบัญชีมีปริมาณมาก	3.82	0.8837	มาก
2.2 การบันทึกบัญชีตามหลักการทางบัญชี	3.08	0.6399	ปานกลาง
2.3 การบันทึกรายการค้าอย่างสม่ำเสมอ	3.96	1.0998	มาก
2.4 การจัดทำงบรายรับ-รายจ่าย/งบกำไรขาดทุน	3.96	1.0998	มาก
2.5 การจัดทำงบแสดงฐานะการเงิน	4.34	1.0601	มาก

3. ด้านความร่วมมือและประสานงาน	2.16	1.3307	น้อย
3.1 ความร่วมมือของสมาชิก/ครอบครัว	2.26	1.8593	น้อย
3.2 การติดตามประสานงานของหน่วยงานต่างๆ ที่แนะนำการจัดทำบัญชี	2.01	0.5936	น้อย
3.3 การประสานงานความร่วมมือกับเครือข่ายในการจัดทำบัญชี	2.39	1.2910	น้อย
4. ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4.80	0.4068	มากที่สุด
4.1 ความพร้อมของเครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำบัญชี	4.69	0.4577	มากที่สุด
4.2 ความพร้อมด้านเทคโนโลยีในการจัดทำบัญชี	4.87	0.3519	มากที่สุด
รวม	3.34	1.440	มาก

จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี พบว่าระดับความคิดเห็นต่อปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึกษาอยู่ในระดับมาก ประกอบด้วยด้านเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด ด้านเอกสารและวิธีการทางบัญชี มีความคิดเห็นในระดับมาก ด้านความรู้ความสามารถของผู้จัดทำบัญชี มีระดับความคิดเห็นในระดับปานกลาง และด้านความร่วมมือและประสานงาน มีความคิดเห็นในระดับน้อย จากระดับความคิดเห็นในแต่ละด้านสามารถแสดงรายละเอียดตามประเด็นปัญหาได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี

ประเด็นปัญหา	ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชี
1. ด้านความรู้ความสามารถของผู้จัดทำบัญชี	- สมาชิกทุกคนได้รับการอบรมความรู้ด้านการจัดทำบัญชี แต่สมาชิกส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจการจัดทำบัญชีที่ถูกต้องและครบถ้วน
2. ด้านเอกสารและวิธีการทางบัญชี	- เอกสารที่ใช้ในการบันทึกบัญชีมีปริมาณมาก - การบันทึกบัญชีตามหลักการทางบัญชีมีความซับซ้อน - ผู้จัดทำบัญชีไม่สามารถกรอกรายงานทางการเงินได้
3. ด้านความร่วมมือและประสานงาน	- ขาดการติดตามและประสานงานในการจัดทำบัญชีอย่างต่อเนื่อง
4. ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	ไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการจัดทำบัญชี เนื่องจากราคาแพง และผู้ทำบัญชีไม่มีความรู้ในการใช้งาน

ส่วนที่ 4 แนวทางการในการจัดทำบัญชีที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชน

จากการวิเคราะห์เอกสารคู่มือบัญชีวิสาหกิจชุมชนของกลุ่มส่งเสริมพัฒนาการบัญชีชุมชน สำนักส่งเสริมพัฒนาการบัญชี และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ (2564) และการสัมภาษณ์เชิงลึก นำไปสู่การนำเสนอแนวทางในการจัดทำบัญชีที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชน ดังนี้

- 4.1 การมอบหมายหน้าที่ด้านการเงินการบัญชี โดยให้มีผู้รับผิดชอบงานด้านการเงินอย่างน้อย 1 คน และงานด้านบัญชีอย่างน้อย 1 คน เพื่อเป็นการควบคุมภายในที่ดี
- 4.2 การจัดทำเอกสารการรับเงิน ทุกครั้งที่วิสาหกิจชุมชนได้รับเงิน ต้องจัดทำเอกสารการรับเงิน คือ ใบเสร็จรับเงิน และให้ผู้รับเงินลงลายมือชื่อรับเงินทุกครั้ง และเอกสารการรับเงินเรียงตามลำดับเลขที่
- 4.3 การจัดทำเอกสารการจ่ายเงิน ควรขอใบเสร็จรับเงินจากผู้ขายหรือในกรณีผู้รับเงินไม่มีใบเสร็จรับเงินให้ผู้รับเงินจัดทำใบเบิกเงิน โดยระบุรายละเอียดพร้อมทั้งให้ผู้รับเงินและผู้จ่ายเงินลงลายมือชื่อรับเงินในใบเบิกเงิน
- 4.4 วิสาหกิจชุมชน ต้องจัดทำบัญชีทุกวันที่มีรายการเงิน โดยบันทึกบัญชีตามเกณฑ์คงค้าง และบันทึกในสมุดบัญชีต่างๆ ให้ครบถ้วน
- 4.5 การเก็บรักษาเงิน เอกสารการรับ - จ่ายเงิน และสมุดบัญชี ไม่น้อยกว่า 5 ปี
 - วิสาหกิจชุมชนควรเก็บรักษาเงินสดไว้เพียงพอที่จำเป็นต้องใช้จ่าย ส่วนที่เกินความต้องการควรนำฝากธนาคาร การเก็บรักษาควรมอบหมายให้ผู้รับผิดชอบและเก็บรักษาไว้ในที่มั่นคงปลอดภัย
 - สมุดบัญชีเงินฝากธนาคาร และสมุดบัญชี เก็บรักษาไว้ในที่มั่นคงปลอดภัย
 - เอกสารรับจ่ายเงิน เก็บเข้าแฟ้มเรียงตามลำดับ วัน เดือน ปี เพื่อสะดวกในการค้นหาและตรวจสอบ

4.6 แบบฟอร์มเอกสารควรออกแบบให้เข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เพื่อให้สามารถตรวจสอบและนำข้อมูลนั้นๆ มาใช้ได้โดยง่ายและรวดเร็ว ควรมีการออกแบบฟอร์มแยกประเภทบัญชีตามชนิดของกลุ่มสินค้า

4.7 สมุดบัญชีและทะเบียน ควรประกอบด้วย สมุดเงินสด สมุดบันทึกรายการทั่วไป สมุดบัญชีแยกประเภททั่วไป สมุดบันทึกต้นทุนกำไร ทะเบียนสมาชิกและหุ้น ทะเบียนคุมสินทรัพย์ ทะเบียนคุมสินค้า ทะเบียนคุมวัตถุดิบ บัญชีย่อยลูกหนี้ และบัญชีย่อยเจ้าหนี้

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลงานวิจัย การจัดการความรู้ทางบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก ตำบลตุ๊กกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก จึงขออภิปรายผลการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

สภาพปัจจุบันในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก พบว่าวิสาหกิจชุมชนได้มอบหมายให้ற்றுญิกของกลุ่มเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดทำบัญชี โดยมีการบันทึกรายรับรายจ่ายแต่การบันทึกบัญชีไม่เป็นปัจจุบัน สอดคล้องกับอลิษา ประสมผล (2564) ได้ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์สภาพปัญหา อุปสรรค และแนวทางการจัดทำบัญชีกลุ่มออมทรัพย์เพื่อการผลิตในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี พบว่า กลุ่มออมทรัพย์เพื่อการผลิตมีการบันทึกบัญชีไม่เป็นปัจจุบัน

ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึก พบว่า ระดับความคิดเห็นต่อปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ประกอบด้วย 1) ปัญหาด้านเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด เนื่องจากไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการจัดทำบัญชี และผู้ทำบัญชีไม่มีความรู้ในการใช้งาน 2) ปัญหาด้านเอกสารและวิธีการทางบัญชี มีความคิดเห็นในระดับมาก เนื่องจากเอกสารที่ใช้ในการบันทึกบัญชีมีปริมาณมาก การบันทึกบัญชีมีความซับซ้อน ขาดการบันทึกรายการค้าอย่างสม่ำเสมอ และไม่สามารถการจัดทำรายงานทางการเงินได้ 3) ปัญหาด้านความรู้ความสามารถของผู้จัดทำบัญชี มีระดับความคิดเห็นในระดับปานกลาง ประธานกลุ่มและற்றுญิกของกลุ่มมีความรู้พื้นฐานในการจัดทำบัญชี สมาชิกทุกคนได้รับการอบรมความรู้ด้านการจัดทำบัญชี แต่สมาชิกส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจการจัดทำบัญชีที่ถูกต้องและครบถ้วน 4) ปัญหาด้านความร่วมมือและประสานงาน มีความคิดเห็นในระดับน้อย สมาชิกกลุ่มเห็นความสำคัญของการจัดทำบัญชี และหน่วยงานภาครัฐได้เข้ามาจัดฝึกอบรมให้ความรู้ด้านการจัดทำบัญชี สอดคล้องกับ จินดา จอกแก้ว (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการความรู้การจัดทำบัญชีและการบริหารการเงินกลุ่มธุรกิจช่างชุมชนบางบัว เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าผู้นำชุมชนและกลุ่มธุรกิจช่างชุมชนเห็นถึงความสำคัญของการจดบันทึกข้อมูลทางบัญชีและการบริหารการเงินว่าเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาอาชีพให้แข็งแกร่งได้ และสอดคล้องกับชลกนก โฆษิตคณิน และคณะ (2560) ศึกษาเรื่อง ปัญหา อุปสรรคและแนวทางการพัฒนาการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครปฐม พบว่า มีปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมสินค้าคงเหลือ เนื่องจากไม่มีการจดบันทึก และเก็บหลักฐานที่รัดกุม ปัญหาเกี่ยวกับการไม่รวบรวมเอกสารหลักฐาน มีแต่การจดบันทึกในสมุดอย่างง่ายเท่านั้น ยังมีปัญหาเนื่องจากลูกหนี้บางรายไม่สามารถเก็บเงินได้ การจัดเก็บเอกสารยังไม่เป็นระบบ

แนวทางการในการจัดทำบัญชีที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชน พบว่า สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผ่านศึกต้องการระบบบัญชีที่สามารถให้ข้อมูลทางบัญชีมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ช่วยให้กลุ่มสามารถเข้าถึงแหล่งเงินทุนได้ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ทางกลุ่มจัดทำบัญชีตามคู่มือบัญชีวิสาหกิจชุมชนของกลุ่มส่งเสริมพัฒนาการบัญชีชุมชน สำนักส่งเสริมพัฒนาการบัญชีและถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ (2564) คือ 1) เอกสารประกอบการลงบัญชี 2) สมุดบัญชีและทะเบียน ปี ย น ค ม แ ล ะ ล ะ 3) งบการเงิน โดยออกแบบเอกสารให้มีรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย สะดวกต่อการจัดทำบัญชี และเหมาะสมกับลักษณะของการดำเนินธุรกิจ โดยให้มีการติดตามอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ ชมภูณัฐ ทุ่นนาค และคณะ (2562) ศึกษาเรื่อง แนวทางการพัฒนาระบบบัญชีของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมหาสวัสดิ์ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม พบว่า การนำไปสู่การพัฒนาการจัดทำระบบบัญชี สมาชิกมีความต้องการรูปแบบบัญชีการเงินที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน รายการบัญชีที่มุ่งง่ายและมีแบบฟอร์ม พร้อมกับตัวอย่าง จนกระทั่งผู้รับผิดชอบทางบัญชีสามารถกรอกข้อมูลและบันทึกบัญชีได้จริง โดยมีการติดตามให้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับ อลิษา ประสมผล (2564) ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์สภาพปัญหา อุปสรรค และแนวทางการพัฒนาการจัดทำบัญชีกลุ่มออมทรัพย์เพื่อการผลิตในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี พบว่า แนวทางการพัฒนาการจัดทำบัญชี ควรจัดให้มีการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดทำบัญชี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การจัดทำเอกสารทางการเงิน

เงินและทะเบียนคุม 2) การจัดทำบัญชีหลักและรายงานการเงิน 3) การรายงานสถานะการเงินให้กับประธานกลุ่ม/ผู้บริหารและผู้ทำบัญชีของกลุ่มรับทราบ หรืออาจจะกำหนดรูปแบบวิธีการจัดทำบัญชีให้เข้าใจง่าย มีความเหมาะสมกับการดำเนินงานของแต่ละกลุ่ม

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. หน่วยงานภาครัฐควรจัดอบรมให้ความรู้กับวิสาหกิจชุมชนอย่างต่อเนื่อง โดยรูปแบบและคู่มือการจัดทำบัญชีที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันเพื่อมิให้เกิดความสับสน และจัดให้มีเจ้าหน้าที่คอยให้คำปรึกษาและคอยติดตามการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน และควรจัดให้มีช่องทางการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์
2. ควรออกแบบระบบบัญชีให้มีความเหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชน พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานระบบบัญชี เพื่อให้เกิดการควบคุมภายในที่ดี เพื่อเพิ่มศักยภาพในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ต้องขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้ได้รับงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยด้าน ววน. ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2567 (ผ่านหน่วยงาน) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

7. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มส่งเสริมพัฒนาการบัญชีชุมชน สำนักส่งเสริมพัฒนาการบัญชีและถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมตรวจบัญชีสหกรณ์. (2564). คู่มือบัญชีวิสาหกิจชุมชน. สืบค้น 20 มีนาคม 2567 จาก <https://auditing-school.cad.go.th/download/guidebook123.pdf>.

จินดา จอกแก้ว. (2559). การจัดการความรู้การจัดทำบัญชีและการบริหารการเงินกลุ่มธุรกิจช่างชุมชนบางบัว เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร. วารสารเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 8(1), 22-41.

ชลกนก ไชยิตตณิน, ชนิดาภา ดีสุขอนันต์ และวรเทพ ตรีวิจิตร. (2560). ปัญหา อุปสรรคและแนวทางการพัฒนาการจัดทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครปฐม. Veridian E-Journal, Silpakorn University, 10(3), 2138-2151.

ชมภูษุช หุ่นนาค, สมพร เพ็ญจันทร และ ปภาวดี มินตรีวัต. (2562). แนวทางการพัฒนาระบบบัญชีของวิสาหกิจชุมชน กลุ่มแม่บ้านเกษตรมหาสวัสดิ์ ตำบลศาลายา อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดนครปฐม. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 9(1), 85-97.

ชมพูนุท สิริพรหมภัก, กิรณา แต่อารักษ์ และยลฤดี ตันตสิทธิ. (2562). การจัดการความรู้ในยุคประเทศไทย 4.0 ทุกระดับในองค์กร อย่างมีความสุขเพื่อการพัฒนาองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนที่ยั่งยืน. วารสารทันตภิบาล, 30(2), 142-153.

ศุภรา เสกาจารย์, ทิพย์วรรณ พรหมรังีกา, กมลลักษณ์ แดงโสภณ และ จินตนา ตรีนิศย์. (2566). การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน เพื่อยกระดับเศรษฐกิจฐานราก. กองนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าสินค้าเกษตร สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. สืบค้น 13 มีนาคม 2567 จาก <https://tpso.go.th/document/2404-0000000003>.

สัจฉวัฒน์ วรโยธา, มนต์ดา ชัยสวณีย์กรณ, วิลาสินี แสงคำพระ และ มงคล กิตติวุฒิไกร. (2561). การพัฒนาระบบบัญชีในการบริหารเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของกลุ่มเย็บผ้าฝ้ายพื้นเมืองบ้านกกไถ ตำบลคำชะอี อำเภอกำชะอี จังหวัดมุกดาหาร. 8(2), 81-89.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2564). การจัดการความรู้. รายงานผลโครงการจัดการความรู้ (KM) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 รอบ 6 เดือน (1 ตุลาคม 2563 – 31 มีนาคม 2564) สืบค้นเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2565 เข้าถึงได้ที่ https://www.orst.go.th/iwfm_search.asp.

อรัญญา จินาชาญ, พัชรี พระสงฆ์ และโสพิศพิไล ทองใส. (2562). การจัดการความรู้ทางบัญชีเพื่อพัฒนาวิสาหกิจชุมชนในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชให้ยั่งยืน. รายงานผลงานวิจัย คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

อลิษา ประสมผล. (2564). การวิเคราะห์สภาพปัญหา อุปสรรค และแนวทางการจัดทำบัญชีกลุ่มออมทรัพย์เพื่อการผลิตในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี. วารสารวิชาการวิทยาลัยสันตพล, 7(1), 128-135.

กลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างเสริมพลังสัมมาชีพผู้สูงอายุ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่

ตำบลแม่สา

ยุรธร จีนา^{1*}

¹ กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

* Yurathorn_27@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 085-0343620

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างสวัสดิการสังคมและเสริมพลังสัมมาชีพผู้สูงอายุ ตำบลแม่สา อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้วิธีดำเนินการวิจัยแบบผสมผสาน และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ อบต.แม่สา ผู้นำชุมชน ประชาชนผู้สูงอายุ โดยใช้การคัดเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า

1. กลยุทธ์การพัฒนาสัมมาชีพให้แก่ผู้สูงอายุตำบลแม่สา มี 5 กลยุทธ์ ได้แก่ (1) การวิเคราะห์จุดเด่นของตำบลแม่สาในด้านการส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ (2) การพัฒนากายภาพและสภาพแวดล้อมในตำบลแม่สาให้เหมาะสม (3) การจัดหาประชาชนผู้สูงอายุ วิทยากร บุคคลต้นแบบ ในการถ่ายทอดความรู้ทักษะอาชีพผู้สูงอายุ (4) การใช้เครือข่ายในชุมชน ทั้งภาครัฐ เอกชน สนับสนุนการสร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุ และ (5) การพัฒนาตำบลแม่สา ให้เป็นชุมชนยั่งยืนด้านสัมมาชีพผู้สูงอายุ

2. กลไกเชิงพื้นที่ในการสร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุ มีทั้งรูปแบบที่เป็นทางการ ผ่านหน่วยงานราชการในพื้นที่ และรูปแบบที่ไม่เป็นทางการ ใช้การพูดคุยขอความอนุเคราะห์เครือข่ายในพื้นที่ สนับสนุนการดำเนินงานของผู้สูงอายุ

3. ผลการขับเคลื่อนกลไกระดับพื้นที่ ทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทางนโยบาย ได้เกิดการปรับเปลี่ยนทัศนคติที่มีต่อผู้สูงอายุ ตำบลแม่สา เปลี่ยนจากทัศนคติที่มองว่าผู้สูงอายุคือ ภาระที่ต้องดูแล ไม่มีความสามารถ กลายเป็นผู้ที่มีสุขภาวะที่ดี พึ่งพาตนเองได้ มีคุณค่า และมีประสพการณ์

คำสำคัญ กลยุทธ์การพัฒนา, กลไกเชิงพื้นที่, สัมมาชีพ

Development strategies and spatial mechanisms for strengthening the livelihoods of the elderly, Mae Sa Subdistrict, Mae Rim District, Chiang Mai Province

Yurathorn Jeena ^{1*}

¹ Department of Social Sciences and Humanities , Faculty of business administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* Yurathorn_27@hotmail.com, Phone Number 085-0343620

Abstract

This research aims to study development strategies and spatial mechanisms to create social welfare and enhance the livelihoods of the elderly in Mae Sa Subdistrict, Mae Rim District, Chiang Mai Province Using a mixed research method and participatory action research. The sample group included administrators, Mae Sa Subdistrict Administrative Organization officials, community leaders, community scholars, and elderly people By using purposive selection. The research results found that

1. Strategies for developing careers for the elderly in Mae Sa Subdistrict include 5 strategies: (1) Analysis of the strengths of Mae Sa Subdistrict in promoting careers for the elderly. (2) Developing the physical and environmental conditions in Mae Sa Subdistrict to be suitable. (3) Providing community scholars, lecturers, and role models in transferring knowledge and vocational skills to the elderly. (4) Using networks in the community, both public and private, to support the creation of livelihoods for the elderly, and (5) Mae Sa Subdistrict development. To be a sustainable community regarding the livelihood of the elderly

2. Spatial mechanisms for creating livelihoods for the elderly There are both official and official formats. Through local government agencies and informal format Use the chat to ask for help from local networks. Supporting the operations of the elderly

3. Results of driving the mechanism at the local level Make those involved in policy There has been a change in attitude towards the elderly in Mae Sa Subdistrict. Change from the attitude that the elderly are A burden to take care of no ability Become a person with good health Self-reliant, valuable, and experienced

Keywords: Development strategies, spatial mechanisms, livelihoods

1. บทนำ

นับตั้งแต่ศตวรรษที่ 21 ทั่วโลกเผชิญกับปัญหาประชากรผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางการแพทย์และสาธารณสุขทำให้คนมีอายุยืนขึ้น ในขณะที่ประชากรโลกกำลังเพิ่มช้าลง จำนวนและสัดส่วนของประชากรผู้สูงอายุกลับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปี 2565 ทั่วทั้งโลกมีประชากรผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) มากถึง 1,109 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 14 ของประชากรโลก 8,000 ล้านคน (กรมกิจการผู้สูงอายุ,ออนไลน์, 2565) ปัจจุบันสังคมโลกก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ซึ่งองค์การสหประชาชาติคาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ.2050 ผู้สูงอายุในโลกจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 1.50 พันล้านคน คิดเป็นสัดส่วนผู้สูงอายุร้อยละ 16 (รัชชนก กลิ่นชาติ, 2563, หน้า 190) ซึ่งสถานการณ์นี้จะทำให้ประเทศไทย ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุเต็มตัว จากข้อมูลการเพิ่มขึ้นของผู้สูงวัยนี้ เป็นเครื่องบ่งชี้ว่าครอบครัวและรวมไปถึง หน่วยงานต่าง ๆ ต้องตระหนักและเตรียมการรับมือให้ดีที่สุด โดยต้องเข้าใจว่า ผู้สูงวัยจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางร่างกายและจิตใจที่ส่งผลต่อสุขภาพจิต หากผู้สูงวัยสามารถปรับตัวได้ ก็สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข แต่หากไม่สามารถปรับตัวได้ ก็อาจจะพบปัญหาสุขภาพจิตได้ง่าย (ตระกูล พุ่มงาม และ สุวัฒน์ รัชชันทนะ, 2564, หน้า 468) ดังนั้น สังคมผู้สูงอายุ จึงเป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญและไม่อาจละเลยได้ รัฐบาลจึงจำเป็นต้องให้การส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการขับเคลื่อนการทำงานด้านผู้สูงอายุอย่างเหมาะสม ปัจจุบันปัญหาสถานการณ์ความเหลื่อมล้ำทางสังคม ยังคงรุนแรง และรอการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ซึ่งท้าทายต่อนโยบายของรัฐบาล รวมทั้งยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรสูงอายุจำนวนไม่น้อยกว่า 12,600 คน (ข้อมูลจากการรวบรวมแผนพัฒนาท้องถิ่นขององค์ปกครองส่วนท้องถิ่น ปี 2561-2565 ทั้ง 11 แห่ง) ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุจากการทบทวนแผนพัฒนาท้องถิ่นแล้วจะพบว่า ท้องถิ่นได้ดำเนินการภายใต้ยุทธศาสตร์การพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างทั่วถึงทั้งในด้านการประกอบอาชีพ สุขภาวะและการศึกษา โดยการส่งเสริมอาชีพให้แก่ผู้สูงอายุ การแจกเบี้ยยังชีพของผู้สูงอายุ เพื่อให้ผู้สูงอายุมีรายได้ มีความมั่นคงของชีวิตและสังคม นอกจากนี้การดำเนินงานด้านผู้สูงอายุในอำเภอแมริม ยังครอบคลุมถึงยุทธศาสตร์การอนุรักษ์ ถ่ายทอดวัฒนธรรม จารีตประเพณี ส่งเสริมวิถีชีวิตภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาคุณธรรมจริยธรรมของประชาชน โดยการสนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้สูงอายุในอำเภอที่มีศักยภาพด้านการถ่ายทอดภูมิปัญญาได้มีโอกาสถ่ายทอดภูมิปัญญาดั้งเดิมของชุมชน อำเภอ ให้แก่ประชาชน เด็กและเยาวชน สร้างความภาคภูมิใจให้กับตนเองสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศว่าด้วยการเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพมนุษย์และยุทธศาสตร์การสร้างความเป็นธรรมลดความเหลื่อมล้ำในสังคมที่มุ่งสร้างให้ประชาชนทุกกลุ่มในอำเภอแมริมสามารถเข้าถึงทรัพยากร แหล่งทุนในการประกอบอาชีพและการเข้าถึงบริการทางสังคมของภาครัฐอย่างมีคุณภาพ ทั้งถึงและเป็นธรรม ทั้งบริการการศึกษา สุขภาพ สวัสดิการสังคม และกระบวนการยุติธรรม ตลอดจนงานการพัฒนาศักยภาพของคน ยกระดับรายได้และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งจำไปสู่การมีคุณภาพชีวิตที่ดีและสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีศักดิ์ศรี แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานด้านผู้สูงอายุขององค์ปกครองส่วนท้องถิ่นก็ยังไม่สามารถดำเนินการได้อย่างครอบคลุมทั้งหมด ส่วนหนึ่งเนื่องจากผู้สูงอายุบางคนยังคงต้องทำงานเพื่อหาเลี้ยงชีพ หาเลี้ยงดูแลครอบครัว ทำให้ไม่สามารถดูแลสุขภาพให้ดีได้ อีกทั้งบางคนลูกหลานไม่ได้อยู่ด้วย ทำให้ไม่มีใครคอยปรนนิบัติ หรือให้คำปรึกษาด้านต่าง ๆ ก่อให้เกิดความเครียด บั่นทอนสุขภาพกายและสุขภาพจิต ตลอดถึงเกิดความเหลื่อมล้ำทางสังคมของผู้สูงอายุในชุมชน จึงเป็นประเด็นสำคัญเร่งด่วนที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอแมริม และทุกภาคส่วนตระหนักเห็นว่าต้องมีการดำเนินงานร่วมกัน ขณะที่การทวนกลับ ของภูมิปัญญาท้องถิ่นในกระบวนการพัฒนาได้ฉายภาพการพัฒนาความเข้มแข็งของชุมชน ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์คุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นภายใต้ภูมิปัญญาของท้องถิ่น อันนำมาสู่การพัฒนาท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืน การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในกระบวนการพัฒนา ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคมและเศรษฐกิจในมิติของการยกระดับเป็น สัมมาชีพที่สร้างรายได้ให้กับชุมชน การสร้างเสริมสุขภาวะให้แก่คนในท้องถิ่น การส่งเสริม กระบวนการมีส่วนร่วมของคนในท้องถิ่น และการนำทรัพยากรชุมชน ได้แก่ ทรัพยากรทาง ธรรมชาติ วัฒนธรรมท้องถิ่น และเทคโนโลยีชุมชน มาใช้ในการผลิตสินค้าชุมชนที่เป็น เอกลักษณ์และแก้ไขปัญหาสังคม อีกทั้งยังสะท้อนให้เห็นถึงการขยายความสัมพันธ์ของชุมชน ไปยังชุมชนบริเวณใกล้เคียงภายใต้กลไกทางวัฒนธรรมและการยกระดับการพัฒนา คุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน (หทัยรัตน์ บุญโยปษฎัมภ์, 2561) ซึ่งนำไปสู่ประเด็นการตั้งคำถามในกระบวนการงานวิจัยว่า จะใช้กลไกเชิงพื้นที่ (ศักยภาพ ทุนในระดับพื้นที่) ในการสร้างสวัสดิการสังคมและเสริมพลังสัมมาชีพผู้สูงอายุ ที่จะก่อให้เกิดแนวทางการในการบริหารจัดการชุมชน และจะก่อให้เกิดรูปแบบ นวัตกรรม ในการเตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่สังคมสูงวัยในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างไร?

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างสวัสดิการสังคมและเสริมพลังสัมมาชีพผู้สูงอายุ ให้แก่ผู้สูงอายุตำบลแม่สา อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ คณะผู้วิจัย มีประสบการณ์ในการวิจัยเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม ของหลัก “บวร” บ้าน วัด โรงเรียน ราชการ ในการมีส่วนร่วมสร้างพลังแก้ไขปัญหาในชุมชน ตลอดจนมีประสบการณ์ในการทำวิจัย ทำโครงการเกี่ยวกับโรงเรียนผู้สูงอายุ และได้เชิญที่ปรึกษาโครงการวิจัยทั้งผู้เชี่ยวชาญ วิทยากร ซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ ทางด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ ตลอดจนวิทยากรผู้มีความรู้ มาร่วมเป็นที่ปรึกษาเพื่อวางแผนการวิจัยให้ประสบความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนถึงการมีโอกาสได้ร่วมขับเคลื่อนกิจการเพื่อสังคมร่วมกับมูลนิธิ บริษัทวิสาหกิจเพื่อสังคม ในจังหวัดเชียงใหม่ คณะผู้วิจัยได้มีการบูรณาการระหว่างศาสตร์ คือ การบริหารธุรกิจ และสังคมศาสตร์ เป็นต้น มีการบูรณาการระหว่างหน่วยงาน คณะบริหารธุรกิจและศิลปะศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา รวมถึงหน่วยงาน/องค์กรที่ขับเคลื่อนเรื่องกิจการเพื่อสังคม อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ทางวิชาการ คือ การพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุที่ครอบคลุมทั้ง 4 มิติ คือ กาย ใจ สังคม และเศรษฐกิจ ประโยชน์แก่ชุมชนและสังคม คือ ผู้สูงอายุในชุมชนอำเภอสามารถที่จะพึ่งพาตนเองได้ในระดับเบื้องต้น ลดการเป็นภาระให้กับตนเอง มีช่องทางการจำหน่ายสินค้าของตนเอง และจะก่อให้เกิดประโยชน์เชิงนโยบาย คือ กลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างสวัสดิการสังคมและเสริมพลังสัมมาชีพผู้สูงอายุ ให้แก่ผู้สูงอายุตำบลแม่สา อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้กิจกรรมเพื่อสังคมเป็นฐาน จะมีส่วนช่วยขับเคลื่อนสังคมและประเทศชาติให้หลุดพ้นกับดักรายได้ปานกลางและความเหลื่อมล้ำด้านรายได้ของประชาชนในประเทศไทยต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการจัดการชุมชนด้วยกลไกเชิงพื้นที่ ตามหลัก บวร (บ้าน วัด โรงเรียน ราชการ)

คำว่า บวร (บ้าน วัด โรงเรียน ราชการ) คำว่า บวร ตามพจนานุกรมคำนี้หมายถึง ประเสริฐ ล้ำเลิศ นอกจากนี้ยังเป็นคำราชาศัพท์ที่ใช้อยู่ในราชสำนักด้วยเช่นกัน คำว่า บวร เกิดจากการอักษรสามตัวมาเรียงต่อกันจนเกิดเป็นคำที่มีความหมายตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช พระองค์ทรงมองคำนี้ด้วยความลึกซึ้งและละเอียดอ่อน ยิ่งไปกว่านั้นยังทรงใช้ข้ออธิบายลักษณะโครงสร้างและความสัมพันธ์ทางสังคมไทยในมุมกว้างอย่างครอบคลุม คำว่า บวร อักษรสามตัวนี้มีความหมายในตัวของมันเอง เป็นความหมายที่ผูกพันและคุ้นเคยตลอดมา เริ่มจาก

บ. ใบไม้ แทนคำว่า บ้าน ซึ่งบ้านก็คือ ที่พักอาศัยหรือครอบครัวก็ได้ บ้านให้ความรัก ความอบอุ่นผูกพัน แม้จะเป็นหน่วยหรือสถาบันที่เล็กที่สุดในโครงสร้างสังคม แต่เป็นพื้นฐานที่มีความหมายและสำคัญที่สุด

ว. แหวน แทนคำว่า วัด เปรียบเสมือนศูนย์กลางจิตใจของคนไทยมาแต่ครั้งอดีตเป็นสถาบันที่ยึดเหนี่ยวจิตใจ อบรมสั่งสอนคนในชุมชนรอบ ๆ วัดให้ประพฤติถูกต้องคลองธรรม วัดนอกจากจะเป็นสถานที่ประกอบศาสนกิจของพระสงฆ์แล้วสำหรับชาวบ้านยังเป็นสถานที่ให้คนในชุมชนพบปะกัน ใครเดือดร้อนใจก็มาปรึกษากัน กลับจากวัดก็ได้คำสอนดี ๆ กลับไปมากมายอย่างที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีเสรีภาพในการนับถือศาสนาซึ่งทุกศาสนา ล้วนแต่สอนให้ทุกคนทำความดี ดังนั้น ว.แหวน จึงมีนัยหมายถึงศาสนาทุกศาสนาในแผ่นดินไทย

ร.เรือ แทนคำว่า โรงเรียน คือสถานที่ให้ความรู้อย่างมีแบบแผน สำหรับเด็กเยาวชน ซึ่งจะเติบโตเป็นผู้ใหญ่ในอนาคต ภาระของโรงเรียนอาจดูหนักบ้างในปัจจุบัน เนื่องจากโรงเรียนต้องดูแลนักเรียนเหมือนดังเป็นลูกหลานของตน นอกจากนี้โรงเรียนจะต้องให้ความรู้ทางวิชาการอย่างเต็มที่เพื่อให้ศิษย์เป็นคนดีของสังคม และในที่นี้ยังรวมถึง ร เรือ ราชการ ซึ่งเป็นหน่วยงานสำคัญในการส่งเสริมสนับสนุนทรัพยากรในการแก้ไขปัญหาในชุมชน

2.2. แนวคิดเกี่ยวกับสัมมาชีพและสัมมาชีพชุมชน กรมการพัฒนาชุมชน (2559) ให้ความหมายว่า สัมมาชีพ คือ อาชีพที่ไม่เบียดเบียนตนเอง ไม่เบียดเบียนผู้อื่น ไม่เบียดเบียนสิ่งแวดล้อม และมีรายได้ มากกว่ารายจ่าย เป็นความพยายามที่จะปรับจากการทำมาหากินเป็นทำมาค้าขาย โดยไม่ได้เอากำไรสูงสุด เป็นตัวตั้งหรือเป็นเป้าหมายสุดท้าย และต้องคำนึงถึงความเป็นธรรมทางสังคม

2.3. แนวคิดปราชญ์สัมมาชีพชุมชน คือ ผู้ที่เป็นหัวเรี่ยวหัวแรงหลักในการชักชวนให้คนในหมู่บ้าน ลูกขึ้นมาร่วมคิดร่วมหาทางแก้ไขปัญหาและลงมือกระทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อพัฒนาชีวิต ตนเอง ครอบครัวและชุมชนให้ดีขึ้นและเป็นแบบอย่างที่ดีในการใช้ชีวิตที่เรียบง่าย ปราชญ์สัมมาชีพ ชุมชนจะต้องมีหลายคนเพื่อมาช่วยเหลือกัน เรียกว่าทำงานเป็นทีมซึ่งในทีมปราชญ์สัมมาชีพ

ชุมชน ควรจะประกอบด้วยปราชญ์ผู้รู้ด้านอาชีพ ต่างๆ อาจจะเป็นบุคคลหรือผู้คนที่เป็นทางการ เช่น กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน กรรมการหมู่บ้าน อสม. อบต. ผู้ทรงคุณวุฒิผู้นำกลุ่มองค์กร อาสาสมัคร อื่นๆ ของหมู่บ้าน เป็นต้น หรืออาจจะเป็นผู้นำตามธรรมชาติ เช่น ผู้นำทางภูมิปัญญาท้องถิ่น ผู้นำทางจิตวิญญาณ เป็นต้น ปราชญ์ผู้รู้ชุมชนจะต้องเรียนรู้และเข้าใจในหลักปรัชญา ของเศรษฐกิจพอเพียง กระบวนการพัฒนาหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียง การจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจในการถ่ายทอดองค์ความรู้วิธีการสื่อสารเพื่อกระตุ้นและสร้างความตระหนักแก่ครัวเรือน สัมมาชีพชุมชนและประชาชน ในการน ำองค์ความรู้ด้านอาชีพที่ค้นพบและแสวงหาสื่อสารผ่าน วิทยากรปราชญ์ผู้รู้ชุมชน ผ่านกระบวนการตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาปรับใช้ใน การดำเนินชีวิต ปราชญ์ผู้รู้ชุมชนต้องไปส่งเสริมให้ครัวเรือนสัมมาชีพเพื่อให้รู้จักวิเคราะห์ตนเอง มองเห็นปัญหา เห็นจุดอ่อน จุดแข็งของตนเอง และเรียนรู้วิธีการสร้างอาชีพที่มั่นคง สร้างความอยู่ เย็นเป็นสุขอย่างยั่งยืน (ชบาไพร ชัยหาเนตร และ ภักดี โพธิ์สิงห์, 2562 , หน้า 56-57)

2.4. แนวคิดการพัฒนาเชิงพื้นที่ (Area Based Approach) เป็นเป้าหมายและทิศทางการพัฒนาเพื่อเสริมสร้าง ความเข้มแข็งของประเทศ โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงจากฐานราก คือ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม “คน” เพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงใน ระดับครัวเรือน /ชุมชน ก่อนที่ขยายไปสู่การเปลี่ยนแปลงในเชิงโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น การเปลี่ยนมุมมองการพัฒนาให้ความสำคัญ กับ “การพัฒนาเชิงพื้นที่” ซึ่งถือเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของ กระบวนการผลักดันการพัฒนาประเทศ โดยการพัฒนาหรือส่งเสริมให้ ชุมชนมีความเข้มแข็งพึ่งตนเองได้ สามารถปรับตัวให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลง ใช้ความรู้ในการหาวิธีจัดการหรือแก้ไขปัญหาของ ตัวเอง ครัวเรือน ชุมชน และ ประเทศได้อย่างยั่งยืน (กิตติ สัจจาวัฒนา, 2560, หน้า 3-7)

2.5 แนวคิดชุมชนเข้มแข็ง ปรารถนาให้เป็นชุมชนที่มีเสถียรภาพและความมั่นคงทางความรู้สึที่มีต่อค่านิยมร่วม อัต ลักษณ์ร่วม ปัญหาร่วม และความต้องการร่วมของชุมชน ครอบคลุมไปถึงชุมชนที่มีความเชื่อมั่นในบทบาทของผู้นำชุมชนและกลุ่ม ภาคิเครือข่ายประเภทต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกับชุมชน

2.6 แนวคิด Collaborative governance การเปิดโอกาสให้ภาคส่วนต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจ มุ่งเน้นฉันทามติ องค์กรประกอบสำคัญในการบริหารกิจการแบบร่วมมือกัน ประกอบไปด้วยหลายองค์ประกอบ โดยมุ่งเน้นความ ร่วมมือในเรื่องนโยบายสาธารณะหรือการจัดการภาครัฐ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการให้ความร่วมมือ และสามารถนำไปปรับใช้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนหรือกลุ่มเป้าหมายต่าง ๆ ได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ อบต.แม่สา ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชุมชน ผู้สูงอายุ ในตำบลแม่สา อำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุในชุมชน โดยใช้การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ เจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วม แบบบันทึกการจัดเวทีระดมความคิดเห็น เพื่อแนวทางกลไกเชิงพื้นที่การสร้างสัมมาชีพแก่ผู้สูงอายุตำบลแม่สา

3.3 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 จัดประชุมปฐมนิเทศผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย

3.3.2 สัมภาษณ์เชิงลึก ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชุมชน ผู้สูงอายุ ตำบลแม่สา

3.3.3 สังเกตแบบมีส่วนร่วมบุคคลต้นแบบผู้มีสัมมาชีพในตำบลแม่สา

3.3.4 จัดเวทีระดมความคิดเห็นแนวทางกลไกเชิงพื้นที่การสร้างสัมมาชีพแก่ผู้สูงอายุตำบลแม่สา

3.3.5 วิเคราะห์ข้อมูล สรุป และ นำเสนอผลการวิจัย

3.4 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล ใช้การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (triangulation)

3.5 งานวิจัยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตามหนังสือรับรองที่ RMUTL-IRB 067/2023

4. ผลการวิจัย

กลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างเสริมพลังสมาชิกผู้สูงอายุ ตำบลแม่สา อำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิจัยพบว่า

ตำบลแม่สา มีกลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างเสริมพลังสมาชิกผู้สูงอายุ ประกอบด้วย

4.1. กลยุทธ์การพัฒนาด้วยความร่วมมือจาก หน่วยงานภาครัฐ เครือข่าย โรงเรียน ประชาชนชุมชนต้นแบบ โดยตำบลแม่สาตั้งอยู่ในบริเวณถนนโชตนา เชียงใหม่-ฝาง เป็นลักษณะชุมชนชนบทกึ่งเมือง อยู่ห่างจากที่ว่าการอำเภอมะริม ประมาณ 1 กิโลเมตร พื้นที่ทางกายภาพเป็นพื้นที่ราบลุ่มทั้งตำบลเป็นแนวยาวจากทิศเหนือไปทิศใต้ พื้นที่โดยทั่วไปเหมาะกับการเพาะปลูกมีลำธารไหลผ่านบางหมู่บ้าน มีจำนวน 6 หมู่บ้าน มีประชากร 5,856 คน (ข้อมูลเดือนมีนาคม 2567) ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพรับจ้างทั่วไป ร้อยละ 77 และมีหน่วยงานทางการศึกษา ประกอบด้วย โรงเรียนบ้านแม่สา มีศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก สถาบันพัฒนาเยาวชนสตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่วิทยาเขตแม่สา และศูนย์การเรียนชุมชนตำบลแม่สา มีวัด จำนวน 6 แห่ง มีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานภาคเอกชน ได้แก่ ธนาคาร ห้างค้าส่ง บิมน้ำมัน คลังสินค้า โรงแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โรงผลิตน้ำดื่ม ตลอดจนถึงหมู่บ้านจัดสรร ในพื้นที่ตำบลแม่สา ซึ่งองค์การบริหารส่วนตำบลแม่สา จะเป็นหน่วยงานสำคัญในการขับเคลื่อนกลยุทธ์การพัฒนา โดยเมื่อวิเคราะห์ศักยภาพของตำบลแม่สา สามารถจัดทำเป็นกลยุทธ์การพัฒนาภายใต้แนวคิด Collaborative governance การเปิดโอกาสให้ภาคส่วนต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจ มุ่งเน้นฉันทามติ โดยมี 5 กลยุทธ์ ที่จะส่งเสริมพัฒนาสมาชิกให้แก่ผู้สูงอายุ คือ

กลยุทธ์ที่ 1 การวิเคราะห์จุดเด่นของตำบลแม่สาในด้านการส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ โดยการระดมความคิดเพื่อค้นหาจุดแข็ง จุดที่ควรพัฒนา รวมถึงโอกาส อุปสรรค ในการส่งเสริมสมาชิกให้แก่ผู้สูงอายุ โดยตำบลแม่สาความสัมพันธ์ทางสังคมแบบเครือญาติ คนในพื้นที่ได้อยู่อย่างช่วยเหลือเกื้อกูลกันมาช้านานความสัมพันธ์แบบเครือญาตินี้ทำให้วิถีชีวิตของคนในชุมชนมีความสนิทชิดเชื้อถ้อยทีถ้อยอาศัย เอื้อประโยชน์ร่วมกัน คุณลักษณะที่สะท้อนความเข้มแข็งของชุมชน ได้แก่ ความสามารถในการพึ่งตนเอง ความมั่นคงปลอดภัยของชุมชน การมีวิสัยทัศน์ของชุมชน และความรักและห่วงหาพันชุมชน ปัจจัยที่นำไปสู่ความเข้มแข็งของชุมชน

กลยุทธ์ที่ 2 การพัฒนากายภาพและสภาพแวดล้อมในตำบลแม่สาให้เหมาะสม สู่การเป็นชุมชนเพื่อรองรับสังคมสูงวัย โดยพิจารณาจัดสรรงบประมาณ เพื่อพัฒนาอาคารสถานที่ให้มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ จัดสิ่งอำนวยความสะดวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงเรียนผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นสถานที่ในการอบรมให้ความรู้ด้านทักษะอาชีพแก่ผู้สูงอายุ

กลยุทธ์ที่ 3 การจัดหาประชุมนุชชน วิชยกร บุคคลต้นแบบ ในการถ่ายทอดความรู้ทักษะอาชีพผู้สูงอายุ เพื่อเป็นตัวอย่างในการสร้างสมาชิกผู้สูงอายุ ซึ่งในตำบลแม่สา มีประชุมนุชชนที่เป็นแบบอย่างที่ดีของการมีสมาชิก และมีการดำเนินชีวิตตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง คือ คุณแม่พวงทอง กระจ่าง ซึ่งประดิษฐ์งานฝีมือต่าง ๆ ไว้จำหน่ายสร้างรายได้แก่ตนเอง รวมทั้งมีส่วนในบ้านที่มีการบริหารจัดการในรูปแบบของ โคกหนองนาโมเดล

กลยุทธ์ที่ 4 การใช้เครือข่ายในชุมชน ทั้งภาครัฐ เอกชน สนับสนุนการสร้างสมาชิกผู้สูงอายุ โดยมาช่วยในการให้ความสนับสนุนการเสริมสร้างสมาชิกผู้สูงอายุ โดยขอรับการสนับสนุนวิทยากรในพื้นที่ และหน่วยงานใกล้เคียงมาคอยให้ความรู้แก่ผู้สูงอายุ

กลยุทธ์ที่ 5 การพัฒนาตำบลแม่สา ให้เป็นชุมชนยั่งยืนด้านสมาชิกผู้สูงอายุ ได้แก่ สร้างกิจกรรมการพัฒนาชุมชนอย่างต่อเนื่อง สร้างความรักความอบอุ่นระหว่างคนหลายวัยในครอบครัว สร้างคุณค่าให้แก่ผู้สูงอายุ พัฒนาการตลาดผลิตภัณฑ์ ให้มีช่องทางจำหน่ายสินค้าของผู้สูงอายุให้มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของผู้สูงอายุตำบลแม่สา

4.2. กลไกเชิงพื้นที่ มีทั้งรูปแบบที่เป็นทางการ และไม่เป็นทางการ ในการสร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุ โดยกลไกจะขับเคลื่อนผ่านโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลแม่สา ซึ่งมีเครือข่ายภาคีในชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาสัมมาชีพ สร้างความร่วมมือใน 2 ลักษณะ คือ

4.2.1 การสร้างความร่วมมือในรูปแบบที่เป็นทางการ ผ่านการทำหนังสือราชการ หนังสือเชิญ หรือการลงนามบันทึกความร่วมมือกับหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน (MOU) ในการเป็นวิทยากร ทั้งในระดับชุมชน ตำบล อำเภอ และระดับจังหวัด มาให้ความรู้ด้านทักษะอาชีพสำหรับผู้สูงอายุ เช่น กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน, การศึกษานอกโรงเรียน, มหาวิทยาลัย เป็นต้น และยังมีการส่งหนังสือไปยังหมู่บ้านในตำบลแม่สา เพื่อชี้แจงแนวนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสัมมาชีพผู้สูงอายุ เพื่อให้ผู้นำชุมชนได้รับทราบ รวมทั้งให้การสนับสนุน อำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ แก่ผู้สูงอายุ ช่วยอุดหนุนสินค้า จัดหาสถานที่รวมกลุ่มกันในการประกอบอาชีพของผู้สูงอายุ

4.2.1 การสร้างความร่วมมือในรูปแบบที่ไม่เป็นทางการ คือการใช้เครือข่ายในพื้นที่ จากหน่วยงานต่าง ๆ ใช้โอกาสที่พบปะกัน ได้พูดคุยแลกเปลี่ยน และขอความร่วมมือในการร่วมกันสนับสนุนสินค้าผู้สูงอายุ อาศัยความร่วมมือที่ใช้ความสัมพันธ์ส่วนตัวในการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เช่น ขอร้านค้าในชุมชนช่วยรับผลิตภัณฑ์ของผู้สูงอายุไปวางจำหน่ายในร้านค้า, การขอพื้นที่ในการจำหน่ายสินค้าของผู้สูงอายุในงานพิธีต่าง ๆ งานวัด งานทำบุญ งานแสดงสินค้า ตลาดชุมชน โรงเรียน มหาวิทยาลัย เป็นต้น



รูปที่ 2 การระดมความคิดเห็นในด้านกลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่สร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุ

4.3. ผลการขับเคลื่อนกลไกระดับพื้นที่ ทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทางนโยบาย ได้เกิดการปรับเปลี่ยนทัศนคติที่มีต่อผู้สูงอายุตำบลแม่สา 4 ด้าน คือ

4.3.1 ทัศนคติว่า ผู้สูงอายุ คือ ผู้ที่เป็นภาระค่าใช้จ่ายของลูกหลาน กลายเป็น ผู้สูงอายุเป็นผู้ที่สามารถหารายได้เลี้ยงดูตนเองได้ หากได้รับการพัฒนาที่เหมาะสม

4.3.2 ทัศนคติว่า ผู้สูงอายุ คือ ผู้ที่ต้องได้รับการดูแล กลายเป็น ผู้สูงอายุที่พึ่งพาตนเองได้

4.3.3 ทัศนคติว่า ผู้สูงอายุ คือ ผู้ที่อ่อนแอ กลายเป็น ผู้สูงอายุสามารถมีสุขภาพที่ดีทั้งกายและใจ หากได้รับความรู้อย่างเพียงพอทั่วถึง

4.3.4 ทัศนคติว่า ผู้สูงอายุ คือ ผู้ที่ไม่มีความสามารถ กลายเป็น ผู้สูงอายุคือผู้ที่มีประสบการณ์เป็นบุคคลที่มีคุณค่าเป็นปูชนียบุคคลของคนในชุมชน



รูปที่ 3 กิจกรรมการสร้างความร่วมมือเครือข่ายตำบลแม่สา

5. สรุปและอภิปรายผล

กลยุทธ์การพัฒนาส่งเสริมพัฒนาสัมมาชีพให้แก่ผู้สูงอายุตำบลแม่สา มี 5 กลยุทธ์ คือ กลยุทธ์ที่ 1 การวิเคราะห์จุดเด่นของตำบลแม่สา กลยุทธ์ที่ 2 การพัฒนากายภาพและสภาพแวดล้อมตำบลแม่สา สู่การเป็นชุมชนเพื่อรองรับสังคมสูงวัย กลยุทธ์ที่ 3 การจัดหาปราชญ์ชุมชน วิทยากร บุคคลต้นแบบ เพื่อเป็นตัวอย่างในการสร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุ กลยุทธ์ที่ 4 การใช้เครือข่ายในชุมชน ทั้งภาครัฐ เอกชน มาช่วยในการให้ความสนับสนุนการเสริมสร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุ และกลยุทธ์ที่ 5 การพัฒนาตำบลแม่สาเป็นชุมชนยั่งยืน นอกจากนี้ยังมีกลไกเชิงพื้นที่ในการสร้างสัมมาชีพผู้สูงอายุ โดยกลไกจะขับเคลื่อนผ่านโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลแม่สา ซึ่งมีเครือข่ายภาคีในชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาสัมมาชีพ สร้างความร่วมมือใน 2 ลักษณะทั้งรูปแบบที่เป็นทางการ และไม่เป็นทางการ เกิดเป็นชุมชนนักปฏิบัติ (Community of Practice) สอดคล้องกับการศึกษาของ พิมพ์ลิขิต แก้วทานาม และคณะ (2564, บทคัดย่อ) ที่กล่าวว่า กลไกการสร้างความร่วมมือทั้งหน่วยงานราชการและภาคีในการทำงานระดับพื้นที่ โดยสร้างความร่วมมือใน 2 ลักษณะ คือ 1. สร้างความร่วมมือแบบทางการ ผ่านคำสั่งทางปกครอง 2. การสร้างความร่วมมือแบบไม่เป็นทางการผ่านเครือข่ายที่เกิดจากการสร้างวงเสวนา การประชุมในสภากาแฟ และชุมชนนักปฏิบัติ นอกจากนี้ผลการขับเคลื่อนกลไกระดับพื้นที่ ทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทางนโยบาย ได้เกิดการปรับเปลี่ยนทัศนคติที่มีต่อผู้สูงอายุตำบลแม่สาที่เป็นไปในแง่บวก มองเห็นคุณค่าของผู้สูงอายุ สอดคล้องกับการศึกษาของ ภาณุวัฒน์ สิงห์คำป้อม (2565, บทคัดย่อ) ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณค่าของผู้สูงอายุได้แก่ ปัจจัยด้านสมรรถนะ คือ ความสามารถในการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ปัจจัยด้านความสำคัญ คือ มีความสัมพันธ์ที่ดีในครอบครัวและการอยู่ในสังคมที่ดี ปัจจัยด้านความมีอิสระ คือ อิสระรับรู้ มีอิสระในการจัดการและควบคุมตนเอง ปัจจัยด้านคุณค่า คือ การวางตัวที่เหมาะสมกับวัย การมีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ คำสอนทางศาสนา มีจิตสำนึกที่ดี ซึ่งมีแนวทางในการสร้างคุณค่าคือ การส่งเสริมให้ผู้สูงอายุตระหนักถึงคุณค่าในตัวเอง การพัฒนาคุณค่าผู้สูงอายุ คุณค่าผู้สูงอายุวิถีใหม่ และสวัสดิการที่มีคุณภาพ ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการใช้แนวทางการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) เพื่อ

ยกระดับการบริหารจัดการเครือข่ายสมาชิก ขยายไปยังพื้นที่ใกล้เคียงให้เกิดความร่วมมือในการสร้างสมาชิกแก่ผู้สูงอายุอย่างยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง กลยุทธ์การพัฒนาและกลไกเชิงพื้นที่เพื่อสร้างสวัสดิการสังคมและเสริมพลังสมาชิกผู้สูงอายุ โดยใช้กิจการเพื่อสังคมเป็นฐาน ตำบลแม่สา อำเภอมะริมจังหวัดเชียงใหม่ ทุนวิจัย Fundamental Fund; FF ปีงบประมาณ 2566 ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวิจัยทุกท่าน ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลแม่สา ผู้นำชุมชน ประชาชนผู้สูงอายุตำบลแม่สา ที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีทุกประการ

7. เอกสารอ้างอิง

กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2565). สถิติผู้สูงอายุไทย 77 จังหวัด. สืบค้น 20 เมษายน 2566

<https://www.dop.go.th/th/know/side/1/1/1766>

กรมการพัฒนาชุมชน. (2559). แนวทางการสร้างสมาชิกชุมชน. กรุงเทพฯ: กระทรวงมหาดไทย.

กิตติ สัจจาวัฒนา. (2560). งานวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ รูปแบบงานวิจัยใหม่ที่ท้าทายกระบวนการวิจัยของประเทศไทย (บทความรับเชิญ). ใน: ชิตธรรมรงค์ ศิริสถิตกุล (บ.ก.), การวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. นครศรีธรรมราช: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

ชบาไพร ชัยหาเนตร์ และ ภักดี โพธิ์สิงห์. (2562). ความสำเร็จในการขับเคลื่อนสมาชิกชุมชน. วารสารวัฒนธรรมและพุทธศาสตร์ปริทรรศน์ 6 (1), หน้า 56-57.

ตระกูล พุ่มงาม และ สุวัฒน์ รักขันโทตะ. (2564). สุขภาวะแนวพุทธของผู้สูงอายุ, วารสาร มจร มนุษยศาสตร์ปริทรรศน์, 7(1), หน้า 468.

พิมพ์ลลิตา แก้วทานามและคณะ. (2564). กลไกความร่วมมือเชิงพื้นที่เพื่อแก้ไขปัญหาความยากจน จังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารการบริหารการปกครอง. 10(2), หน้าบทความย่อ

ภาณุวัฒน์ สิงห์คำป้อง และอจิรภาส เพียรขุนทด. การวิเคราะห์คุณค่าผู้สูงอายุ : กรณีศึกษาอำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. วารสารบัณฑิตสาเกตปริทรรศน์, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2565.

รัชชนก กลิ่นชาติ. บทบาทของพยาบาลในการร่วมพัฒนาชุมชนที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี. 31(1), 189-197.

หทัยรัตน์ บุญโยปรัชญ์มภ์. (2561). ภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการพัฒนา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รุ่งเรือง.

การพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ ของนักศึกษา

รุ่งลาวัลย์ สุกุลมาลัยทอง^{1*} ศศิธร ต่ายหลี่² และระวีวรรณ แก้ววิทย์³

^{1,2,3} คณะการสร้างเจ้าของธุรกิจและการบริหารกิจการ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
9/1 หมู่ 5 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

*runglawan.s@bu.ac.th, 0846375502

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการสร้างการรับรู้ความสามารถของนักศึกษาในการเป็นผู้ประกอบการและเพื่อศึกษาผลลัพธ์ของการพัฒนาการรับรู้ความสามารถของนักศึกษาในการเป็นผู้ประกอบการ โดยเป็นงานวิจัยแบบผสมวิธี มีการเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 323 คน จากคณะการสร้างเจ้าของธุรกิจและการบริหารกิจการ ผลลัพธ์จากการวิจัยได้กระบวนการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทบทวนตนเอง 2) การลงมือทำ 3) การนำเสนอ 4) การทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้ และเมื่อผ่านกระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอนแล้ว พบว่า นักศึกษามีการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการด้านการรู้จักตนเอง ด้านความเชื่อมั่น และด้านความสามารถ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 4.55 และ 4.49 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด มากที่สุดและมากตามลำดับ โดยผลลัพธ์การประเมินความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 อยู่ในระดับมาก สะท้อนถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและส่งผลให้นักศึกษามีการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ

คำสำคัญ: การรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ, การรู้จักตนเอง, ความเชื่อมั่น, ความสามารถ

The Development of Learning Process for Creating Entrepreneurial Self-Efficacy of Students

Runglawan Skulmalaithong ^{1*} Sasithorn Tailee ² and Raweewan Kaewwit ³

^{1,2,3} School of Entrepreneurship and Management Bangkok University
9/1 Moo 5 Phaholyothin Road, Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12120

*runglawan.s@bu.ac.th, 0846375502

Abstract

This study aims to evolve a procedure initial awareness of students' ability, becoming an entrepreneurial self-efficacy. Research was conducted based on data collection within 323 undergrad students who are studying at school Entrepreneurship and Management by using mixed methodology research. There are 4 procedures' resultant of the research have shown, 1)Self – Review 2)Action 3)Demonstration 4)Self-Reflection subsequent of 4 procedures occurred students drive themselves to entrepreneurial self-efficacy in terms of self-awareness, following confidence and abilities. The averages were 4.52, 4.55, and 4.49 hit the highest level, still the highest level, and higher as a shadow level. Ultimately, the evaluation of satisfaction with the learning process has an average of 4.48 at a high level, indicated learning management process suitably and likewise students are entrepreneurial self-efficacy.

Keywords: entrepreneurial self-efficacy, self-awareness, confidence, abilities

1. บทนำ

นับจากปลายปี พ.ศ.2562 เป็นต้นมา ประเทศต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยต้องเผชิญหน้ากับสถานการณ์ โควิด 19 ที่ส่งผลกระทบต่อวิถีความเป็นอยู่ของประชาชน สังคมและสภาพเศรษฐกิจ ธุรกิจจำนวนหนึ่งเลิกกิจการและธุรกิจจำนวนมากต้องปิดตัวลงชั่วคราวหรือถาวร เมื่อสถานการณ์คลี่คลายทุกภาคส่วนของประเทศไทยต่างเร่งปรับตัวเพื่อฟื้นฟูกิจการและหาแนวทางการดำเนินธุรกิจภายใต้สภาวะความปกติใหม่ (New Normal) หน่วยงานรัฐบาลได้จัดทำแผนและโครงการต่างๆ เพื่อพัฒนาความเป็นอยู่ของประชาชนและผู้ประกอบการให้ดีขึ้นจนสามารถผ่านวิกฤตดังกล่าวได้ กระทรวงพาณิชย์ซึ่งเป็นกระทรวงหลักในการขับเคลื่อนการค้าการขายและธุรกิจประเภทต่างๆ ได้กำหนดแผนแม่บทเฉพาะกิจภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติอันเป็นผลมาจากสถานการณ์โควิด 19 พ.ศ. 2564-2565 โดยมีเป้าหมายที่สำคัญ คือ “คนสามารถยังชีพอยู่ได้ มีงานทำ กลุ่มเปราะบางได้รับการดูแลอย่างทั่วถึง สร้างอาชีพและกระจายรายได้สู่ท้องถิ่น เศรษฐกิจประเทศฟื้นตัวเข้าสู่ภาวะปกติ และมีการวางรากฐานเพื่อรองรับการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจใหม่ (Economic Transformation)” มีการส่งเสริมการลงทุน การสร้างงาน การสร้างรายได้ให้แก่ท้องถิ่น ชุมชน และผู้ประกอบการโดยเฉพาะวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) เพื่อให้เศรษฐกิจฐานรากยังคงเป็นกำลังหลักในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งด้านการผลิตและการบริโภคต่อไป (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2564)

แม้ว่าจะมีธุรกิจจำนวนหนึ่งที่ต้องปิดตัวลงเนื่องจากผลกระทบของสถานการณ์โควิด19 แต่ในขณะเดียวกันได้เกิดมุมมองใหม่ที่ทำให้เกิดธุรกิจใหม่ๆ ด้วยเช่นกัน ดังผลลัพธ์สะท้อนในรายงานประจำปี พ.ศ.2565 ของกรมพัฒนาธุรกิจการค้าพบว่า มีผู้ประกอบการจัดตั้งธุรกิจใหม่จำนวนรวม 76,488 ราย มีมูลค่าทุนจดทะเบียน 429,823 ล้านบาท (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2565) และในปี พ.ศ.2566 มีผู้ประกอบการจัดตั้งธุรกิจใหม่จำนวนรวม 85,300 ราย เพิ่มขึ้นจากปี 2565 จำนวน 8,812 ราย หรือ 12% มูลค่าทุนจดทะเบียน 562,469.64 ล้านบาท (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2566)

การสร้างธุรกิจใหม่อาจเป็นจุดเปลี่ยนหรือจุดเริ่มต้นใหม่สำหรับธุรกิจเก่าที่ต้องปิดตัวลง และอาจเป็นโอกาสหรือทางเลือกใหม่สำหรับบัณฑิตจบใหม่ที่ยังไม่มียานทำงานในช่วงหลังสถานการณ์โควิด 19 ทั้งยังรวมถึงนักเรียน นิสิต นักศึกษา คนรุ่นใหม่ ที่แสวงหาโอกาสในการสร้างรายได้แต่ยังไม่สำเร็จการศึกษา ซึ่งคนที่มีความต้องการสร้างธุรกิจจำนวนหนึ่งยังมีความกังวลใจ ไม่แน่ใจ ขาดความมั่นใจ มีคำถามมากมาย เช่น ควรจะเริ่มอย่างไร จะทำธุรกิจอะไร เป็นต้น จึงทำให้คนกลุ่มนี้ไม่สามารถเริ่มต้นได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาในด้านการรู้จักตนเอง ความเชื่อมั่น และความสามารถ เพื่อสร้างจุดเริ่มต้นในการลงมือปฏิบัติจริง มุ่งผลลัพธ์ที่นำไปสู่การสร้างผู้ประกอบการรุ่นใหม่ที่จะออกไปประกอบอาชีพในภาคธุรกิจได้อย่างมีคุณภาพพร้อมเป็นส่วนหนึ่งของการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากระบวนการสร้างการรับรู้ความสามารถของนักศึกษาในการเป็นผู้ประกอบการ
2. เพื่อศึกษาผลลัพธ์ของการรับรู้ความสามารถของนักศึกษาในการเป็นผู้ประกอบการ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับการรับรู้ความสามารถของตน

Bandura (1997) ผู้สร้างทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตน กล่าวว่า การรับรู้ความสามารถของตนจะแสดงออกถึงความเชื่อของแต่ละบุคคลว่ามีความสามารถในการจัดระเบียบ ระบบและทรัพยากรของตนเองเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้ตามความตั้งใจหรือไม่ ผู้ที่มีความเชื่อมั่นในตนเองจะสามารถรับมือกับปัญหา ความเครียด ความท้าทายและทำสิ่งต่างๆ ให้บรรลุผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้เพราะมีแรงจูงใจความตั้งใจ และความพยายามที่จะเลือกดำเนินการตามกระบวนการคิดของตนให้เกิดผลลัพธ์ได้มากกว่าผู้ที่ไม่มีความเชื่อมั่น เรียกว่า ความสามารถในการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Perceived Self Efficacy)

วิลาสลักษณ์ (2543) กล่าวว่า การรับรู้ความสามารถของตน (Perceived Self Efficacy หรือ Self Efficacy) หมายถึง ความเชื่อของบุคคลว่าตนมีความสามารถที่จะจัดระบบและกระทำเพื่อบรรลุผลตามที่กำหนดได้ และในด้านการเรียนรู้พบว่าการ

รับรู้ความสามารถของตนเป็นตัวกำหนดที่สำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการของผู้เรียนรวมถึงครูผู้สอนต้องมีความเชื่อในความสามารถของตนเองด้วยเช่นกัน

แนวคิดเกี่ยวกับการเป็นผู้ประกอบการ

Oetomo และ Utami (2019) ได้ศึกษาแนวคิดและพฤติกรรมของนักธุรกิจบนพื้นฐานของหลักทฤษฎีจิตวิญญาณการเป็นผู้ประกอบการทั้ง 7 ด้าน พบว่า เจ้าของธุรกิจที่สามารถทำธุรกิจให้สำเร็จได้นั้นจะมีความรักและความหลงใหลในธุรกิจที่ดำเนินอยู่โดยเฉพาะธุรกิจที่เป็นความฝันและเป็นความตั้งใจ จะสามารถจัดการกับปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นกับการเริ่มต้นและการดำเนินธุรกิจได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้หากมีข้อผิดพลาดหรือความล้มเหลวเกิดขึ้นในระหว่างดำเนินการจะสามารถเริ่มต้นใหม่ได้โดยไม่มีติดกับข้อผิดพลาดและความล้มเหลวในอดีต

สนิทดเดช จินตนา และคณะ (2566) ได้ศึกษาและสรุปคุณลักษณะในการเป็นผู้ประกอบการใหม่ในโลกยุคดิจิทัล ประกอบด้วยความสามารถทางนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการทำงานเชิงรุก ความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถในการเผชิญความเสี่ยง ความสามารถในการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์กับสังคมและความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยีดิจิทัล และพบว่า ทักษะคิดต่อการเป็นผู้ประกอบการ สิ่งแวดล้อมทางธุรกิจและการจัดการศึกษามีอิทธิพลเชิงบวกต่อคุณลักษณะในการเป็นผู้ประกอบการในโลกยุคดิจิทัล

แนวคิดเกี่ยวกับการรับรู้ความสามารถของตนด้านผู้ประกอบการ

Caliendo และคณะ (2023) ทำงานวิจัยโดยการเก็บข้อมูลผู้ก่อตั้งธุรกิจในประเทศเยอรมนี จำนวน 1,405 คน พบว่าความเชื่อมั่นในความสามารถของตนมีผลต่อความคิด การกระทำ และผลการดำเนินงานของธุรกิจ ทำให้ธุรกิจสามารถดำเนินงานไปได้โดยมีความเติบโตและมีผลลัพธ์ที่ดี สรุปได้ว่า การรับรู้ความสามารถของตนสะท้อนถึงศักยภาพในการทำธุรกิจซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อผลประกอบการและความเติบโตของธุรกิจนั้น

Garaika และ Margahana (2019) ทำการศึกษารูปแบบความตั้งใจของผู้ประกอบการและวิเคราะห์อิทธิพลของการรับรู้ความสามารถของตน บุคลิกภาพ ความมั่นใจ โดยการเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการรุ่นใหม่ ที่มีอายุระหว่าง 20-30 ปี จำนวน 200 คน พบว่า การรับรู้ความสามารถ บุคลิกภาพและความมั่นใจของตนเองมีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการเป็นผู้ประกอบการ นอกจากนี้ยังพบว่าการศึกษาและต้นแบบทางธุรกิจมีอิทธิพลต่อการรับรู้ความสามารถของตนด้านการเป็นผู้ประกอบการอีกด้วย

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการเรียนรู้

Active Learning เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ลงมือกระทำและได้ใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เขาได้กระทำลงไป (Bonwell,1991) เน้นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริง โดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก แนะนำ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน ผู้เรียนจะถูกเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับความรู้ (Receiver) ไปสู่การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ (Co-Creators) (Fedler & Brent, 1996)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา เป็นงานวิจัยผสมผสานวิธี (Mixed Methodology Research) ประกอบด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ทำการรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสนทนากลุ่ม (Focus Group) จากผู้เรียน และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ทำการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินการรับรู้ความสามารถของตนในการเป็นผู้ประกอบการ และแบบประเมินกระบวนการเรียนรู้ พื้นที่วิจัย คือ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ งานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพการณ์ (Situation Analysis)

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ความสามารถของตนเอง ทิศทางการพัฒนาผู้ประกอบการไทย ร่วมกับการสนทนากลุ่ม (Focus Group) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสนทนากลุ่มคือนักศึกษาจำนวน 20 คน แบ่งออกเป็นนักศึกษาที่กำลังศึกษาในรายวิชา EPT151 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและการให้คำปรึกษาธุรกิจ 1 (Business Workshop and Consulting for Entrepreneurs I) จำนวน 10 คน จากจำนวนนักศึกษา 80 คน และนักศึกษาที่กำลังศึกษาในรายวิชา EPT251 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและการให้คำปรึกษาธุรกิจ 3 (Business Workshop and Consulting for Entrepreneurs III) จำนวน 10 คน จาก

จำนวนนักศึกษา 80 คน ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จับฉลากจากรายชื่อนักศึกษา 3 กลุ่ม ที่มีคะแนนเฉลี่ยสะสมสูง กลาง และต่ำละกัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แนวคำถามการสนทนากลุ่มแบบกึ่งโครงสร้างสำหรับนักศึกษา เรื่อง กระบวนการเรียนรู้ในปัจจุบัน การรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของตนเอง จำนวน 5 ข้อ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีการวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา จากผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1

1. ร่างกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา โดยกำหนดกรอบแนวคิดเบื้องต้น ขั้นตอนการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 1

2. นำร่างกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการเรียนรู้พิจารณาจำนวน 3 คน

3. ปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาผลลัพธ์กระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา โดยนำกระบวนการที่ปรับปรุงแล้วในขั้นตอนที่ 2 ไปทดลองใช้และประเมินผล

1. นำกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา ไปทดลองใช้กับนักศึกษามหาวิทยาลัยกรุงเทพจำนวน 323 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา EPT152 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและการให้คำปรึกษาธุรกิจ 2 (Business Workshop and Consulting for Entrepreneurs II) และวิชา EPT252 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและการให้คำปรึกษาธุรกิจ 4 (Business Workshop and Consulting for Entrepreneurs IV) ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566

2. รวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสนทนากลุ่มกับนักศึกษาจำนวน 40 คน จากจำนวนนักศึกษา 323 คน โดยใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย จับฉลากจากรายชื่อนักศึกษา 3 กลุ่ม ที่มีคะแนนเฉลี่ยสะสมสูง กลาง และต่ำละกัน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ แบบสอบถามแบบกึ่งโครงสร้างสำหรับการสัมภาษณ์กลุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

3. รวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนจำนวน 323 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ คือ แบบประเมินการรับรู้ความสามารถของตนในการเป็นผู้ประกอบการ และ แบบประเมินกระบวนการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาได้ผลลัพธ์เป็นกระบวนการทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนตนเอง

กำหนดให้นักศึกษาทบทวนตนเองในด้านความชอบ ความสนใจ ความถนัด ประสบการณ์ด้านการทำธุรกิจรวมถึงพื้นฐานธุรกิจครอบครัว เพื่อสร้างการรู้จักตนเองและสามารถพิจารณาต้นทุนชีวิตของตนเองได้อย่างเหมาะสม การเริ่มต้นจากการค้นหาตัวตนและมองหาต้นทุนชีวิตจะทำให้ นักศึกษารู้จักตนเองมากขึ้น มีโอกาสในการเริ่มต้นทำธุรกิจได้ก่อนและสามารถไปถึงเป้าหมายหรือประสบผลสำเร็จได้เร็วขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การลงมือทำ

กระตุ้นให้นักศึกษาลงมือทำหรือปฏิบัติจริง โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นที่มีความเป็นไปได้ที่ไม่จำเป็นต้องมีความพร้อมหรือสมบูรณ์แบบ เมื่อนักศึกษาได้ทบทวนตนเองจนแน่ใจว่าตนเองมีความชอบหรือสนใจในสิ่งใดสามารถเริ่มต้นจากสิ่งเหล่านั้นได้ เช่น นักศึกษาสามารถสร้างรายได้จากงานอดิเรกหรือกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ เป็นต้น หากพบว่านักศึกษายังไม่สามารถค้นพบความชอบ ความถนัดหรือความสนใจของตนเองอาจแนะนำให้เริ่มจากการศึกษาธุรกิจครอบครัวในหน่วยงานที่มีความสามารถศึกษาและหาข้อมูลได้ หรือพิจารณาจากต้นทุนของตนเอง เช่น ที่ดิน เป็นต้น สิ่งสำคัญสำหรับผู้เริ่มต้นลงมือปฏิบัติจริง คือ ความกล้าเผชิญหน้า

กับความไม่แน่นอนในอนาคตขณะเดียวกันต้องศึกษาข้อมูลและความรู้ที่จำเป็นในการลงมือทำและเตรียมพร้อมรับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นด้วย

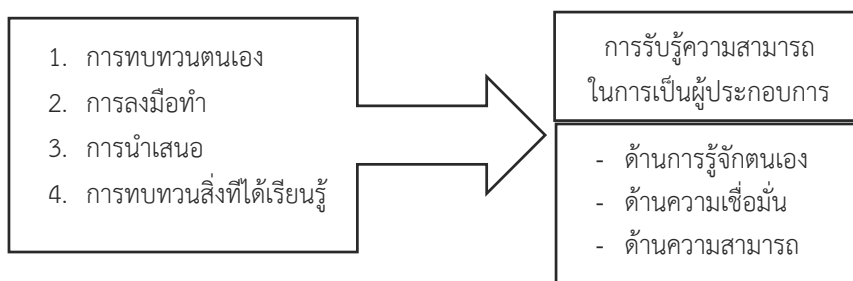
ขั้นตอนที่ 3 การนำเสนอ

นัฒหมายนักศึกษาสามารถนำเสนอความก้าวหน้าหลังจากลงมือปฏิบัติจริง เมื่อนักศึกษาได้ทดลองลงมือทำหรือปฏิบัติจริงแล้วอาจเกิดผลลัพธ์ที่น่าพอใจหรือไม่พอใจ นักศึกษาจะได้เรียนรู้ ปรับปรุงและพัฒนาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นให้ได้ผลที่ดีขึ้นได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์และความรู้ความสามารถด้วยตนเอง นักศึกษาจะหาวิธีในการค้นหาคำตอบและความรู้จากแหล่งต่างๆ เพื่อมาปรับปรุงและพัฒนาผลของการลงมือปฏิบัติจริงนั้นให้ดีขึ้น รวมถึงการค้นหาแหล่งข้อมูลหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านเพื่อเป็นที่ปรึกษาในประเด็นที่นักศึกษามีความสนใจในระดับเชิงลึกได้

ขั้นตอนที่ 4 การทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้

นักศึกษาทบทวนสิ่งที่ได้ลงมือทำและสิ่งที่ได้เรียนรู้ นักศึกษาจะได้รับประสบการณ์ใหม่ ความรู้ใหม่ กระบวนการเรียนรู้ใหม่ เกิดการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและยังพบว่าตนเองมีความกล้าลงมือทำในสิ่งใหม่ มีความเข้าใจตนเองและมีความมั่นใจในความสามารถของตนเองเพิ่มขึ้น

เมื่อทำกระบวนการครบ 4 ขั้นตอน จะได้ผลลัพธ์ตามกรอบแนวคิด แสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิด

เมื่อทำครบกระบวนการ ทั้ง 4 ขั้นตอน ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อประเมินการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาใน 3 ด้าน ได้แก่ การรู้จักตัวเอง ความมั่นใจ และความสามารถ และประเมินความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านการรู้จักตนเอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.82 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินผลลัพธ์การรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านการรู้จักตนเอง

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
1. นักศึกษารู้ว่าตนเองมีความสุขกับการทำกิจกรรมใดในเวลาว่าง	4.62	0.85	มากที่สุด
2. นักศึกษารู้ว่าตนเองมีความเก่งหรือความถนัดในด้านใด	4.48	0.68	มาก
3. นักศึกษารู้ว่าตนเองมีความสนใจในธุรกิจ สินค้า/บริการ ประเภทใด	4.56	0.76	มากที่สุด
4. นักศึกษารู้ว่าตนเองมีปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดธุรกิจใหม่หรือต่อยอดธุรกิจของครอบครัวได้	4.48	0.66	มาก
5. นักศึกษารู้ว่าตนเองมีเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญด้านธุรกิจที่สามารถปรึกษาหรือขอคำแนะนำได้	4.42	0.89	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านการรู้จักตนเอง	4.52	0.82	มากที่สุด

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านความมั่นใจ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.78 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินผลลัพธ์การรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านความมั่นใจ

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
1. นักศึกษาคิดว่าตนเองสามารถเริ่มต้นธุรกิจจากสิ่งเล็กๆ โกลัตัวได้	4.63	0.57	มากที่สุด
2. นักศึกษารู้สึกว่าการทำธุรกิจมีโอกาสสำเร็จและล้มเหลวได้ แต่สิ่งที่สำคัญคือการได้เรียนรู้จากการลงมือทำ	4.52	0.66	มากที่สุด
3. นักศึกษาคิดว่าเจ้าของธุรกิจที่ประสบความสำเร็จ ไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นจากความพร้อมเสมอไป	4.58	0.85	มากที่สุด
4. นักศึกษารู้สึกว่าตนเองกล้าเผชิญกับผลลัพธ์ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ในอนาคต	4.44	0.75	มาก
5. การมองเห็นความสำเร็จของเจ้าของธุรกิจอื่นช่วยให้ตนเองเห็นเป้าหมายและเส้นทางในการทำธุรกิจได้ชัดเจนขึ้น	4.56	0.82	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านความมั่นใจ	4.55	0.78	มากที่สุด

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านความสามารถ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 อยู่ในระดับมาก แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินผลลัพธ์การรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านความสามารถ

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
1. นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจได้	4.44	0.72	มาก
2. นักศึกษาสามารถนำความรู้และประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติจริง มาใช้ในการเริ่มต้นหรือต่อยอดธุรกิจได้	4.56	0.69	มากที่สุด
3. นักศึกษาสามารถเรียนรู้ความสำเร็จและความผิดพลาดได้จากการลงมือทำ	4.52	0.86	มากที่สุด
4. นักศึกษาสามารถเลือกใช้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ตามบริบทของธุรกิจได้	4.49	0.81	มาก
5. นักศึกษาสามารถนำประสบการณ์ที่ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่นมาปรับใช้ในธุรกิจของตนได้	4.50	0.65	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยด้านความสามารถ	4.49	0.74	มาก

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาทั้ง 3 ด้าน คือ การรู้จักตนเอง ความมั่นใจและความสามารถ แสดงตัวอย่างความคิดเห็นของนักศึกษาตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างความคิดเห็นของการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านการรู้จักตนเอง ความมั่นใจและความสามารถ

ด้าน	ความคิดเห็น
1. การรู้จักตัวเอง	<p>“ได้รู้ถึงสิ่งที่ตัวเองอยากทำ ชัดเจนมากยิ่งขึ้น”</p> <p>“ตัวเองได้โอเค และเป้าหมายที่ชัดเจนมากขึ้น เพราะได้จากการสั่งงานของอาจารย์และได้นั่งคิดกับตัวเองจนทำให้ตกผลึกเป็นโอเคที่สนใจ”</p> <p>“ได้เรียนรู้งานกับที่บ้าน ทั้งที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน”</p> <p>“เมื่อก่อนรู้สึกไม่ชอบและกลัวที่จะศึกษาธุรกิจครอบครัว แต่ตอนนี้กล้าที่จะพูดคุยและลองนำความรู้ไปปรับใช้ให้ดีขึ้น”</p>

	“มีความรู้สึกอยากต่อยอดธุรกิจที่บ้านมากอยู่แล้วแต่ตอนนี้รู้สึกอยากทำธุรกิจของเราเพิ่มอีกธุรกิจด้วยเช่นกัน”
2. ความมั่นใจ	“วิชานี้ทำให้รู้สึกกล้าลงมือทำ อาจารย์คอยให้คำแนะนำ ได้ลองเริ่มทำ” “ได้ลองคิดนอกกรอบและลองทำในสิ่งที่ไม่เคยทำ” “จริงๆ ก็อยากเริ่มทำอยู่แล้วแต่ไม่มั่นใจ พอได้คุยกับอาจารย์ก็มีความมั่นใจมากขึ้นค่ะ” “คนอื่นทำได้ ทำไมหนูจะทำได้” “เกิดความมั่นใจในไอเดียธุรกิจของตัวเองมากขึ้นและสามารถต่อยอดธุรกิจครอบครัวให้ดีขึ้นกว่าเดิมได้อีก” “ยังได้ตกตะกอนความคิดก็ยิ่งรู้สึกว่าเราควรทำให้มันสำเร็จจริงๆ”
3. ความสามารถ	“ได้นำความรู้ที่ไปพบการปรึกษากับอาจารย์ไปต่อยอดธุรกิจได้จริงและทำให้ธุรกิจมีความพัฒนาและก้าวหน้าขึ้นกว่าเดิม” “ทำให้เราเข้าใจมากขึ้นว่า ณ ตอนนี้เราควรทำอะไรก่อน และมีแนวทางอย่างไร” “ได้วิเคราะห์หลายๆ อย่าง เริ่มธุรกิจแบบมีความรู้” “พอได้ลงมือทำเองจึงทำให้ได้เรียนรู้หลายๆ อย่าง รู้จักความผิดพลาดของตัวเอง” “ได้รับการชี้แนะทางได้มากขึ้น มองเห็นข้อดีและข้อเสีย” “หลังจากเข้าปรึกษาอาจารย์ทำให้รู้ว่าจะต่อยอดธุรกิจยังไง เริ่มจากตรงไหนและพัฒนาตรงไหน” “พอได้พูดคุยกับคนที่ประสบการณ์หรือมีความรู้ในด้านนี้ ทำให้มีพลังบวกอยากทำ อยากพูดคุยเรื่องธุรกิจมากขึ้น โดยการคิดอย่างรอบคอบ”

5. ผลการวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.76 อยู่ในระดับมาก แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 5 และตัวอย่างความคิดเห็นของนักศึกษาต่อกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาแสดงผลได้ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา

ความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
1. ส่งเสริมให้นักศึกษาเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ในต้นทุนชีวิต	4.51	0.72	มากที่สุด
2. ชี้ประเด็นให้เห็นว่าการทำธุรกิจสามารถเริ่มจากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวได้	4.46	0.84	มาก
3. เน้นให้นักศึกษาลงมือทำและเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4.49	0.88	มาก
4. ชักจูงและกระตุ้นให้นักศึกษาเริ่มต้นทำธุรกิจหรือเรียนรู้ธุรกิจครอบครัว	4.42	0.91	มาก
5. มีคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำธุรกิจ	4.48	0.78	มาก
6. มีบรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์	4.51	0.83	มากที่สุด
7. ความพึงพอใจโดยรวม	4.48	0.76	มาก

ตัวอย่างความคิดเห็นอื่นๆ ต่อกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา

“ได้จุดประกายความคิดในด้านธุรกิจ อาจารย์คุยเป็นกันเอง ไม่ตัดสินว่าความคิดเราไม่ดี แต่อาจารย์บอกว่าเราต้องลงมือทำ”

“การได้แรงบันดาลใจในการทำธุรกิจ เพราะเห็นคนที่ประสบความสำเร็จเชื่อว่าทุกคนทำได้”
 “วิชานี้ทำให้เรามีไฟในการทำธุรกิจมากขึ้น”
 “เรากล้าเริ่มต้นธุรกิจด้วยตัวเองจากที่ไม่มีอะไรเลย”
 “รู้สึกว่าเป็นวิชาที่ได้ใช้ความคิดของตัวเองเต็มที่ที่สุด ทำให้เห็นมุมมองของตัวเองมากขึ้น ผ่านการให้คำปรึกษาจากอาจารย์”
 “ชอบที่ได้พูดคุยปรึกษากับอาจารย์ที่มีประสบการณ์หลายๆ ด้าน”
 “ทำให้เห็นมุมมองใหม่ๆที่ไม่เคยคิด”
 “การมาแชร์ไอเดียกับเพื่อนๆ และทำให้มีมุมมองที่เยอะขึ้นในแต่ละธุรกิจ”
 “ได้ความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมาก และได้ความมั่นใจ”
 “ได้มีการพัฒนาธุรกิจที่เรอยากทำให้คืบหน้ามากขึ้นค่ะ ได้เรียนรู้เข้าใจในธุรกิจของตัวเองมากขึ้น”
 “ประทับใจในการเชี่ยวชาญของอาจารย์ครับและชอบที่อาจารย์คอยแนะนำคำถามที่ผมสงสัย”

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลวิจัยการพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา ได้ผลลัพธ์เป็นกระบวนการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทบทวนตนเอง 2) การลงมือทำ 3) การนำเสนอ 4) การทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้ เมื่อนักศึกษาผ่านกระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอนแล้ว พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.76 อยู่ในระดับมากที่สุดอันให้เห็นว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อกระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอน ซึ่งกระบวนการลักษณะนี้สอดคล้องกับผลลัพธ์ของสุทธิพรและคณะที่ได้มีการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้และได้ข้อสรุปว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสำรวจ ขั้นสร้างผลงานและขั้นจัดแสดง (สุทธิพรและคณะ, 2564) สำหรับการทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้สอดคล้องกับงานของ Shin ที่มีข้อสรุปว่าการสะท้อนคิด (Reflection) ทำให้นักศึกษามีมุมมองในตนเองได้ลึกซึ้งมากขึ้นตามบริบทที่ได้มีการพิจารณาแล้ว โดยมีการพิจารณา 2 ประเด็น คือ 1) มุมมองของการสะท้อนคิด ได้แก่ ประสบการณ์เบื้องต้น ความเข้าใจเกี่ยวกับการสะท้อนคิดและการเปลี่ยนแปลง 2) ความท้าทายที่ต้องเผชิญ ได้แก่ ความต้องการความคิดเห็นที่มุ่งเน้นกระบวนการมากขึ้น (Shin, 2021)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านการรู้จักตนเอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.82 อยู่ในระดับมากที่สุด การที่นักศึกษามีความตระหนักรู้ในตนเอง รู้ความถนัด รู้ความชอบและต้นทุนพื้นฐานครอบครัวทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในลักษณะพื้นฐานของตนเองเพิ่มขึ้นและสามารถเริ่มทำกิจกรรมหรือธุรกิจที่เหมาะสมกับตนเองได้ง่ายขึ้นสอดคล้องกับงานของ Caliendo และคณะที่มีผลวิจัยว่าลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลมีส่วนช่วยในการทำความเข้าใจการขับเคลื่อนให้เกิดพลังในการเริ่มต้นและจะเป็นสิ่งกำหนดความสามารถในการจะบรรลุผลสำเร็จของงานนั้นๆ ได้ (Caliendo & et al., 2023) และสอดคล้องกับงานของ Garaika และ Margahana ที่มีผลวิจัยว่าบุคคลที่เป็นแบบอย่าง เช่น คนในครอบครัวมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษา (Garaika & Margahana, 2019) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณการรับรู้ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาด้านความมั่นใจและด้านความสามารถ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 และ 4.49 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.78 และ 0.74 ตามลำดับ อยู่ในระดับมากที่สุดและระดับมาก ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับงานของ Shaheen และ AL-Haddad ที่มีผลวิจัยว่าประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการลงมือทำจะช่วยพัฒนาความมั่นใจ ความสามารถและทักษะในการเป็นผู้ประกอบการให้มีเพิ่มขึ้น (Shaheen and AL-Haddad, S., 2018) และเมื่อนักศึกษามีความมั่นใจ ความสามารถและมีทักษะในการเป็นผู้ประกอบการเพิ่มขึ้นจะทำให้นักศึกษามีความกล้าในการเผชิญหน้ากับปัญหา อุปสรรค ความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งสิ่งเหล่านี้แสดงออกทางวิถีคิดและพฤติกรรม สอดคล้องกับงานของวิลาศลักษณ์ที่พบว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองจะเป็นสิ่งที่กำหนดแบบแผนในการคิด กำหนดพฤติกรรมรวมถึงการตอบสนองทางด้านอารมณ์เมื่อต้องอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่แน่นอนหรือสถานการณ์ที่ต้องใช้ความพยายามสูง (วิลาศลักษณ์ ชั่ววัลลี, 2543)

ข้อเสนอแนะ

ผลลัพธ์ด้านความมั่นใจและความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการของนักศึกษาสะท้อนผ่านกระบวนการทบทวนตนเอง จากสิ่งที่ได้ลงมือหรือปฏิบัติ ดังนั้น หากมีการวนซ้ำรอบของการลงมือทำและการทบทวนจะทำให้ระดับของการรับรู้ความสามารถของตนเองเพิ่มขึ้น การเรียนรู้ความสำเร็จและความผิดพลาดจากการลงมือทำด้วยตนเอง จะเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ครั้งใหม่ที่ทำให้การต่อยอดเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. (2565). *รายงานประจำปี 2565*. สืบค้นจาก <https://www.dbd.go.th/storage/manual/328ae223-5d4f-4b33-8b66-05b0e5265008.pdf>
- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. (2566). *รายงานประจำปี 2566*. สืบค้นจาก https://www.dbd.go.th/download/publicdevelop_file/annualreport/annualreport_66/ARDBD2023.html
- กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2564). *แผนปฏิบัติการราชการรายปี*. สืบค้นจาก <https://www.moc.go.th/th/file/get/file/202111098cd0c624e60bf73be6990e967aac11b8152034.pdf>
- วิลาสลักษณ์ ชั่ววลี. (2543, 20/8). การรับรู้ความสามารถของตน. ใน *สารานุกรมศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ* (เล่ม 19, น. 29-37).
- สนิทเดช จินตนา และคณะ. (2566). การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณลักษณะในการเป็นผู้ประกอบการในโลกยุคดิจิทัลของ นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 25(2), 127-144.
- สุทธิพร แทนทอง และคณะ. (2564). การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดออร์พรั่วมกับการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดเพื่อ ส่งเสริมความสามารถในการจัดการตนเองของนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 14(1), 28-43. doi: 10.53848/irdssru.v14i1.252975
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman and company.
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, D.C.: The George Washington University, School of Education and Human Development.
- Caliendo, M. & et al. (2023). Self-Efficacy and Entrepreneurial Performance of Start-Ups. *Small Business Economics*, 61(3), 1027-1051. doi:10.1007/s11187-022-00728-0
- Felder, R. & Brent, R. (1996). Navigating the Bumpy Road to Student-Centered Instruction. *Journal of College Teaching*, 44(2), 43-47.
- Garaika, G. & Margahana, H. (2019). Self Efficacy, Self Personality and Self Confidence on Entrepreneurial Intention: Study on Young Enterprises. *Journal of Entrepreneurship Education*, 22(1), 1-12.
- Oetomo, J. & Utami, C. (2019). The study of Mindset and Behavior of Businessmen on The Theory of 7 Spirits of Entrepreneurship. *Review of Management and Entrepreneurship*, 3(1), 25-34.
- Shaheen, N. & AL-Haddad, S. (2018). Entrepreneurial Self-Efficacy and Entrepreneurial Behavior. *International Journal of Development and Sustainability*, 7(10), 2385-2402.
- Shin, Y.T. (2021). Reflective Learning? Understanding the Student Perspective in Higher Education. *Education Research*, 63(2), 229-243. doi:10.1080/00131881.2021.1917303

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกอาชีพของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

ปิยะพร เสมาทอง^{1*} สรินยา สุภัทรานนท์²

¹ สาขาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ตำบลแม่งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

² สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ตำบลแม่งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

*p_sama@rmutl.ac.th, kaisarinya@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกประกอบอาชีพ และเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคลกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่จบการศึกษาในปีการศึกษาในปี 2565 จำนวน 180 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือสำหรับงานวิจัย คือแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกประกอบอาชีพของนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยระดับปัจจัยมากที่สุด คือด้านค่าตอบแทนรายเดือน รองลงมาคือด้านเงินโบนัสประจำปี ด้านสวัสดิการเกี่ยวกับค่ารักษาพยาบาล ด้านสวัสดิการเกี่ยวกับครอบครัว ผลตอบแทนประจำตำแหน่ง ตามลำดับ สำหรับผลการเปรียบเทียบปัจจัยในการเลือกอาชีพของนักศึกษา จำแนกตามเพศ พบว่านักศึกษาที่มีเพศต่างกันมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพโดยรวมไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ดังนั้น มหาวิทยาลัยควรมีการจัดเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับอาชีพก่อนที่นักศึกษาจะตัดสินใจเลือกเพื่อเป็นแนวทางที่ดีของนักศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: ปัจจัยที่ส่งผล, นักศึกษาปริญญาตรี, อาชีพ

Factors Influencing the Decision on Jobs Selection for the Undergraduates of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak

Piyaporn Samathong ^{1*} Sarinya supatranont ²

¹ Management Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak

² Accounting Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak

*p_sama@rmutl.ac.th and kaisarinya@rmutl.ac.th

Abstract

The purposes of this research were to study the factors influencing the decision of jobs selection and to compare personal factor with the factors influencing the choices of jobs for the students. The samples consisted of 180 selected from undergraduate students from senior students in the Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak. The research instrument was a 5-point scale questionnaire. The statistics used for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and hypothesis testing statistics. The results of this research showed. The analysis of factors influencing the choices of jobs for the undergraduate's students, as a whole, was found at a high level. When considering each aspect, it was found that the factor averagely scored the highest was labor cost and compensation, followed by the Career stability and family pride, respectively. The comparison between personal factors with the factors influencing the choices of jobs for the undergraduates classified by genders, revealed that the overall choices of jobs of the students from different genders were not different. Therefore, universities should provide knowledge about careers before students make their choice in order to be a good guide for students in the future.

Keyword: factor that influence, undergraduates, occupation

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงในสถานการณ์ปัจจุบันส่งผลกระทบต่อมากมาย มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาแทนที่แรงงานมนุษย์ เกิดการระบาดของโรคใหม่หลายสายพันธุ์ทำให้การดำเนินชีวิตของมนุษย์ และการประกอบอาชีพเปลี่ยนแปลงไป จากผลกระทบมนุษย์ต้องมีการปรับตัวเป็นอย่างมาก ความหลากหลายของอาชีพเข้ามามีความสัมพันธ์ในชีวิตของมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สะท้อนให้เห็นว่าทุกอาชีพมีความสำคัญตามบริบทที่ต่างกัน และช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตของมนุษย์ให้ดีขึ้น เช่นเดียวกับที่สำนักงานปลัดกระทรวงแรงงานในปี 2566 ได้อธิบายถึงการเลือกประกอบอาชีพของแต่ละบุคคลนั้น มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติ และเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจชุมชน ทำให้ประเทศชาติมีความเจริญก้าวหน้าต่อไป ดังนั้นมนุษย์ต้องเข้าใจตนเองซึ่งเป็นปัจจัยภายใน และต้องเข้าใจปัจจัยภายนอกที่ประกอบด้วยลักษณะงาน คุณสมบัติเฉพาะของงาน วัฒนธรรมองค์กร ความต้องการของตลาดแรงงาน ข้อดีข้อเสียของแต่ละอาชีพ ทำให้บุคคลนั้นเลือกอาชีพที่ดี ได้รับความตอบสนองตามรู้ความสามารถของตนเองอย่างเหมาะสม มีความก้าวหน้าในสายงานอาชีพ และมีการดำเนินชีวิตที่ดี อย่างเป็นความสุข (Boonsathirakul, 2021) การเลือกอาชีพทำงานในองค์กรใดปกติแล้วมักพิจารณาจากผลตอบแทน สวัสดิการ ความมั่นคง สภาพแวดล้อมในการทำงาน ความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติงานเอง อาชีพที่เหมาะสมกับคนหนึ่งอาจไม่เหมาะสมกับอีกคน เนื่องจากบุคคลมีความแตกต่างกันหลายด้าน เช่น บุคลิกภาพ ค่านิยม ความสามารถ ความถนัดแต่หากใครที่ได้ทำงานที่เหมาะสมกับตนเองแล้วย่อมทำให้มีความสุขในการทำงานและมีแนวโน้มประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพ ในทางตรงกันข้ามหากบุคคลใดเลือกงานไม่เหมาะสมกับตนเองทำให้เกิดความเบื่อหน่าย ไม่มีความสุขและมีโอกาสประสบความสำเร็จได้ยาก เป็นผลให้เกิดความเสียหายในระดับประเทศชาติต่อไป (Kaewka, Klinasukhon & Kamkaew, 2022)

คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก เปิดสอนหลักสูตรระดับปริญญาตรี จากข้อมูลงานทะเบียนนักศึกษาที่มีนักศึกษาที่กำลังสำเร็จการศึกษาในปี 2565 จำนวน 221 คน ประกอบด้วยสาขาการบัญชีจำนวน 97 คน สาขาบริหารธุรกิจจำนวน 81 คน และสาขาศิลปศาสตร์จำนวน 43 คน จากข้อมูลรายงานผลการสำรวจภาวะการมีงานทำของบัณฑิตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในปีการศึกษา 2564 พบว่านักศึกษาได้ทำงานแบ่งตามลักษณะงานดังนี้ พนักงานในธุรกิจเอกชน ร้อยละ 60 ราชการหรือเจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐบาล ร้อยละ 19 ประกอบอาชีพอื่นร้อยละ 14 ประกอบอาชีพอิสระหรือเจ้าของกิจการ ร้อยละ 4 และพนักงานในหน่วยงานรัฐวิสาหกิจร้อยละ 3 โดยมีบัณฑิตที่ยังไม่ได้งานทำภายใน 1 ปี คิดเป็นจำนวนร้อยละ 23 โดยแบ่งเป็นอยู่ระหว่างรอคำตอบรับจากหน่วยงานนั้น ร้อยละ 33 ยังไม่ประสงค์ทำงาน ร้อยละ 22 ยังหางานทำไม่ได้ร้อยละ 22 ต้องการประกอบอาชีพอิสระร้อยละ 16 และเหตุผลอื่น ร้อยละ 7 (กองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2565)

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ผลการวิจัยเป็นการแสดงให้เห็นถึงแนวคิดเกี่ยวกับอาชีพในมุมมองที่แตกต่างกันของนักศึกษา เป็นประโยชน์สำหรับมหาวิทยาลัย และส่วนงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการให้ความรู้ สร้างความร่วมมือกับสถานประกอบการ และปรับปรุงมาตรฐานการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนในสถานการณ์ปัจจุบันได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกอาชีพ เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการตัดสินใจเลือกอาชีพที่เหมาะสมกับตนเอง มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจ เช่น ความชอบส่วนตัว ทักษะ ความสามารถ ผลตอบแทน ความเสี่ยง ความไม่แน่นอน สิ่งแวดล้อมในการทำงาน ความสมดุลระหว่างชีวิต และการทำงาน มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้ ทฤษฎีการเลือกอาชีพตามแรงจูงใจ มุ่งเน้นไปที่แรงจูงใจภายในของบุคคล เช่น ความต้องการในการบรรลุผลสำเร็จ ความต้องการในการพัฒนาตนเอง และความต้องการมีความสุขในการทำงาน สามารถอธิบายได้ตามทฤษฎีสองปัจจัยของ Herzberg และทฤษฎีความต้องการของ Maslow, ทฤษฎีการเลือกอาชีพตามความชอบ และความสามารถ มุ่งเน้นที่ความเหมาะสมระหว่างบุคคลกับงาน โดยพิจารณาจากความชอบ ทักษะ และความสามารถของบุคคล ซึ่งมีผลต่อความพึงพอใจ และผลสำเร็จในการทำงาน สามารถอธิบายได้ตามทฤษฎีการเลือกงานของ Holland, ทฤษฎีการตัดสินใจตามข้อมูล มุ่งเน้นไปที่การใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเลือก โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้รับเกี่ยวกับงาน ตำแหน่ง ผลตอบแทน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ทฤษฎีนี้มักใช้การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ และการ

ประเมินความเสี่ยงและความไม่แน่นอน, ทฤษฎีพฤติกรรมตัดสินใจ มุ่งเน้นที่การศึกษาพฤติกรรมและกระบวนการทางจิตวิทยาที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกงาน รวมถึงการรับรู้ ความคาดหวัง และการประเมินทางเลือก การใช้ทฤษฎีการตัดสินใจเลือกทำงานสามารถช่วยให้บุคคลตัดสินใจได้อย่างมีระบบและมีข้อมูลสนับสนุน ช่วยเพิ่มโอกาสในการเลือกงานที่เหมาะสมและมีความพึงพอใจในการทำงานมากยิ่งขึ้น (Pitchayaampuch, et. al., 2021) จากแนวคิดข้างต้นผู้วิจัยจึงสรุปว่า การตัดสินใจ เป็นกระบวนการของการใช้ความคิดของบุคคลนั้น โดยเริ่มจากการรับรู้ถึงความต้องการของตนเอง จากนั้นค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่สนใจแล้วพิจารณาจากทางเลือกที่มีอยู่ และตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อตอบสนองได้ตรงตามความต้องการของตนเองมากที่สุด

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับบุคลิกภาพ ตามแนวคิดของ Price, (1982) อธิบายถึงบุคลิกภาพ 2 แบบ คือ บุคลิกภาพแบบ Type A จะมีความทะเยอทะยาน ตั้งมาตรฐานในการทำงานไว้สูง มีความกระตือรือร้นอย่างแรงกล้า ชอบการแข่งขัน ชอบแข่งกับเวลา ไม่มีความอดทน มีลักษณะที่ชอบสร้างศัตรูกับผู้อื่น มีการพูดและการเคลื่อนไหวรวดเร็ว และบุคลิกภาพแบบ Type B จะมีลักษณะตรงข้ามกับบุคลิกภาพแบบ Type A เช่นไม่รู้สึกเดือนร้อน ไม่ชอบการแข่งขัน มีความทะเยอทะยานต่ำ มีความอดทนต่อความล่าช้า มีความผ่อนคลายทางอารมณ์

2.3 แนวคิดด้านผลตอบแทน ในระบบราชการไทยมีแนวคิดหลักเกี่ยวกับการกำหนดค่าตอบแทนเช่นเดียวกับภาคเอกชน แต่มีเงื่อนไขและแนวทางดำเนินการที่แตกต่างในบางเรื่อง โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับกฎหมาย ค่าตอบแทนจะกำหนดขึ้นโดยการตราเป็นกฎหมาย เช่น หลักพระราชบัญญัติ พระราชกฤษฎีกา ระเบียบ หรือค่าตอบแทนบางประเภทอาจกำหนดโดยมติคณะรัฐมนตรีก็ได้ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ เงินเดือนพื้นฐาน เงินเพิ่มสำหรับตำแหน่ง สวัสดิการ สิทธิประโยชน์ และเงินรางวัลประจำปี การกำหนดค่าตอบแทนมีหลักการสำคัญ ดังนี้ หลักความพอเพียง หลักความเป็นธรรม คือ ความเป็นธรรมภายในและภายนอก ความเป็นธรรมเฉพาะบุคคล หลักความสมดุล หลักความมั่นคง หลักการจูงใจ หลักการควบคุม (Amornwongpaiboon & Arsuwattanakul, 2018) จากแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำมาใช้วัดด้านผลตอบแทนเป็น 5 ด้าน ได้แก่ สำหรับค่าตอบแทนในระบบราชการไทยประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก 4 ส่วน ได้แก่ เงินเดือนพื้นฐาน เงินเพิ่มสำหรับตำแหน่ง สวัสดิการและสิทธิประโยชน์ และเงินรางวัลประจำปี

2.4 แนวคิดด้านภาพลักษณ์หน่วยงาน คือ ภาพที่เกิดขึ้นในจิตใจของบุคคลที่มีต่อหน่วยงาน และด้านการบริหารจัดการของหน่วยงานนั้น แบ่งเป็นส่วนที่เป็นกิจกรรม และส่วนที่เกี่ยวกับบุคคล โดยภาพลักษณ์หน่วยงานขึ้นกับส่วนที่เป็นบุคคลและผู้บริหารระดับสูงขององค์กรถูกมองเป็นภาพลักษณ์ขององค์กรด้วย โดยเฉพาะองค์กรขนาดใหญ่ภาพลักษณ์องค์กรมีความเกี่ยวข้องกับความรู้สึกโดยรวมของคนที่มีต่อองค์กรด้วย รวมถึงการปฏิบัติการ ที่มีลักษณะเฉพาะที่จับต้องได้ของหน่วยงานทั้งหมด เช่น อาคาร สถานที่ตั้ง สำหรับด้านอารมณ์ที่ประเมินได้จากความรู้สึกที่มีต่อหน่วยงาน ภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กรประกอบด้วยภาพของความรู้ ความดี ความสุภาพอ่อนน้อม ความขยันขันแข็ง ความทันสมัย ประสิทธิภาพในการทำงาน ความรับผิดชอบต่อลูกค้า และต่อสังคม ซึ่งภาพลักษณ์ที่ดีจะเป็นการสร้างเชื่อมั่นต่อบุคคล และเป็นการวางรากฐานอย่างดีให้กับหน่วยงานนั้น (Amornwongpaiboon & Arsuwattanakul, 2018) จากแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำมาใช้วัดภาพลักษณ์ของระบบหน่วยงานใน 5 ด้าน ได้แก่ หน่วยงานราชการ หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หน่วยงานเอกชน หน่วยงานขนาดใหญ่ มีชื่อเสียง ภาพลักษณ์ที่ดี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Amornwongpaiboon & Arsuwattanakul, (2018) พบว่า การตัดสินใจเข้ารับราชการของนิสิตชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนอยู่ในระดับปานกลาง โดยนิสิตที่มีภูมิลำเนา และรายได้ของครอบครัวแตกต่างกัน มีการตัดสินใจเข้าทำงานในระบบราชการแตกต่างกัน รวมถึงระบบค่าตอบแทน ภาพลักษณ์ของระบบราชการ และกระบวนการสรรหามีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้าทำงานในระบบราชการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับ Kaewka, Klinsukhon & Kamkaew, (2022) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกงานของนักศึกษา คือ ด้านค่าแรงงานและผลตอบแทน ด้านลักษณะของงาน ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง ด้านองค์กร และด้านสภาพแวดล้อมทางสังคมตามลำดับมากไปน้อย รวมถึงได้เปรียบเทียบปัจจัยในการเลือกงานของนักศึกษาจำแนกตามเพศและสาขา พบว่านักศึกษาที่มีสาขาแตกต่างกันมีปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกงาน โดยรวมและรายด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ส่วนนักศึกษาที่มีเพศแตกต่างกันมีปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกงานโดยรวมไม่ต่างกัน นอกจากนี้ Yotin, (2021) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกประกอบอาชีพจากคาเฉลี่ยมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านความมั่นคงในการทำงาน ด้านความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน ด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการ ด้านความก้าวหน้า

าในอาชีพ ด้านลักษณะงาน และพบว่าการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เช่นเดียวกับ Kaewgard & Tongjeen, (2018) พบว่า ปัจจัยจูงใจในการประกอบอาชีพ, ทักษะคิดในการประกอบอาชีพ, ทฤษฎีการเลือกอาชีพ และกระบวนการตัดสินใจเลือกอาชีพของพนักงานองค์กรเอกชนในจังหวัดนครปฐมโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ Boonsathirakul, (2021) พบว่า นักเรียนต้องเข้าใจตนเอง และเข้าใจอาชีพ โดยการแนะแนวทางด้านอาชีพในโรงเรียนแล้วสิ่งที่ขาดไปไม่ได้ คือ ผู้เรียนต้องทราบปัจจัยภายในตนเองโดยวิเคราะห์ตนเอง วิเคราะห์อาชีพ และพิจารณาร่วมกับปัจจัยภายนอก เช่น ลักษณะงาน คุณสมบัติเฉพาะของงาน วัฒนธรรมองค์กร ความต้องการของตลาดแรงงาน ข้อดีข้อเสียของแต่ละอาชีพ นักเรียนจะสามารถเลือกอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดำเนินชีวิตอย่างมีความสุข

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่จบการศึกษาของคณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 221 คน ตามสาขาวิชาที่ศึกษาของนักศึกษาที่จะจบการศึกษาทั้งหมด 3 สาขาวิชา ประกอบด้วยสาขาการบัญชี สาขาบริหารธุรกิจ และสาขาศิลปศาสตร์ (กองพัฒนานักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2565)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมในช่วงเดือนกันยายน 2566 โดยใช้แบบสอบถามที่เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 221 ฉบับ ได้รับการตอบกลับจำนวน 180 ฉบับ จากนั้นนำแบบสอบถามดังกล่าวมาวิเคราะห์และแปลผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง สร้างขึ้นจากกรอบแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้ 1) ปัจจัยด้านส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ภูมิลำเนา สาขาวิชาที่ศึกษา ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม และบุคลิกภาพผู้ตอบแบบสอบถาม แบ่งเป็น 2 แบบคือ บุคลิกภาพแบบ Type A หมายถึง บุคคลที่มีความต้องการมุ่งสัมฤทธิ์ เป็นคนกระฉับกระเฉง ไม่ปล่อยเวลาให้ล่วงเลยโดยเปล่าประโยชน์ มีมาตรฐานในการทำงานสูง และบุคลิกภาพแบบ Type B หมายถึง บุคคลที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับ Type A ไม่ชอบการแข่งขัน มีความอดทนต่อความ 2) ปัจจัยด้านผลตอบแทน ได้แก่ ผลตอบแทนรายเดือน ประจำตำแหน่ง สวัสดิการเกี่ยวกับการรักษาพยาบาล ครอบครัว การปฏิบัติงานในพื้นที่พิเศษ ผลตอบแทนการปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ โบนัสประจำปี และสวัสดิการเกี่ยวกับการลา 3) ปัจจัยด้านภาพลักษณ์หน่วยงาน ได้แก่ หน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ เอกชน หน่วยงานขนาดใหญ่ มีชื่อเสียง ภาพลักษณ์ที่ดี ดำเนินการหาคุณภาพโดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าแบบสอบถามมีค่า IOC เท่ากับ 1 ทุกข้อ จึงนำไปเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามเสร็จแล้วได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ใช้สถิติเชิงพรรณนาโดยการหาค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) ในส่วนการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษา ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) โดย ดีมาก ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.50 - 5.00 ดี ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.50 - 4.49 ปานกลาง ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.50 - 3.49 พอใช้ ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.50 - 2.49 ปรับปรุงค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 - 1.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางควบคู่กับการบรรยาย และสรุปผลการดำเนินการวิจัย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปพบว่า ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามเป็นนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 171 คน คิดเป็นร้อยละ 95.00 และเป็นนักศึกษาสาขาการบัญชี จำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 53.89 สาขาบริหารธุรกิจ จำนวน 73 คน คิดเป็นร้อยละ 40.56 และสาขาศิลปศาสตร์ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 5.55 และพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่แล้วมีบุคลิกภาพตรงตาม Type A จำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 77.78 และ Type B จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 22.22

4.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษา โดยรวม

ด้านผลตอบแทน	\bar{x}	S.D.	ระดับปัจจัย
1. ผลตอบแทนรายเดือน	4.86	0.69	มากที่สุด
2. ผลตอบแทนประจำตำแหน่ง	4.52	0.45	มากที่สุด
3. สวัสดิการเกี่ยวกับการรักษาพยาบาล	4.71	0.54	มากที่สุด
4. สวัสดิการเกี่ยวกับครอบครัว เช่น บุตร บิดา มารดา	4.56	0.49	มากที่สุด
5. สวัสดิการสำหรับการปฏิบัติงานในพื้นที่พิเศษ	4.46	0.43	มาก
6. ผลตอบแทนการปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ	4.45	0.42	มาก
7. โบนัสประจำปี	4.76	0.56	มากที่สุด
8. สวัสดิการเกี่ยวกับการลา	4.11	0.31	มาก
รวม	4.55	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษาด้านผลตอบแทน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.55$, S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยปัจจัยมากที่สุด คือ ด้านค่าตอบแทนรายเดือน ($\bar{x} = 4.86$, S.D. = 0.69) รองลงมาคือ ด้านเงินโบนัสประจำปี ($\bar{x} = 4.76$, S.D. = 0.56) ด้านสวัสดิการเกี่ยวกับการรักษาพยาบาล ($\bar{x} = 4.76$, S.D. = 0.56) ด้านเงินสวัสดิการเกี่ยวกับครอบครัว ($\bar{x} = 4.76$, S.D. = 0.56) ด้านเงินค่าตอบแทนประจำตำแหน่ง ($\bar{x} = 4.76$, S.D. = 0.56) สวัสดิการสำหรับการปฏิบัติงานในพื้นที่พิเศษ ($\bar{x} = 4.46$, S.D. = 0.43) ผลตอบแทนการปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ ($\bar{x} = 4.45$, S.D. = 0.42) และปัจจัยที่มีค่าต่ำสุด คือ สวัสดิการเกี่ยวกับลา ($\bar{x} = 4.11$, S.D. = 0.31)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษา โดยรวม

ด้านภาพลักษณ์ของหน่วยงาน	\bar{x}	S.D.	ระดับปัจจัย
1. หน่วยงานราชการ	4.86	0.79	มากที่สุด
2. หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ	4.76	0.48	มากที่สุด
3. หน่วยงานเอกชน	4.71	0.50	มากที่สุด
4. หน่วยงานขนาดใหญ่ มีชื่อเสียง ภาพลักษณ์ที่ดี	4.56	0.45	มากที่สุด
5. หน่วยงานมีวัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมองค์กรที่ดี	4.46	0.34	มาก
รวม	4.67	0.69	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษาด้านภาพลักษณ์หน่วยงาน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.67$, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยปัจจัยมากที่สุด คือ หน่วยงานราชการ ($\bar{x} = 4.86$, S.D. = 0.79) หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ($\bar{x} = 4.76$, S.D. = 0.48) หน่วยงานเอกชน ($\bar{x} = 4.71$, S.D. = 0.50) หน่วยงานขนาดใหญ่ ($\bar{x} = 4.56$, S.D. = 0.45) และต่ำที่สุดหน่วยงานมีวัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมองค์กรที่ดี ($\bar{x} = 4.46$, S.D. = 0.34)

4.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพของนักศึกษาที่
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ จำแนกตามเพศ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพ	ชาย		หญิง		t	P-Value
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
ด้านผลตอบแทน	4.63	0.79	4.68	0.69	-1.127	0.044*
ด้านภาพลักษณ์ของหน่วยงาน	4.05	0.63	4.12	0.56	-0.783	0.435
รวม	4.34	0.70	4.40	0.62	-1.168	0.239

*p-value < .05

จากตารางที่ 3 พบว่านักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มีเพศต่างกัน มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกอาชีพโดยรวมไม่ต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบรายด้านพบว่า นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน มีปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกงานแตกต่างกันด้านค่าจ้างและผลตอบแทน โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปัจจัยด้านภาพลักษณ์หน่วยงานไม่แตกต่างกัน

5. สรุปและอภิปรายผล

จากสรุปผลการวิจัยมีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปรายผล ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 22-23 ปี สาขาการบัญชี และมีคะแนนเฉลี่ยสะสมส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 3.00 – 3.50 ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่แล้วมีบุคลิกภาพตรงตาม Type A หมายถึง บุคคลที่มีลักษณะใจร้อน มีความต้องการมุ่งสัมฤทธิ์เป็นคนที่กระตือรือร้น ชอบการแข่งขัน ไม่ปล่อยให้เวลาให้ล่วงเลยไปโดยเปล่าประโยชน์ ต้องการงานให้เสร็จก่อนเวลา มีมาตรฐานในการทำงานสูง และไม่อดทนต่อการทำงานล่าช้า ต้องการประกอบอาชีพรับราชการ ปัจจัยด้านครอบครัว อาชีพ ผู้ปกครองของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ประกอบอาชีพ เกษตรกร มีระดับการศึกษาของผู้ปกครองส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำหรับปัจจัยด้านภาพลักษณ์หน่วยงาน กลุ่มตัวอย่างต้องการเงินเดือน 25,000 บาทขึ้นไปต่อเดือน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ต้องการปัจจัยด้านสวัสดิการของหน่วยงาน มากที่สุดคือ ค่าตอบแทนรายเดือน รองลงมาคือเงินรางวัลประจำปี สวัสดิการเกี่ยวกับการลา เงินประจำตำแหน่ง ค่ารักษาพยาบาล สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amornwongpaiboon & Arsuwattanakul, (2018) พบว่าระบบค่าตอบแทน ภาพลักษณ์ของระบบราชการ และกระบวนการสรรหามีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้าทำงานในระบบราชการ เช่นเดียวกันปัจจัยด้านภาพลักษณ์หน่วยงาน ด้านความมั่นคงในอาชีพ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความต้องการมากที่สุด คือ มีอาชีพการงานที่มั่นคง รองลงมา คือ มีเงินเดือนที่มั่นคง ความภาคภูมิใจของครอบครัว มีบำเหน็จบำนาญหลังเกษียณอายุราชการ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kaewka, Klinasukhon & Kamkaew, (2022) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกงานของนักศึกษาด้านค่าแรงงานและผลตอบแทน รองลงมาคือ ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง นอกจากนี้มีความแตกต่างกันในเรื่องระดับความคิดเห็นด้านความมั่นคงในอาชีพ คือ ของของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีให้ความสำคัญกับเรื่องมีอาชีพการงานที่มั่นคงเป็นอันดับแรก รองลงมาคือมีเงินเดือนที่มั่นคง

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ ปัจจัยด้านผลตอบแทน และด้านภาพลักษณ์หน่วยงานต่างมีความสำคัญต่อการตัดสินใจของนักศึกษาต่อการอาชีพ โดยเฉพาะด้านผลตอบแทนที่มีมากที่สุด ข้อมูลนี้เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่ต้องการพนักงาน บุคลากรในการทำงาน ช่วยให้ฝ่ายทรัพยากรบุคคลนำข้อมูลไปปรับปรุงนโยบายการรับสมัครงานให้สอดคล้องกับความต้องการทั้งผู้ปฏิบัติงานและหน่วยงานนั้น สำหรับสถาบันการศึกษาควรมีการแนะแนวอาชีพและให้ความรู้เกี่ยวกับอาชีพ การทำงาน ให้กับนักศึกษาก่อนที่จะตัดสินใจเลือกประกอบอาชีพนั้น เพื่อจะได้แนวทางที่ดีต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะงาน และศึกษาสภาพเศรษฐกิจ สังคม ตามสภาพความเป็นจริง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นักศึกษา คณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตากที่ให้ข้อมูล และให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจนกระทั่งทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

Amornwongpaiboon, C. & Arsuwattanakul, C. (2018). The Decision Making to Work in the Civil Service Career of Senior Students, Kasetsart University, Bangkok Campus. *Journal of Interdisciplinary Research: Graduate Studies*, 7(1), 178-187.

Boonsathirakul, J. (2021). Vocational guidance and self-awareness for high school students. *Journal of Industrial Education*, 20(2), C1-C10.

Kaewka, C., Klinsukhon, S., & Kamkaew, R. (2022). Factors Influencing the Choices of Jobs for the Undergraduates of the Faculty of Management Science at Loei Rajabhat University. *Research and Development Journal, Loei Rajabhat University*, 17(60), 62-72.

Kaewgard, T. & Tongjeen, C. (2018). Choosing Career Decision of Private Enterprise Employees in Nakhon Pathom province. *Graduate School Conference. Vol. 2, No. 1*, 364-372.

Pitchayaampuch, C., Wikraipat, T., Pongpaew, A., & Vijchulata. C. (2021). Factors Affection Choice of Job of Retried Person in Ratburana District Bangkok. *SAU Journal of Social Sciences & Humanities*, 5(1), 161-175.

Price, V. A. (1982). What is Type A? A cognitive social learning model. *Journal of Organizational Behavior*, 3(1), 109-129.

Yotin, N. (2021). Factors influencing the decision on job selection of fourth – year students from Maejo University at Chumphon. *Journal of social science for local rajabhat mahasarakham university*, 5(1), 53-59.

การพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรม การผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

ณัชชียา ไม้ฟู^{1*}, แคทรียา พร้อมเพรียง², กิรณา แยมกกลิ่นพุ่ม³ และ กิตติ วิโรจรัตนภาพิศาล⁴

^{1,3}คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ และ ⁴คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
41 หมู่ที่ 7 ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

²คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*natchiyamofu@rmutl.ac.th, เบอร์โทร. 085 876 4883

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ มีรูปแบบเป็นการวิจัยและพัฒนา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้ 1) เพื่อศึกษาสถานการณ์และความต้องการ 2) เพื่อวิเคราะห์เส้นทางการความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีอิทธิพล 3) เพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนานวัตกรรม 4) เพื่อตรวจสอบรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งประชากรในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออก 4 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่ง กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 9 คน กลุ่มที่สอง สมาชิกของวิสาหกิจชุมชน จำนวน 250 คน กลุ่มที่สาม กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และกลุ่มที่สี่ กลุ่มผู้ทรงคุณ จำนวน 9 คน โดยใช้เครื่องมือวิจัย 4 แบบ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์การสนทนากลุ่ม แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง และแบบสัมภาษณ์โดยใช้แบบประเมิน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการศึกษาพบว่า 1) สภาพและความต้องการในอุตสาหกรรมอาหารตำบลวังหิน มีความจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพสินค้าและลดต้นทุนเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงของผู้บริโภค 2) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลจริงนั้นมีความสัมพันธ์ที่ดี โดยมีค่า Chi-square Probability Level อยู่ที่ 303.843, Relative Chi-square ที่ 1.625, GFI เท่ากับ .974, และ RMSEA ที่ .018 ซึ่งยืนยันระดับความน่าเชื่อถือของโมเดลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุสามารถยอมรับได้อย่างมาก นอกจากนี้ การวิจัยยังเน้นไปที่การวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรหลักๆ ที่แสดงถึงความสามารถในการแข่งขัน, ทุนทางสังคม, นวัตกรรม, และการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างปัจจัยเหล่านี้ อันเป็นรากฐานสำคัญในการส่งเสริมการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในชุมชนอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ 3) การศึกษานี้พัฒนาแบบ โดยใช้กระบวนการที่ประกอบด้วยสี่ขั้นตอน คือ (1) การวิเคราะห์สถานการณ์และความต้องการของอุตสาหกรรม (2) การวางแผนกลยุทธ์และการพัฒนานวัตกรรม โดยเน้นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และความยั่งยืน (3) การเชื่อมโยงและการสร้างเครือข่ายระหว่างผู้ประกอบการ เพื่อสนับสนุนการพัฒนานวัตกรรม (4) การประเมินและติดตามผลการนำนวัตกรรมไปใช้ รวมถึงการวัดผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจ เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้คาดว่าจะเป็แนวทางสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมการผลิตอาหารในชุมชนและยกระดับความสามารถทางการแข่งขันของประเทศไทยในเวทีสากล และ ตรวจสอบรูปแบบนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ให้มีความเหมาะสม มีความเป็นไปได้ และมีประโยชน์ในการใช้รูปแบบการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตอาหารในพื้นที่

คำสำคัญ : นวัตกรรม, การเพิ่มขีดความสามารถ, อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร

INNOVATION DEVELOPMENT TO ENHANCE PRODUCTION CAPABILITIES IN THE FOOD MANUFACTURING INDUSTRY IN WANG HIN SUBDISTRICT, MUEANG TAK DISTRICT, TAK PROVINCE.

Natchiya Mofu^{1*}, Kattareeya Prompreing², Kirana Yamklinput³ and Kitti Wirotrattanaphaphisan⁴

^{1,3}Faculty of Business Administration and Liberal Arts and ⁴Faculty of Engineering ,
Rajamangala University of Technology Lanna Tak

41 Mo 7 Mai Ngam Subdistrict, Mueang Tak District, Tak Province 63000

²Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Lanna Payap Region.

128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai Province 50300

*natchiyamofu@rmutl.ac.th, Tel. 085 876 4883

Abstract

This research adopts a developmental and investigative approach with the following objectives: 1) To study the current situation and the demands of the industry; 2) To analyze the causal relationship pathways that influence; 3) To create a model for innovation development; 4) To evaluate the suitability, feasibility, and usefulness of the innovation development model to enhance production capabilities in the food manufacturing industry in Wang Hin Subdistrict, Mueang Tak District, Tak Province. The research population was divided into four groups: the primary data providers (9 individuals), community enterprise members (250 individuals), experts (5 individuals), and distinguished individuals (9 individuals), utilizing four research instruments: group discussion interviews, questionnaires, semi-structured interviews, and assessment-based interviews. Data analysis employed structural equation modeling, percentage, mean, standard deviation, and content analysis.

The findings reveal that: 1) The food industry in Wang Hin Subdistrict needs quality improvement and cost reduction to meet changing consumer demands; 2) The model's alignment with real data showed a strong relationship, confirmed by statistical values such as a Chi-square Probability Level of 303.843, a Relative Chi-square of 1.625, a GFI of .974, and an RMSEA of .018, indicating a highly reliable model for analyzing causal relationships. The research emphasized analyzing the impact of key variables representing competitive ability, social capital, innovation, and economic valuation, showing causal relationships between these factors as essential foundations for promoting sustainable and efficient production and product development within the community; 3) The study developed a model utilizing a process that includes (1) analyzing the industry's situation and demands, (2) strategic planning and innovation development focusing on product value enhancement and sustainability, (3) linking and networking among entrepreneurs to support innovation development, (4) evaluating and monitoring the implementation of innovations, including social and economic impact assessments for continuous improvement. The outcomes of this research are expected to provide a crucial framework for promoting the sustainable development of the food manufacturing industry in the community and enhancing Thailand's competitive capabilities on the global stage. The model for innovation development to enhance production capabilities in the food manufacturing industry in Wang Hin Subdistrict is deemed suitable, feasible, and beneficial for application.

Keywords: Innovation, Enhancement of Capabilities, Food Manufacturing Industry

1. บทนำ

การเกษตรถือเป็นรากฐานสำคัญของเศรษฐกิจไทยมายาวนาน ด้วยประโยชน์จากภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยประเทศไทยจึงมีศักยภาพสูงในการผลิตผลิตภัณฑ์การเกษตร อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของตลาดโลก ส่งผลให้เกษตรกรไทยต้องปรับตัวเพื่อรับมือกับปัญหาผลผลิตล้นตลาดและราคาที่ตกต่ำ การเป็นผู้ประกอบการธุรกิจเกษตรและการแปรรูปผลผลิตเป็นหนทางสำคัญที่จะช่วยให้เกษตรกรพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนให้มีมูลค่าเพิ่ม เนื่องจากเกษตรกรมีข้อจำกัดในเรื่องของเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ รวมถึงการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ยังคงเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล่านี้ (ชยพล คำสุวรรณ และคณะ, 2565) กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมได้ดำเนินโครงการ "ปั้นนักธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตรแปรรูปไทย ตามแนวทางประชารัฐ" โดยกำหนดเป้าหมายให้เกษตรกรไทยพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น โครงการนี้ไม่เพียงแค่นำการเพิ่มมูลค่าผลผลิต แต่ยังรวมถึงการสร้างความรู้ด้านการเป็นผู้ประกอบการ การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ ในการผลิตและแปรรูป และการสร้างเครือข่ายระหว่างเกษตรกรและหน่วยงานต่างๆ (เสาวณี วิไลปะนะ และคณะ 2566; อำนาจ สุกุลทอง และคณะ, 2565)

ยุทธศาสตร์ของชาติและแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2565 – 2569) ได้วางกรอบนโยบายและแผนการพัฒนาที่ชัดเจน เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจและลดความเหลื่อมล้ำในสังคมไทย โดยมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตรให้มีมูลค่าเพิ่ม ผ่านการใช้นวัตกรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น ไม่เพียงแต่เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรเท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างความยั่งยืนให้กับเศรษฐกิจของประเทศ การใช้นวัตกรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นในการพัฒนาสินค้าเกษตรสามารถช่วยสร้างความแตกต่างและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต ทำให้สินค้าเกษตรของไทยสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565) นอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยการใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่าและมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แต่ยังช่วยอนุรักษ์และสืบสานวัฒนธรรมไทยให้คงอยู่สืบไป และยังช่วยให้เศรษฐกิจของไทยมีความยั่งยืน ซึ่งเป็นการลดปัญหาความเหลื่อมล้ำในสังคม อันจะนำไปสู่การพัฒนาที่ครอบคลุมทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม การเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรของตำบลวังหินจึงเป็นตัวอย่างที่ดีของการประยุกต์ใช้นโยบายและยุทธศาสตร์ในการพัฒนาท้องถิ่นให้มีความสามารถในการแข่งขันและก่อให้เกิดความยั่งยืน (สุตารัตน์ พิมลรัตนกานต์, 2565)

การศึกษาเป็นหัวใจวิเคราะห้และพัฒนาวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจฐานรากให้กับวิสาหกิจชุมชนในประเทศไทย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยเน้นการยกระดับความรู้และการใช้เทคโนโลยีในการผลิตอาหารให้กับผู้ประกอบการ ซึ่งหวังว่าผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ จะช่วยสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนให้กับวิสาหกิจชุมชน และยกระดับความสามารถทางการแข่งขันของประเทศไทยให้สู่เวทีสากล

การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและบริการของวิสาหกิจชุมชนนั้น จำเป็นต้องพิจารณาหลายด้าน ทั้งด้านเทคโนโลยีการผลิต การตลาด และการจัดการให้กับวิสาหกิจชุมชน (วรภา มนต์อาร์ักษ์, 2563) เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและเพิ่มมูลค่าสินค้า รวมถึงการพัฒนาสินค้าใหม่ที่ตอบสนองต่อความต้องการของตลาด เพื่อเปิดโอกาสทางการตลาดและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการในชุมชน ผลลัพธ์จากการวิจัยคาดว่าจะเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์และความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อเป็นการพัฒนานวัตกรรมเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก
2. เพื่อวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก
3. เพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก
4. เพื่อตรวจสอบรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

นวัตกรรม (Innovation) หมายถึง กล่าวถึงความหมายของนวัตกรรม คือ สิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ วัสดุ อุปกรณ์ หรือเทคนิค (วิธีการ) ใหม่ ๆ ที่อาจจะทำการปรับปรุงของเก่าที่มีอยู่เดิมหรือดีขึ้นแล้วนำมาใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อให้งานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น (ศักดิ์เรศ ประกอบผล และคณะ, 2563: น. 2) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ แบ่งประเภทนวัตกรรมออกเป็น 5 ประเภท (กฤตภัค ไม่เรียง, 2563) คือ นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) นวัตกรรมบริการ (Service Innovation) นวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) นวัตกรรมการตลาด (Marketing Innovation) และนวัตกรรมองค์กร (Organizational Innovation) และสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ ได้ให้ความหมาย นวัตกรรม คือ สิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม (ประจวบ กล่อมจิตร, 2557)

ปัจจัยในการพัฒนานวัตกรรม การเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ซึ่งมีตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) จำนวน 5 ตัวแปรได้แก่ 1) ด้านการเรียนรู้ (Learning) 2) ด้านการมีส่วนร่วม (Participation) 3) ด้านการจัดการ (Management) 4) ด้านองค์กรชุมชน (Community Organizations) 5) ด้านทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรม (Natural Resources & Culture)

แนวคิดกระบวนการทางนวัตกรรม อันได้แก่ 1) สร้างแนวคิด 2) การรับรู้ถึงโอกาส 3) การประเมินความคิด และ 4) การพัฒนาต้นแบบ เป็นตัวรองความคิด เพื่อให้ได้ความคิดดีๆ ออกมา และมีระบบแบบ “ขั้นตอนและประตู” ซึ่งถือว่าการกรองความคิดหรือการพัฒนาโดยประตูต่างๆ เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป ประกอบไปด้วย ประตูที่ 1 การประเมินขั้นต้น ด้านเทคนิค การตลาดและการเงิน ประตูที่ 2 เป็นการประเมินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์รวมทั้งวางแผนการตลาดและการเงิน ประตูที่ 3 เป็นการทดสอบยืนยันการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย รวมทั้งด้านการตลาดและการเงิน จนได้ผลขั้นสุดท้าย คือ นวัตกรรม (ประจวบ กล่อมจิตร, 2557; น. 149-151)

อุตสาหกรรมอาหาร (Food Industry) หมายถึง อุตสาหกรรมที่นำผลผลิตจากภาคเกษตร ซึ่งได้แก่ผลผลิตจากพืช ปศุสัตว์และประมง มาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต โดยอาศัยเทคโนโลยีต่างๆ เข้าสู่กระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะดวกต่อการบริโภค หรือนำไปใช้ในขั้นต่อไป เป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตจากพืช ปศุสัตว์ และประมง ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้นหรือขั้นกลาง เป็นสินค้ากึ่งสำเร็จรูป หรือขั้นปลาย เป็นสินค้าสำเร็จรูป (สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560 : น. 1) ซึ่งอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปของไทยในปัจจุบันยังขาดแคลนการนำเอาเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการสร้างเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและบริการของตน ต่างจากอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เริ่มมีการนำเอาเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้ พลวัตของเทคโนโลยีดิจิทัลเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและไม่หยุดยั้ง ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตระบบเศรษฐกิจและสังคม ความสามารถในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัล เป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนาประเทศอีกด้วย (กัญพล อ่วมพิทยา, 2561: น. 1) ส่วน วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ และ ปรียาภรณ์ เอื้องอ้าย (2563: น. 89) ได้ศึกษาพบว่า องค์กรกรณีศึกษาทั้ง 2 องค์กรมุ่งเน้นพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมกระบวนการ โดยทรัพยากรบุคคลเป็นปัจจัยที่สำคัญในการสร้างนวัตกรรมในอุตสาหกรรมการผลิตมากที่สุด และปัจจัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นปัจจัยทำให้เกิดการสร้างนวัตกรรมให้เกิดขึ้นจริง โดยมีการสื่อสารและเชื่อมโยงให้เข้าถึงข้อมูลสำหรับพัฒนานวัตกรรมองค์กรนำไปสู่ความได้เปรียบทางการแข่งขันที่ยั่งยืน

ความสามารถในการแข่งขัน (Competitiveness) เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นใหม่ได้ ซึ่งองค์กรสามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันตามที่ IMD วิเคราะห์และจัดอันดับจาก “ความสามารถของประเทศในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้องค์กรธุรกิจสามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน” จากการแบ่งปัจจัยออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ 1) สมรรถนะทางเศรษฐกิจ เช่น ภาวะเศรษฐกิจ การค้าระหว่างประเทศ การจ้างงาน เงินเฟ้อ 2) ประสิทธิภาพของภาครัฐบาล เช่น ฐานะการคลัง ภาษี กฎหมายธุรกิจ 3) ประสิทธิภาพของภาคธุรกิจ เช่น ประสิทธิภาพการผลิต ตลาดแรงงาน การเงิน การบริหาร ทัศนคติ และ 4) โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ด้านกายภาพ ด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งธุรกิจที่มีความสามารถในการแข่งขันที่ดีจะมีต้นทุนการผลิตต่ำ มีผลิตภาพสูง สินค้ามีคุณภาพและขายได้ราคาดี โดยความสามารถในการแข่งขันเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญหลายๆ ด้านที่จะนำไปสู่เป้าหมายสูงสุดของการพัฒนา คือ เศรษฐกิจที่เติบโตอย่างมีเสถียรภาพ (Stable) มีความยั่งยืน (Sustainable) และมีความทั่วถึง (Inclusive) ที่ทุกคนได้รับประโยชน์ร่วมกัน (นิธิสาร พงศ์ปิยะไพบูลย์, 2566) รวมทั้ง การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมให้เกิดความยั่งยืน ต้อง

ประกอบไปด้วย การสร้างกำไร สังคม และสภาพแวดล้อม (ฐานวัฒน์ ฉัตรวิริยานนท์, ศิริวิทย์ กุลโรจนภัทร และ สุดาวรรณ สมใจ, 2563: น. 231)

การวิเคราะห์ SWOT Analysis คือ กระบวนการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและสภาพแวดล้อมภายในของกิจการ ณ เวลาปัจจุบัน และเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถกำหนดจุดแข็ง จุดอ่อน จากสภาพแวดล้อมภายใน และเป็นการกำหนดโอกาส อุปสรรค จากสภาพแวดล้อมภายนอก (Kotler, and Armstrong 2018; William, Etzel and Walker, 2007; อดุลย์ จาตุรงค์กุล 2551 อ้างถึงใน **ธนาภณ นิธิเชาวกุล, 2565**) และการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกองค์การ อันได้แก่ สภาพแวดล้อมทั่วไปและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับงาน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้องค์การสามารถสร้างโอกาสและลดอุปสรรคในการดำเนินงาน ทั้งยังช่วยในการกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์และตามความเป็นจริง ส่วนการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในองค์การทั้งสภาพแวดล้อมหน้าที่และสภาพแวดล้อมตามห่วงโซ่มูลค่า เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้องค์การสามารถสร้างจุดแข็งและลดจุดอ่อนในการดำเนินงาน (**อุทัย ปริญาสุทธินันท์, 2016**)

แนวคิดการสร้างให้เกิดนวัตกรรม มี 14 ตัวแปร คือ 1) การมีวิสัยทัศน์ 2) เป้าหมายที่ชัดเจน 3) การสร้างพฤติกรรมในระดับกลุ่มงานและบุคคล 4) องค์กรมุ่งเน้นให้พนักงานมีความคิดสร้างสรรค์ 5) องค์กรมุ่งเน้นการปฏิบัติให้เกิดนวัตกรรม 6) การสร้างมูลค่าเพิ่ม 7) การพัฒนาวิธีการใหม่ในการทำงาน 8) สามารถแก้ปัญหาและพัฒนาให้แก่องค์กรได้ 9) การทำสิ่งใหม่ๆ 10) การพัฒนาต่อยอดได้ 11) การออกแบบผลิตภัณฑ์ 12) การมีทักษะ ความรู้ และประสบการณ์ 13) การปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และ 14) การวางแผน (**จิตติมา ปฏิมาประกร และบรรพต วิรุณราช, 2020**) และยังมีกระบวนการทางนวัตกรรมที่ **ประจวบ กล่อมจิตร (2557)** ได้กล่าวถึง กระบวนการทางนวัตกรรม มีดังนี้ 1) สร้างแนวคิด 2) การรับรู้ถึงโอกาส 3) การประเมินความคิด และ 4) การพัฒนาต้นแบบด้วยตัวกรองความคิด เพื่อให้ได้ความคิดดีๆ ออกมา และระบบแบบ “ขั้นตอนและประตู” ซึ่งเป็นการกรองความคิดหรือการพัฒนาโดยประตูต่างๆ เพื่อไปยังขั้นตอนต่อไป ประกอบด้วย ประตูที่ 1 การประเมินขั้นต้น ซึ่งเป็นการประเมินขั้นต้นทางเทคนิค การตลาดและการเงิน ส่วนประตูที่ 2 เป็นการประเมินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การวางแผนด้านการตลาดและการเงิน และสุดท้ายคือ ประตูที่ 3 เป็นการทดสอบยืนยันการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย รวมถึงการตลาดและการเงิน จนได้ผลขั้นสุดท้ายคือ นวัตกรรม ซึ่งการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์นั้น เริ่มต้นจากการหาแนวคิดจากสภาพแวดล้อมแล้วกำหนดให้ชัดเจนและร่วมกันหาแนวคิดผลิตภัณฑ์ ทำการประดิษฐ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเปิดตลาด และการพัฒนาตลาด โดยการเปิดตลาดจะนำกลับมาใช้สร้างการเรียนรู้และการพัฒนานวัตกรรมต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ศึกษาสถานการณ์และความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อเป็นนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ วิสาหกิจชุมชนในตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ซึ่งมีทั้งจำนวน 48 วิสาหกิจชุมชน โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงขออาสาสมัครเข้าร่วมกลุ่ม จำนวน 9 คน จากสมาชิกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักและสมาชิกของวิสาหกิจชุมชนตำบลวังหิน จำนวน 48 วิสาหกิจชุมชน (**Miles and Huberman, 1994, pp. 13-15**) โดยต้องเป็นสมาชิกอย่างน้อยหนึ่งปีขึ้นไป และได้นำผลิตภัณฑ์มาจำหน่ายแหล่งท่องเที่ยว โดยใช้การสนทนากลุ่ม (Focus Group) (**Nastasi and Schensul, 2005, pp. 177-195**)

2) วิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก คือ สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนประเภทอุตสาหกรรมการผลิต ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ซึ่งมีทั้งจำนวน 48 วิสาหกิจชุมชน โดยมีสมาชิกทั้งหมด จำนวน 914 คน ผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักเกณฑ์ความเหมาะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้กับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม AMOS โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Maximum Likelihood ตามข้อเสนอของ **Hair, Black, Babin & Anderson (2010)** ได้แนะนำว่าขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยควรมีขนาดตัวอย่าง 10-20 คนต่อตัวแปร ในการวิจัยหนึ่งตัวแปร ซึ่งโมเดลเชิงสาเหตุที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ในการวิจัยทั้งหมด 25 ตัวแปร ดังนั้น ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำที่สุดที่เหมาะสม คือ 250 คน

3) สร้างรูปแบบนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยมีผู้เชี่ยวชาญดำเนินการพิจารณาการสร้งรูปแบบนั้น ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานและรับผิดชอบการบริหารทรัพยากรบุคคล และเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการออกแบบนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก โดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ตัวแทนประธานหรือกรรมการของวิสาหกิจชุมชนในตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ผู้ประกอบการทางด้านการแปรรูปอาหารและผลไม้ และดำรงตำแหน่งอย่างน้อย 1 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน กลุ่มที่ 2 ภาควิชาที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก จำนวน 2 คน รวมผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบการสร้งรูปแบบนวัตกรรมทั้งสิ้น จำนวน 5 คน

4) ตรวจสอบรูปแบบนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยมีผู้เชี่ยวชาญจากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง ผู้วิจัยได้แบ่ง กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ตัวแทนประธานหรือกรรมการของวิสาหกิจชุมชนในตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก เป็นผู้ประกอบการทางด้านการแปรรูปอาหารและผลไม้ และดำรงตำแหน่งอย่างน้อย 1 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน (ไม่สามารถใช้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญสร้งรูปแบบการพัฒนาวัตกรรมการผลิตภัณฑ์ซ้ำได้) กลุ่มที่ 2 ภาควิชาที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก จำนวน 3 คน (ไม่สามารถใช้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญสร้งรูปแบบการพัฒนาวัตกรรมการผลิตภัณฑ์ซ้ำได้) กลุ่มที่ 3 นักวิชาการในสถาบันการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 3 คน รวมผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบรูปแบบนวัตกรรมทั้งสิ้น จำนวน 9 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบสัมภาษณ์การสนทนากลุ่ม (Focus Group) ใช้เพื่อศึกษาสถานการณ์และความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อเป็นนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่มีต่อแนวการมีการมีส่วนร่วมสู่สถานการณ์และความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อเป็นนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (SWOT Analysis) มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่มีต่อสภาพปัญหา มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด ตอนที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่มีต่อความต้องการของนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด การทดสอบเครื่องมือมีค่า IOC เฉลี่ยเท่ากับ 1.00

2) แบบสอบถามการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ที่มีอิทธิพลต่อนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร แบ่งเป็น 7 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 สถานภาพส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นคำถามปลายปิดแบบเลือกตอบ (Check List) ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของปัจจัยนวัตกรรม ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของปัจจัยทุนทางสังคม ตอนที่ 4 ความคิดเห็นของปัจจัยความสามารถในการแข่งขัน ตอนที่ 5 ความคิดเห็นของปัจจัยการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตอนที่ 6 ความคิดเห็นของปัจจัยนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก สำหรับตอนที่ 2-6 มีลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) โดยกำหนดไว้ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยกำหนดค่าระดับคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ตอนที่ 7 ข้อเสนอแนะ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด การทดสอบเครื่องมือมีค่า IOC เฉลี่ยเท่ากับ 0.83 มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.9760

3) แบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง สำหรับสร้งรูปแบบการพัฒนาวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของเชี่ยวชาญ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด ตอนที่ 2 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการใช้ร่างรูปแบบ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด ที่ผู้วิจัยได้สร้งแนวคำถามจากนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร โดยใช้วิธีการที่ยืดหยุ่นซึ่งผู้ตอบสามารถตอบข้อคำถามหรือให้ความเห็นอื่นที่แตกต่างไปจากข้อคำถามที่กำหนดไว้ได้ เพื่อหาแนวทางการใช้ร่างรูปแบบ ตอนที่ 3 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการใช้ร่างรูปแบบ โดยสร้งเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ด้านความเหมาะสม โดยกำหนดไว้ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยกำหนดค่าระดับคะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ การทดสอบเครื่องมือมีค่า IOC เฉลี่ยเท่ากับ 1.00

4) แบบสัมภาษณ์โดยใช้แบบประเมินการตรวจสอบรูปแบบการพัฒนานวัตกรรม เพื่อการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร แบ่งออก 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของเชี่ยวชาญ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก โดยสร้างเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ประกอบด้วย ตัวแปร 3 ด้าน คือ ตรวจสอบด้านความเป็นประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ และด้านความเหมาะสม โดยกำหนดไว้ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยกำหนดค่าระดับคะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ การทดสอบเครื่องมือมีค่า IOC เฉลี่ยเท่ากับ 1.00

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบปฐมภูมิหลายวิธีเพื่อศึกษาสถานการณ์และความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารที่ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก วิธีการเหล่านี้ประกอบด้วย

1) แบบสัมภาษณ์การสนทนากลุ่ม (Focus Group) ใช้เพื่อศึกษาสถานการณ์และความต้องการผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อเป็นนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (SWOT Analysis) ผู้วิจัยประสานกับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 9 คน และดำเนินการสนทนากลุ่มด้วยตัวเอง

2) แบบสอบถามการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ที่มีอิทธิพลต่อนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยมีการประสานงานผ่านกลุ่มตัวอย่าง 250 คน เพื่อทำการแจกแบบสอบถาม และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการส่งทางไปรษณีย์ e-mail Google Form และการเก็บรวบรวมด้วยตนเอง

3) แบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งโครงสร้าง สำหรับสร้างรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ด้วยตัวเองกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน

4) แบบสัมภาษณ์โดยใช้แบบประเมินตรวจสอบรูปแบบการพัฒนานวัตกรรม เพื่อการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยมีการแจกแบบสอบถามด้วยตัวเองกับกลุ่มผู้ทรงวุฒิจำนวน 9 คน

วิธีการเหล่านี้ช่วยให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและลึกซึ้งเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร และเป็นการเตรียมพื้นฐานสำคัญในการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนองความต้องการของชุมชน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้ครอบคลุมทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสถิติเชิงพรรณนา (Quantitative Statistic Descriptive Analysis) การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ใช้ค่าสถิติพื้นฐานเช่น การแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) และการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็น ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสถิติเชิงอนุมาน (Quantitative Statistic Inferential analysis) ใช้ Structural Equation Model (SEM) และ Confirmatory Factor Analysis (CFA) และ Path Analysis (PA) ด้วยโปรแกรม AMOS เพื่อทดสอบสมมติฐาน และค้นหาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

1) การจัดระเบียบและแยกประเภทข้อมูล จัดระเบียบข้อมูลจากการสัมภาษณ์และเอกสาร เพื่อนำมาเข้ารหัสและกำหนดตรรกะนี้

2) การตีความข้อมูล ใช้หลักการอุปนัยและการบรรยายเชิงวิเคราะห์ เพื่อสกัดความหมายและสร้างข้อสรุปจากข้อมูล

3) การสร้างข้อสรุป จากข้อมูลที่เข้ารหัสและจัดระเบียบอย่างดี ผู้วิจัยสามารถสร้างข้อสรุปใหม่เพื่อตอบคำถามการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นกระบวนการที่เน้นการสำรวจข้อมูลจากมุมมองต่างๆ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณช่วยในการยืนยันข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ด้วยการใช้ทฤษฎีที่มีอยู่และทฤษฎีมูลฐาน (Grounded Theory)

ผู้วิจัยสามารถค้นหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของข้อมูล สร้างข้อค้นพบหรือข้อสรุปใหม่ ซึ่งจะนำไปสู่การเขียนรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

4. ผลการวิจัย

1) ผลการศึกษาสถานการณ์และความต้องการนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

จากการศึกษาสถานการณ์และความต้องการนวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารที่ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก พบว่า การวิเคราะห์ SWOT อุตสาหกรรมการผลิตอาหารมีจุดแข็ง (S) อยู่ทีความรู้และทักษะด้านการผลิตอาหารของชุมชน รวมถึงการมีวัตถุดิบอาหารที่หลากหลายและคุณภาพสูง และการมีเครือข่ายและการสนับสนุนจากหน่วยงานราชการและองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร ส่วน จุดอ่อน (W) คือ การขาดทรัพยากรทางการเงินในการลงทุนเพื่อพัฒนานวัตกรรม ความสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีและการฝึกอบรม และขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการตลาดและการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ส่วนโอกาส (O) คือ ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความยั่งยืนและมาจากท้องถิ่นเพิ่มขึ้น การสนับสนุนจากภาครัฐและหน่วยงานระดับจังหวัด และการสร้างเครือข่ายกับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเดียวกันและอื่นๆ และอุปสรรค (T) คือ มีการแข่งขันกันสูงในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ส่งผลต่อการผลิตวัตถุดิบ และกฎหมาย ข้อบังคับที่เข้มงวดเกี่ยวกับการผลิตและการจำหน่ายอาหาร

ปัญหาหลักที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิต ได้แก่ การขาดทรัพยากรและเทคโนโลยี ความรู้ และทักษะ รวมทั้งช่องทางการตลาดและจำหน่ายที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังมีความท้าทายจากการรับรู้และการยอมรับในตลาด การเงินและการลงทุน และข้อกำหนดทางกฎหมาย ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร มีความต้องการนวัตกรรมที่สามารถเพิ่มขีดความสามารถการผลิต เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ ลดต้นทุน และการพัฒนากระบวนการผลิตโดยมีการเรียกร้องต่อหน่วยงานของรัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ให้มีการสำรวจและนำเสนอนวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปของตลาดและผู้บริโภค รวมถึงการวิจัยเพื่อระบุโอกาสใหม่ๆ และประเมินผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจของนวัตกรรมเหล่านั้นต่อชุมชนท้องถิ่น

2) ผลการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

ในการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ว่า ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 เป็นการทดสอบสมมติฐานของโมเดล เพื่อการทดสอบว่า โมเดลเส้นทางที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลจริงหรือไม่

H_0 : โมเดลเส้นทางตามทฤษฎี = โมเดลตามข้อมูลจริง

H_1 : โมเดลเส้นทางตามทฤษฎี \neq โมเดลตามข้อมูลจริง

โดยการตรวจสอบความสอดคล้องของตัวแบบ (Evaluation the Data-Model Fit) ค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความพอเหมาะพอดีของตัวแบบเชิงประจักษ์กับตัวแบบทางทฤษฎี ค่า p -Value ต้องมีนัยสำคัญทางสถิติ (Significant: Sig.) คือมีค่ามากกว่า .05

สมมติฐานที่ 2 ตัวแปรเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน คือ ตัวแปรการจัดการนวัตกรรม ได้แบ่ง 4 ข้อดังนี้

สมมติฐานที่ 2.1 นวัตกรรม ประกอบด้วย ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านกระบวนการ ปัจจัยด้านการปฏิบัติงานของบุคลากร ปัจจัยด้านการเรียนรู้ส่วนบุคคล ปัจจัยด้านคำตอบแทนของบุคลากร ปัจจัยด้านการจัดวางกลยุทธ์ และปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

สมมติฐานที่ 2.2 ทูทางสังคม ประกอบด้วย ปัจจัยด้านเครือข่าย ปัจจัยด้านความไว้วางใจ ปัจจัยด้านบรรทัดฐานในการปฏิบัติ ปัจจัยด้านทุนทางวัฒนธรรม ปัจจัยด้านทุนทางเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านทุนทางสัญลักษณ์ และปัจจัยด้านทุนทางภูมิ

ปัญหาท้องถิ่น เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

สมมติฐานที่ 2.3 ความสามารถในการแข่งขัน ประกอบด้วย ปัจจัยด้านการบริหารต้นทุน ปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านนวัตกรรม ปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านคุณภาพ และปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านการตลาด เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

สมมติฐานที่ 2.4 การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยรวม และปัจจัยด้านวิธีการสมมติเหตุการณ์ให้ประเมินค่า เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

การตรวจสอบความสอดคล้องกันของโมเดลในการวิจัยนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญในการยืนยันว่าโมเดลทฤษฎีที่สร้างขึ้นมีความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งเรียกว่า "Model Fit" หรือความเหมาะสมของโมเดล โดยมีการใช้เกณฑ์หลักๆ ในการประเมินความสอดคล้องดังนี้

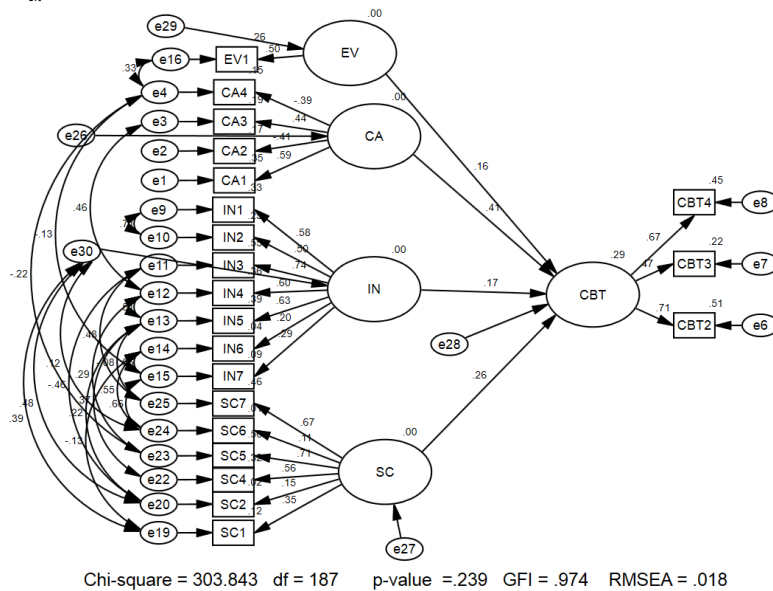
ค่า Chi-square Probability Level (CMIN-p) ค่านี้วัดระดับความเหมาะสมของข้อมูลกับโมเดล โดยที่ค่า 303.843 แสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างโมเดลที่เสนอกับโมเดลอิสระอย่างสมบูรณ์ เป็นตัวชี้วัดความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าที่โมเดลคาดการณ์ไว้

Relative Chi-square (CMIN/df) เป็นค่าที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของโมเดลโดยปรับให้เท่ากับ 1.625 ซึ่งค่าน้อยกว่า 3 ถือว่าโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลได้ดี

Goodness of Fit Index (GFI) ค่านี้วัดความสามารถของโมเดลในการอธิบายตัวแปรที่สังเกตได้ โดยค่า .974 แสดงถึงระดับความเหมาะสมของโมเดลที่สูงมาก เนื่องจากค่าเข้าใกล้ 1

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) ค่านี้ช่วยประเมินระยะห่างของความเหมาะสมในโมเดลที่สมบูรณ์สูงสุด โดยค่า .018 แสดงถึงความเหมาะสมที่ยอดเยียม เนื่องจากค่าน้อยกว่า .05

สรุปได้ว่า โมเดลในการวิจัยนี้ได้พัฒนาความสอดคล้องกับข้อมูลจริงอย่างมาก ซึ่งหมายความว่าโมเดลเส้นทางที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี และเป็นโมเดลที่น่าเชื่อถือสำหรับการนำไปใช้วิเคราะห์เพิ่มเติมในการวิจัยนี้ปรากฏดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลรูปแบบเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ผ่านการปรับโมเดล

จากภาพที่ 1 เมื่อพิจารณาผลรวมอิทธิพล พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อปัจจัยด้านการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก มากที่สุดคือ คือ ปัจจัยด้านความสามารถในการแข่งขัน (CA) ประกอบด้วย ปัจจัยด้านการบริหารต้นทุน (CA1) ปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านนวัตกรรม (CA2) ปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านการตลาด (CA3) กับปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านคุณภาพ (CA4) เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อปัจจัยด้านการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก (CBT) โดยมีค่าผลรวมอิทธิพล เท่ากับ 0.49 (อิทธิทางตรงบวกอิทธิทางอ้อม)

รองลงมา คือ ปัจจัยด้านทุนทางสังคม (SC) ประกอบด้วยปัจจัยด้านเครือข่าย (SC1) ปัจจัยด้านความไว้วางใจ (SC2) ปัจจัยด้านทุนทางวัฒนธรรม (SC4) ปัจจัยด้านทุนทางเศรษฐกิจ (SC5) ปัจจัยด้านทุนทางสัญลักษณ์ (SC6) กับปัจจัยด้านทุนทางภูมิปัญญาท้องถิ่น (SC7) เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อปัจจัยด้านการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก (CBT) โดยมีค่าผลรวมอิทธิพล เท่ากับ 0.31 (อิทธิทางตรงบวกอิทธิทางอ้อม)

ถัดมา คือปัจจัยด้านนวัตกรรม (IN) ประกอบด้วยปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (IN1) ปัจจัยด้านกระบวนการ (IN2) ปัจจัยด้านการปฏิบัติงานของบุคลากร (IN3) ปัจจัยด้านการเรียนรู้ส่วนบุคคล (IN4) ปัจจัยด้านคำตอบแทนของบุคลากร (IN5) ปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ (IN6) กับปัจจัยด้านการจัดวางกลยุทธ์ (IN7) เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อปัจจัยด้านการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก (CBT) โดยมีค่าผลรวมอิทธิพล เท่ากับ 0.201 (อิทธิทางตรงบวกอิทธิทางอ้อม)

และน้อยที่สุด คือ ปัจจัยด้านการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ (EV) ประกอบด้วยปัจจัยด้านมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยรวม (EV1) เป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อปัจจัยด้านการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก (CBT) โดยมีค่าผลรวมอิทธิพล เท่ากับ 0.19 (อิทธิทางตรงบวกอิทธิทางอ้อม)

ปัจจัยด้านการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก (CBT) มีความความสัมพันธ์เชิงสาเหตุกับปัจจัยด้านความสามารถในการแข่งขัน (CA) ปัจจัยด้านทุนทางสังคม (SC) ปัจจัยด้านการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ (EV) ปัจจัยด้านนวัตกรรม (IN) และตัวแปรสังเกต ได้แก่ ปัจจัยด้านองค์กรชุมชน (CBT2) ปัจจัยด้านการจัดการ (CBT3) กับปัจจัยด้านการเรียนรู้ (CBT4) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ประกอบด้วย

- 1) ปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านคุณภาพ (CA4) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านทุนทางเศรษฐกิจ (SC5) ปัจจัยด้านการจัดวางกลยุทธ์ (IN7) ปัจจัยด้านมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยรวม (EV1)
- 2) ปัจจัยด้านการเรียนรู้ส่วนบุคคล (IN4) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านการสร้างความแตกต่างด้านการตลาด (CA3) ปัจจัยด้านทุนทางเศรษฐกิจ (SC5) ปัจจัยด้านคำตอบแทนของบุคลากร (IN5)
- 3) ปัจจัยด้านคำตอบแทนของบุคลากร (IN5) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านความไว้วางใจ (SC2) ปัจจัยด้านทุนทางวัฒนธรรม (SC4) ปัจจัยด้านทุนทางภูมิปัญญาท้องถิ่น (SC7)
- 4) ปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ (IN6) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านการจัดวางกลยุทธ์ (IN7) ปัจจัยด้านเครือข่าย (SC1) ปัจจัยด้านทุนทางสัญลักษณ์ (SC6)
- 5) ปัจจัยด้านการปฏิบัติงานของบุคลากร (IN3) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านความไว้วางใจ (SC2) ปัจจัยด้านทุนทางภูมิปัญญาท้องถิ่น (SC7)
- 6) ปัจจัยด้านกระบวนการ (IN2) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (IN1)
- 7) ปัจจัยด้านการจัดวางกลยุทธ์ (IN7) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านทุนทางสัญลักษณ์ (SC6)

3) ผลการสร้างรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

การพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารที่ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ประกอบด้วยขั้นตอนและปัจจัยหลายด้านที่เชื่อมโยงกัน สรุปได้ดังนี้

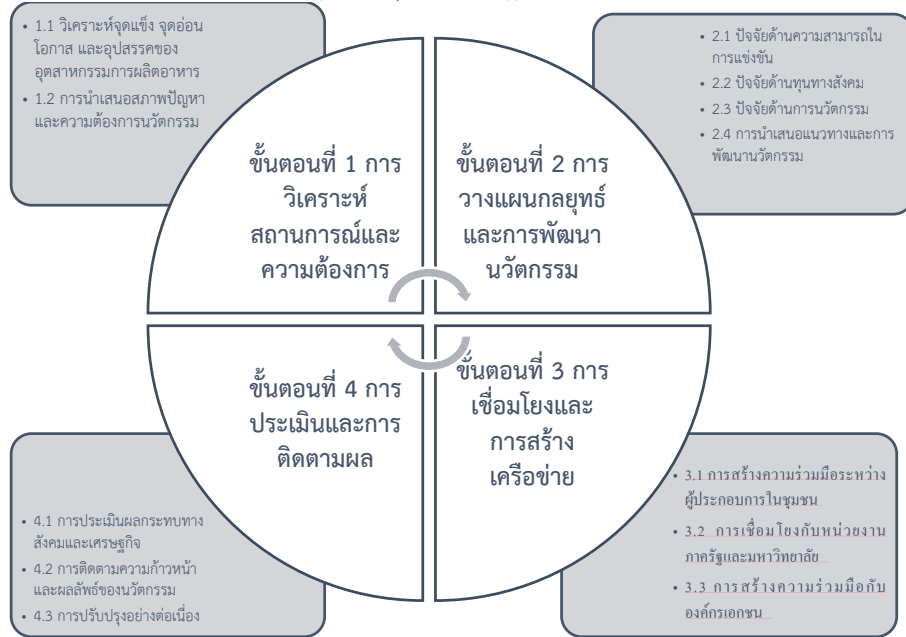
ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์สถานการณ์และความต้องการ ประเมินจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของอุตสาหกรรม การผลิตอาหารในตำบลวังหิน เพื่อกำหนดแนวทางและกลยุทธ์เสริมสร้างความสามารถการผลิตอาหารของชุมชน

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผนกลยุทธ์และการพัฒนานวัตกรรม พัฒนากลยุทธ์ที่รวมถึงการแข่งขัน ทูทางสังคม นวัตกรรม และประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยเน้นการสร้างมูลค่าเพิ่มและความยั่งยืนให้กับผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 3 การเชื่อมโยงและการสร้างเครือข่าย สร้างความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการในชุมชน การเชื่อมโยงกับหน่วยงานภาครัฐและมหาวิทยาลัย และการสร้างร่วมมือกับองค์กรเอกชน เพื่อสนับสนุนการพัฒนานวัตกรรมและการสร้างมูลค่าเพิ่ม

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและการติดตามผล วัดผลสำเร็จและผลกระทบของนวัตกรรมที่ได้นำไปใช้ รวมถึงการประเมินผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจ และการติดตามความก้าวหน้าเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

โดยรวมแล้ว การพัฒนานี้ต้องมีการวางแผนอย่างรอบคอบและมีการทำงานร่วมกันของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างพื้นฐานที่มั่นคงสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืนและการเติบโตทางเศรษฐกิจของชุมชนขอปรากฏดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนและปัจจัยในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการผลิต

4) ผลการตรวจสอบรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบรูปแบบนวัตกรรมเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก

รายการประเมิน	ระดับ		
	□	SD	ความหมาย
1 ความเหมาะสม	4.40	0.540	มากที่สุด
2 ความเป็นไปได้	4.38	0.530	มากที่สุด
3 ความมีประโยชน์	4.39	0.513	มากที่สุด
ภาพรวม	4.39	0.527	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า การตรวจสอบรูปแบบนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ คือ มีความเหมาะสม ความเป็นไปได้ ความมีประโยชน์ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.39$ $SD = 0.527$) และค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.38 - 4.40 นั่นคือผู้ทรงคุณวุฒิ เห็นว่า รูปแบบมีความเหมาะสม ความเป็นไปได้ ความมีประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.540 ถือว่าผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันสูง ซึ่งไม่เกิน 0.75 มีเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สรุปได้ว่า รูปแบบนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก มีความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และมีประโยชน์ต่อการใช้รูปแบบในการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตอาหารในพื้นที่

5. สรุปและอภิปรายผล

1. การศึกษาสถานการณ์และความต้องการนวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก มีภาพรวมที่ชัดเจนเกี่ยวกับสถานการณ์ปัจจุบัน ความต้องการ และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมในการเพิ่มขีดความสามารถการผลิต ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ SWOT เพื่อวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายใน โดยมีจุดเด่น (S) คือ ความรู้และทักษะด้านการผลิตอาหารของชุมชนและวัตถุดิบอาหารที่หลากหลายและมีคุณภาพสูง ส่วนจุดอ่อน คือ การขาดทรัพยากรการเงินและความสามารถในการเข้าถึงเทคโนโลยี เนื่องจากสภาพปัญหาที่พบ คือ การขาดทรัพยากรและเทคโนโลยี ความรู้และทักษะ และขาดช่องทางการตลาดและจำหน่ายที่มีประสิทธิภาพ จึงมีความต้องการนวัตกรรมในการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตที่เน้นทางด้านปรับปรุงกระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ และลดต้นทุนการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของฐิติพร สำราญศาสตร์ (2562) เกี่ยวกับการสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการประยุกต์ใช้นวัตกรรม การสื่อสารทางการตลาด และแนวทางการกำหนดกลยุทธ์ของวิสาหกิจชุมชนผลไม้แช่แข็งกลุ่มชาติ กลุ่มแม่บ้านบ้านบางพลับ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม ได้เน้นย้ำถึงการพัฒนากิจการทางการตลาด ปัจจัยแห่งความสำเร็จ การพัฒนาช่องทางการผลิตและการตลาด และการสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านนวัตกรรม ดังนั้นการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการระบุดอกาสใหม่ๆ ผ่านการวิจัยและการประเมินผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจ เพื่อช่วยให้ชุมชนสามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของตลาดและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป การวิจัยเหล่านี้ช่วยยืนยันว่าการมีกลยุทธ์การตลาดที่ชัดเจน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ และการใช้นวัตกรรมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมความสำเร็จและความยั่งยืนของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งท้าทายของอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร

2. การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก พบว่า ปัจจัยหลักที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการแข่งขัน ถือว่ามีอิทธิพลมากที่สุดต่อการพัฒนานวัตกรรม ครอบคลุมการบริหารต้นทุน นวัตกรรม การตลาด และคุณภาพ ด้วยการสนับสนุนนวัตกรรม ทุนทางสังคม รวมถึงเครือข่าย ความไว้วางใจ ทุนทางวัฒนธรรม เศรษฐกิจ สัญลักษณ์ และภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อให้ครอบคลุมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการ การปฏิบัติงาน การเรียนรู้ส่วนบุคคล ค่าตอบแทน และการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ) และวรรณพรณ รักษ์ชน (2562) ได้ทำวิจัยโดยการสำรวจและศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาและความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้ครอบคลุมตั้งแต่กลยุทธ์การตลาดไปจนถึงนวัตกรรมการผลิต ผ่านภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นการศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และสร้างความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน ตลอดจน เป็นการชี้แนะแนวทางในการเสริมสร้างความยั่งยืนและความสำเร็จในอนาคตต่อไป

3. ผลการสร้างรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก เป็นการสร้างรูปแบบที่ครอบคลุมหลายขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์สถานการณ์และความต้องการ การวางแผนกลยุทธ์ การเชื่อมโยงและสร้างเครือข่าย และการประเมินผล การวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับระบบการพัฒนาความสามารถในการแข่งขัน และส่งเสริมความยั่งยืนทางเศรษฐกิจให้กับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารในตำบลวังหิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพระครูสุจิตตติวัฒน์ (2563) และวราภา มนต์อารักษ์ (2563) เน้นการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและการดำเนินงานอย่างยั่งยืนผ่านวิสาหกิจชุมชน ตลอดจนการสำรวจปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จขององค์กรบริการสังคมและผลกระทบของการใช้ดิจิทัลต่อการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน การสร้างรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมที่ครอบคลุมหลายขั้นตอน ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการมีกระบวนการที่ชัดเจนในการพัฒนานวัตกรรมที่เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของอุตสาหกรรม

ผลิตอาหาร เพื่อสอดคล้องในการให้ความสำคัญกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท้องถิ่นและสร้างความยั่งยืนในการดำเนินงาน โดยใช้วิธีการที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนและสิ่งแวดล้อม ตลอดจน มีการสร้างเครือข่ายและการเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงานอื่นๆ เพื่อช่วยในการแลกเปลี่ยนความรู้และขยายโอกาสในการพัฒนานวัตกรรมให้มีประสิทธิภาพ รวมทั้งต้องมีกรอบแผนที่ดี ซึ่งการใช้จุดแข็งทางภูมิปัญญาและทรัพยากรท้องถิ่น เป็นการสร้างความยั่งยืนในการดำเนินงานและยังเป็นการสร้างเครือข่ายที่แข็งแกร่งให้กับวิสาหกิจชุมชนอีกด้วย

4. การตรวจสอบรูปแบบการพัฒนาวัตกรรมการเพิ่มขีดความสามารถการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ตำบลวังหิน อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ได้รับการประเมินและยืนยันจากผู้เชี่ยวชาญว่ามีความเหมาะสม มีความเป็นไปได้ และมีประโยชน์ในระดับสูง การประเมินนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพิจารณาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของรูปแบบนวัตกรรมที่จะนำไปใช้ รวมถึงการประเมินผลและติดตามผลเพื่อให้แน่ใจว่ารูปแบบนวัตกรรมที่เลือกใช้สามารถสร้างความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสังคมให้กับชุมชนได้จริง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kotas (2015) เกี่ยวกับปัจจัยสำคัญสำหรับความสำเร็จขององค์กรบริการสังคมในโปแลนด์ และผลกระทบของการใช้ดิจิทัลต่อการดำเนินงานของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในอุตสาหกรรมผ้าของไต้หวันโดย Chen et al. (2016) ซึ่งการศึกษาทั้งสองนี้เน้นการปรับใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีในการสร้างความแข็งแกร่งและความยั่งยืนให้กับองค์กรและชุมชน

การตรวจสอบรูปแบบการพัฒนาวัตกรรมการได้รับการยืนยันจากผู้ทรงคุณวุฒิด้วยค่าเฉลี่ยโดยรวมในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมและความมีประโยชน์ของรูปแบบการพัฒนา เป็นการผสมผสานระหว่างการเข้าถึงและการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล รวมทั้งการพัฒนาวัตกรรมการที่สำคัญ ทำให้อุตสาหกรรมและชุมชนมีการเจริญเติบโตและก่อให้เกิดความยั่งยืน เป็นการเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันให้กับวิสาหกิจชุมชน และยังสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และบริการของอุตสาหกรรมการผลิตอาหารในยุคดิจิทัล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

- 1) การขยายผลการวิเคราะห์ SWOT ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่อาจมีผลกระทบต่อชุมชน รวมถึงการติดตามและประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์เพื่อปรับปรุงแนวทางและกลยุทธ์ที่เสนอให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันอย่างต่อเนื่อง
- 2) การพัฒนาความสามารถด้านนวัตกรรม สนับสนุนการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะใหม่ๆ ในชุมชน เพื่อเพิ่มความสามารถในการสร้างและนำนวัตกรรมมาใช้ในการผลิตอาหาร ทั้งนี้อาจรวมถึงการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้
- 3) การสร้างเครือข่ายและความร่วมมือ ส่งเสริมการสร้างเครือข่ายระหว่างชุมชนกับหน่วยงานภาครัฐ ภาคธุรกิจ และสถาบันการศึกษา เพื่อร่วมมือในการพัฒนาและนำนวัตกรรมไปใช้ รวมถึงการสนับสนุนทางการเงินและทรัพยากร
- 4) การติดตามและการประเมินผล ออกแบบระบบการติดตามผลและการประเมินผลอย่างต่อเนื่องเพื่อวัดความสำเร็จของการนำผลการวิจัยไปใช้ และเพื่อให้สามารถทำการปรับปรุงแนวทางได้อย่างทันทั่วทั้ง

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ศึกษาความต้องการตลาดอย่างลึกซึ้งซึ่งทั้งในระดับท้องถิ่นและสากล เพื่อหาโอกาสในการพัฒนาหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์
- 2) วิเคราะห์เปรียบเทียบกับชุมชนอื่นที่มีความคล้ายคลึงหรือประสบความสำเร็จ เพื่อทำความเข้าใจปัจจัยความสำเร็จและอุปสรรค
- 3) วิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของนวัตกรรมในการผลิตอาหาร เพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนการวิจัย ในปีงบประมาณ 2566 รวมทั้งขอขอบคุณผู้บริหาร คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ทั้งส่วนกลางและเขตพื้นที่ตาก ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2565). แผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์แห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กฤตภัค ไม้เรียง. (2563). รูปแบบนวัตกรรมการบริหารธุรกิจวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ, 5(2) : น. 255-268.
- จิตติมา ปฏิมาประกร และบรรพต วิรุณราช. (2020). แนวทางการสร้างให้เกิดนวัตกรรมในองค์กรของอุตสาหกรรมยานยนต์ เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC). วารสารการเมือง การบริหาร และกฎหมาย, 13(2); น. 274.
- ชยพล คำสุวรรณ, เกษม ประพาน, วีรณัฐ พรมจักร์. (2565). โมเดล เขต เศรษฐกิจ การเกษตร พิเศษ ชู ชุมชน พังพา ตนเอง. Journal of Political Science and Governance Innovation, 2 (6) : น.37-48.
- กัญพล อ่วมพิทยา. (2561). รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT กับอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปไทย (DA). ฝ่ายส่งเสริมการพัฒนากำลังคนดิจิทัล สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. น. 1.
- ฐานวัฒน์ ฉัตรวิริยานนท์, ศิริวิทย์ กุลโรจนภัทร และ สุตาวรรณ สมใจ. (2563). การพัฒนาขีดความสามารถการแข่งขันของผู้ประกอบการเครื่องนุ่งห่มไทยอย่างยั่งยืน. วารสาร สมาคมนักวิจัย. 25(1) หน้า 231.
- ฐิติพร สำราญศาสตร์. (2562). การสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการประยุกต์ใช้นวัตกรรม การสื่อสารทางการตลาด และแนวทางการกำหนดกลยุทธ์ของวิสาหกิจชุมชนผลไม้แช่อิ่มกลับชาติ กลุ่มแม่บ้านบ้านบางพลับ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม. วารสาร Veridian E-Journal มหาวิทยาลัยศิลปากร (มนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์และอักษรศาสตร์) 12(1) : น. 755-777.
- ธนภณ นิธิเชาวกุล. (2565). การวิเคราะห์ SWOT Analysis กับสถิติ. วารสารคุณภาพชีวิตกับกฎหมาย, 18(1): 110.
- นิธินสาร พงศ์ปิยะไพบูลย์. (2566). ความสามารถในการแข่งขัน: มองให้ลึกเพื่อพัฒนา. คอลัมน์ "ร่วมด้วยช่วยคิด" ประชาชาติธุรกิจ นสพ., ฉบับวันที่ 3-5 กรกฎาคม 2566.
- ประจวบ กล่อมจิตร. (2557). เทคนิคการเพิ่มผลผลิตในองค์กร: หลักการและตัวอย่างการปฏิบัติ. ซีเอ็ดยูเคชั่น, หจก.(มหาชน). กรุงเทพมหานคร, : น. 147.
- พระครูสุจิตตวิวัฒน์. (2563). การศึกษานวัตกรรมการผลิตชุมชนผ่านภูมิปัญญาท้องถิ่นกรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนเขาะบ้านท่าแฉลบ จังหวัดจันทบุรี. วารสารวิชาการธรรมทัศน์, 20 (4) : 11-24.
- วรภา มนต์อารักษ์. (2563). การพัฒนาวิสาหกิจชุมชนอย่างยั่งยืนโดยพุทธสันติวิธี: กรณีศึกษาชุมชนตำบลสวย อำเภอปรางค์กู๋ ศรีสะเกษ. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร,8 (5) : น. 1721- 1735.
- วรภา มนต์อารักษ์. (2563). การพัฒนาวิสาหกิจชุมชนอย่างยั่งยืนโดยพุทธสันติวิธี: กรณีศึกษาชุมชนตำบลสวย อำเภอปรางค์กู๋ ศรีสะเกษ. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร,8 (5) : 1721- 1735.
- วรรณพรรณ รักษชน. (2562). ตัวแบบกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ สำหรับวิสาหกิจชุมชนภาคการให้บริการในเขตภาคเหนือประเทศไทย. วารสาร สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์,25(2) : น.120-130.
- วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ และ ปรียากมล เอื้องอ้าย. (2563). การพัฒนานวัตกรรมของอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อยกระดับความสามารถทางการแข่งขันองค์กร. วารสารนวัตกรรมการบริหารและการจัดการ, 8(2) : น. 89-100.
- ศักดิ์เศรษฐ ประกอบผล และคณะ. (2563). นวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสารการศึกษาและการเรียนรู้. สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. ISBN: 978-974-373-635-3 พิมพ์ครั้งที่ 1, วรรณท์ เอ็นเตอร์ไพรส์, หจก. กรุงเทพมหานคร. น. 2.
- ศิระนันท์ ศิวพิทักษ์. (2554). การจัดการนวัตกรรมขององค์กรธุรกิจที่มีผลต่อพฤติกรรมการสร้างสรรค์นวัตกรรมของพนักงาน. ดุษฎีนิพนธ์ หลักสูตรบริหารธุรกิจดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. น. 24-25.

สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2560). รายงานการวิเคราะห์แนวโน้มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม:

อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร โครงการพัฒนาผู้ประกอบการด้านทรัพย์สินทางปัญญาและนวัตกรรม. น. 1.

สุดารัตน์ พิมรัตน์กานต์. (2565). การพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มการจัดการโซ่อุปทานของสินค้าเกษตรใบเตยหอม ในบริบทพื้นที่จังหวัดนครปฐม. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 9(1) : น. 277-290.

เสาวณี วิเลปะนะ, ธันนิกานต์ สูญสิ้นภัย , ชลวิทย์ เจียรจิตต์. (2566). การวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการบริหารธุรกิจเกษตรขนาดกลางเพื่อความยั่งยืน. วารสารสังคมศาสตร์และวัฒนธรรม, 7(5) : น. 405-418.

อุทัย ปริญาสุทธีรัตน์. (2016). การวิเคราะห์ SWOT แสงไฟส่องนำทางสู่การจัดการเชิงกลยุทธ์ที่ชุมชนทำได้. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี, 10(2) : น.147-148.

Chen, Y.K., Y. Jaw, and B. Wu. (2016). Effect of digital transformation on organisational performance of SMEs Evidence from the Taiwanese textile industry's web portal. *Internet Research*. 26(1) : 186-212.

Kotas, M. (2015). Key success factors for social services organizations in Poland. *Management*. 19(2) : 122-135.

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA : Sage.

งานวิจัยด้าน ศิลปกรรม และ สถาปัตยกรรมศาสตร์

พื้นที่แห่งความสุขจากวัตถุทรงจำ

นาย ณัฐพล สุริพงษ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ เลขที่ 6 ถนนราชมรรคาใน ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

E-mail Nutthapon20july@gmail.com เบอร์โทร 0973469635

บทคัดย่อ

การสร้างสรรคผลงานอันได้รับแรงบันดาลใจจากความเป็นครอบครัวและเรื่องราวในอดีตวิทยานิพนธ์ชุด “พื้นที่แห่งความสุขจากวัตถุทรงจำ” มีจุดประสงค์เพื่อใช้ศิลปะเข้ามาบำบัดสภาวะจิตใจที่ไม่คงที่เนื่องจากการห่างแม่ผู้เป็นที่รักทดแทนความรู้สึกโหยหาความรักความอบอุ่นด้วยการสร้างผลงานศิลปะที่สะท้อนความคิดถึงแม่และเรื่องราวในอดีต โดยผ่านกระบวนการทางทัศนศิลป์เทคนิคและวิธีการเพื่อสื่อสารความรู้สึกของข้าพเจ้าสู่สาธารณะ เช่น วัตถุต่าง ๆ ที่แฝงสัญลักษณ์ความผูกพันของแม่และข้าพเจ้า ดอกไม้ที่แม่ปลูก ภาพวาดของเด็กที่แสดงถึงจินตนาการและความสุข เป็นต้น การสร้างสรรคผลงานชุดนี้ได้สร้างการตระหนักรู้ถึงความสำคัญของสายสัมพันธ์ในครอบครัวแก่ข้าพเจ้า ความรัก ความอบอุ่นของแม่ที่มอบให้จะกลายเป็นกำลังใจในการใช้ชีวิตของคนที่ต้องห่างไกลบ้านเกิดและบุคคลอันเป็นที่รัก อีกทั้งยังช่วยบรรเทาความโหยหาที่ทำให้เกิดความทุกข์ให้กลายเป็นความสุขจากการได้คิดถึงอดีตและสะท้อนความรักซึ่งทำให้ข้าพเจ้าเติบโตมาได้ในทุกวันนี้

คำสำคัญ : พื้นที่แห่งความสุข, วัตถุทรงจำ

A Space of Happiness from Objects of Memory

Mr. Natthapon Suripong

Silpakorn University 6, Rajamankha Nai Rd, Phra Prathom Chedi Sub-district, Mueang Nakhon Pathom
District, Nakhon Pathom 73000

E-mail Nutthapon20july@gmail.com , Call Number 0973469635

Abstract

Creating this works inspired by family and stories from the past. The thesis series “Space of Happiness from Object of Memories” aims to use art to treat unstable mental states due to being away from a beloved mother. Replace the feeling of longing for love and warmth by creating works of art that reflect the thoughts of your mother and stories from the past. Through the process of visual arts, I use techniques and methods to communicate my feelings to the public. Creating this series has made me realise the importance of family bonds. The love and warmth that a mother gives will become encouragement in the lives of those who are far from their hometown and loved ones. It also helps relieve the longing that causes suffering and turns into happiness from thinking about the past and reflecting on the love that has allowed me to grow up today.

Keyword : HAPPINESS, OBJECTS OF MEMORY

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หากกล่าวถึงสายสัมพันธ์ระหว่างบุคคลอันมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเป็นส่วนประกอบสำคัญนั้น สำหรับข้าพเจ้าคงหนีไม่พ้นสายสัมพันธ์ระหว่าง “แม่และลูก” คำง่าย ๆ เพียงสองคำแต่ความหมายยิ่งใหญ่ ข้าพเจ้าได้สืบค้นความหมายของคำว่า “แม่” หมายถึง หญิงผู้ให้กำเนิด หรือเลี้ยงดูลูก “ลูก” หมายถึง ผู้มีกำเนิดจากพ่อแม่ หรือได้รับการเลี้ยงดูด้วยความรู้สึกรักและเอ็นดู ทั้งสองคำนี้มักจะพบว่ายู่ด้วยกันเสมอ ๆ สิ่งที่ยึดโยงทั้งคู่ไว้ด้วยกันเรียกว่า “สายสัมพันธ์” ซึ่งในงานนุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานมีความหมายว่า “ความผูกพันที่มีมาช้านาน หรือ ความเกี่ยวข้องเป็นมิตรไมตรีกันมานาน”

ความผูกพันที่มีมาช้านานระหว่างข้าพเจ้ากับแม่นั้นเกิดจากการที่ข้าพเจ้านั้นได้รับการเลี้ยงดูมาโดยผู้เป็นมารดา ตั้งแต่ยังแบเบาะ หากย้อนความไปก่อนหน้านั้นข้าพเจ้าก็เติบโตมาในครอบครัวที่ไม่ค่อยจะสมบูรณ์มากนักแม้จะประกอบไปด้วยพ่อ แม่ และลูกเหมือนครอบครัวปกติธรรมดา แต่พ่อแม่หย่าร้างและแยกทางกัน สิ่งหนึ่งซึ่งมาทดแทนความรู้สึกเจ็บปวดต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีก็คือความรัก ความอบอุ่น จากแม่ ภาพของความทุ่มเทแรงกายแรงใจเพื่อทำงานหนักเลี้ยงดูลูก ๆ มีให้เห็นในทุก ๆ วัน แต่ก็ไม่ได้ปล่อยปะละเลยที่จะมอบความอบอุ่นให้ข้าพเจ้าอยู่เสมอ สายสัมพันธ์ระหว่างแม่ลูกนี้ค่อย ๆ ก่อร่างสร้างตัวและเพิ่มพูนมากขึ้นตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าเติบโต สายสัมพันธ์ระหว่างแม่และข้าพเจ้านี้ก็เป็นไปตามความหมายในทางภาษาศาสตร์ที่ว่าด้วยเรื่องของความผูกพันที่มีมาช้านาน อันต้องใช้เวลาในการสร้างสม และเพิ่มพูนให้เกิดความเหนียวแน่นมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันข้าพเจ้าเติบโตเข้าสู่วัยผู้ใหญ่และได้มาศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ณ จังหวัดนครปฐม เป็นการจากบ้านเกิดและผู้เป็นแม่ในระยะทางที่ไกลที่สุดในชีวิต รวมไปถึงความเครียดและกดดันที่เกิดขึ้นจากการเรียนทำให้สภาพจิตใจไม่คงที่กลายเป็นความทุกข์ใจที่ไม่สามารถหาทางออกได้ ความโหยหาสิ่งที่คุ้นเคยในอดีตเริ่มก่อตัวชักนำให้ข้าพเจ้าเกิดความคิดถึงเรื่องราวในวัยเด็กที่มีแม่เป็นองค์ประกอบสำคัญในเรื่องราวต่าง ๆ การได้คิดถึงเหตุการณ์ที่ผ่านมาแล้วนั้น ข้าพเจ้าเหมือนได้ล่องลอยเข้าไปในห้วงแห่งความรู้สึกที่แสนจะพิเศษ ความสุขง่าย ๆ ของเด็กน้อยผู้ไร้เดียงสาที่ได้ทำสิ่งต่าง ๆ กับแม่ผู้เป็นที่รัก กลายเป็นแรงผลักดันและสร้างแรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์ผลงานที่ช่วยให้ข้าพเจ้าได้ระบายออกซึ่งความคิดถึง เปลี่ยนเป็นการสร้างสรรค์ผลงานที่ระลึกถึงความรัก ความอบอุ่นของแม่และลูกอันนำไปสู่ความสุขให้เกิดขึ้นภายในใจอีกครั้ง โดยข้าพเจ้าได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีว่าด้วยเรื่อง ทฤษฎีความผูกพัน (Attachment theory) ของ Bowlby และทฤษฎีเดียวกันนี้ที่ต่อยอดจากแนวคิดเดิมโดย Klaus และ Kennell ที่ทำให้เข้าใจสายสัมพันธ์ของแม่และเด็กว่าไม่ได้เกิดขึ้นในตอนโตแล้วแต่เกิดขึ้นตั้งแต่ยังเป็นทารกในครรภ์มารดาและพัฒนาความสัมพันธ์นั้นจนกระทั่งเติบโต จากความเป็นมาและความสำคัญข้างต้นได้สร้างแรงบันดาลใจที่นำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานทางทัศนศิลป์ประเภทจิตรกรรมที่สะท้อนถึงความสุขจากความทรงจำในวัยเด็กและความรักจากผู้เป็นแม่ที่ตรงจริงใจ เพื่อบรรเทาความทุกข์ของตนในสถานการณ์ที่สภาวะจิตใจเต็มไปด้วยความโหยหาแม่และความรู้สึกอ้างว้างที่ต้องเผชิญอยู่

อภิธานศัพท์เฉพาะ

พื้นที่แห่งความสุข หมายถึง พื้นที่ในอดีตที่ข้าพเจ้าได้เติบโต ใช้ชีวิต และได้รับการเลี้ยงดูด้วยความรักจากแม่จนกลายเป็นพื้นที่ซึ่งฝังลึกเข้าไปในความทรงจำ เมื่อนึกถึงจะเห็นภาพจินตนาการของแม่และข้าพเจ้าได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยกันเสมอ

วัตถุทรงจำ หมายถึง วัตถุในอดีตและปัจจุบันที่มีความทรงจำของแม่และข้าพเจ้าอยู่ในนั้น เช่น เครื่องนอนที่เคยนอนด้วยกัน เข็มเย็บผ้าที่เคยใช้ซ่อมแซมเสื้อผ้า หรืออาหารที่ได้กินในทุก ๆ มื้อที่ผ่านกระบวนการทำด้วยความรัก เป็นต้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรมที่ถ่ายทอดเรื่องราวในอดีตของข้าพเจ้าและผู้เป็นแม่อันสะท้อนถึงความรู้สึกและสายสัมพันธ์ระหว่างแม่และลูก
2. เพื่อถ่ายทอดมุมมองของข้าพเจ้าในทางสุนทรียศิลป์ซึ่งเต็มไปด้วยความคิดถึงแม่ ในสถานการณ์ที่ต้องห่างไกลกันผ่านผลงานศิลปะที่นำพื้นที่ความทรงจำและพื้นที่ในปัจจุบันที่ข้าพเจ้าได้เติบโตและใช้ชีวิตร่วมกับผู้เป็นแม่มาสร้างสรรค์เป็นผลงานที่ให้ความรู้สึกถึงความสุขความอบอุ่นในวัยเด็ก ซึ่งกลายเป็นแรงผลักดันการใช้ชีวิตในปัจจุบันของข้าพเจ้า
3. เพื่อใช้ศิลปะเข้ามาบำบัดจิตใจให้ก้าวข้ามความทุกข์อันเกิดจากความรู้สึกเหงา และอ้างว้างจากสภาพแวดล้อมและวิถีชีวิตในปัจจุบัน

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แรงบันดาลใจจากประสบการณ์ชีวิตระหว่างข้าพเจ้าและผู้เป็นแม่

ตั้งแต่จำความได้ข้าพเจ้าเติบโตมาในครอบครัวที่ไม่สมบูรณ์มีการใช้ความรุนแรงบ่อยครั้ง สร้างบาดแผลในใจและทำให้รู้สึกต้องการความสงบสุข ความรักความอบอุ่นอยู่เสมอ ๆ สถาบันครอบครัวนั้นเป็นเหมือนสถาบันแรกของสังคมที่ได้จะต้องเติบโตใช้ชีวิตและซึมซับความรักความเอาใจใส่ของพ่อและแม่ ซึ่งจะหล่อหลอมลักษณะนิสัยของเด็กให้เติบโตเป็นผู้ใหญ่ในอนาคต เมื่อกล่าวเช่นนี้แล้วจะเห็นได้ว่าความรักความอบอุ่นเป็นสิ่งสำคัญต่อพัฒนาการของเด็กเป็นอย่างมาก “แม่” จึงเป็นเหมือนแสงเทียนเล็ก ๆ ที่ให้ความอบอุ่นแก่ข้าพเจ้า เป็นแบบอย่างในด้านความอ่อนโยนอย่างผู้หญิง แต่ก็เต็มไปด้วยความเข้มแข็งที่พร้อมจะทำทุกอย่างเพื่อลูกให้ได้เติบโตขึ้นอย่างดีที่สุด

ทุกช่วงเวลาของความทรงจำในอดีตล้วนมีแม่เป็นส่วนประกอบในเรื่องราวต่าง ๆ อยู่เสมอ ก็จำวันประจําวันที่เรียบง่าย เช่น การแต่งตัวช่วงเช้าก่อนไปโรงเรียน การทานข้าวพร้อมกันบ้างเป็นบางครั้ง การรอแม่กลับบ้านจากทำงานในช่วงดึกและนอนหลับไปพร้อมกัน กลายเป็นช่วงเวลาพิเศษสำหรับข้าพเจ้า ดังนั้นสายสัมพันธ์ที่เหนียวแน่นจึงค่อย ๆ ก่อร่างสร้างตัวทีละน้อย กลายเป็นความผูกพันระหว่าง “แม่” และ “ลูก” ที่ยากจะตัดขาดออกจากกันได้ ประสบการณ์ชีวิตที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงกลายเป็นแรงบันดาลใจให้ข้าพเจ้านำมาสร้างสรรค์ผลงานวิทยานิพนธ์ชุดนี้ เพราะเรื่องราวที่เต็มไปด้วยความสุขในอดีตนั้นเป็นเหมือนแรงผลักดันในการใช้ชีวิตแก่ข้าพเจ้า ซึ่งปัจจุบันจำเป็นต้องห่างไกลกับผู้เป็นแม่

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลงานสร้างสรรค์

ทฤษฎีความผูกพัน (Attachment theory)

เป็นแนวคิดทางจิตวิทยาที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ของมนุษย์ทั้งในระยะยาวและระยะสั้น แต่ทฤษฎีแห่งความผูกพันนี้เป็นเพียงแนวคิดทั่วไปของความสัมพันธ์โดยให้ความหมายไว้ว่า การตอบสนองของมนุษย์ภายในสัมพันธ์ภาพ คือ การรู้สึกเจ็บหรือการรู้สึกถึงอันตราย โดยพื้นฐานแล้วทารกจะผูกพันกับคนเลี้ยงคนไหนก็ได้ แต่ว่าลักษณะของความสัมพันธ์ของแต่ละคนจะแตกต่างกัน ในทารกความผูกพันเป็นส่วนหนึ่งของระบบแรงจูงใจและพฤติกรรมจะสั่งการให้เด็กเข้าไปอยู่ใกล้ชิดกับคนดูแลที่คุ้นเคยเมื่อตกใจ โดยคาดหวังว่าจะได้การคุ้มครองและการปลอบใจ และการได้รับการเลี้ยงดูในวัยเด็กจะส่งผลต่อการเติบโตเป็นผู้ใหญ่และกำหนดบุคลิกภาพทางความรักอีกด้วย¹

ทฤษฎีความผูกพัน (Bonding) ของ Klaus และ Kennell (1982)

ยศวดี อยู่สุข นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาการวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้กล่าวถึงทฤษฎีของ Klaus and Kennell ไว้ในบทความวิชาการ เรื่อง “ความรักใคร่ผูกพันของมารดาวัยรุ่นต่อบุตร: มุมมองทางพฤติกรรมศาสตร์” อย่างน่าสนใจเกี่ยวกับการต่อยอดแนวคิดของ Bowlby โดย Klaus and Kennell(1982) เชื่อว่าความรักใคร่ผูกพันนี้เกิดขึ้นตั้งแต่การวางแผนการตั้งครรภ์ โดยให้ความสำคัญถึงช่วงเวลาหลังคลอด ที่เรียกว่า “Sensitive period” ซึ่งเชื่อว่าการสัมผัสใกล้ชิดระหว่างมารดาและทารกในช่วงหลังคลอดทันทีจะมีความสำคัญต่อความรักที่จะเกิดขึ้นในระยะต่อไป ซึ่งพฤติกรรมความผูกพันตามแนวคิดของ Klaus and Kennell หลังจากทำการทดลองแล้วพบว่ามนุษย์มีช่วงเวลาที่อ่อนไหวโดยเฉพาะช่วงเวลาหลังคลอด ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ดีที่สุดสำหรับสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมารดาและทารกผ่านการสัมผัสทางร่างกาย การจดจำใบหน้า กลิ่น เสียง และสารเคมีภายในร่างกาย²

ทฤษฎีสัญญาวิทยา

ข้าพเจ้าได้สร้างรูปสัญลักษณ์ตามหลักทฤษฎีสัญญาวิทยาที่ศึกษาโดยผู้ช่วยศาสตราจารย์พริ้นท์ จันทมาศ(2022) ว่าด้วยการสร้างความหมายผ่านภาพสัญลักษณ์ ซึ่งมีความเป็นนามธรรมเพื่อสื่ออารมณ์ความรู้สึกและใส่ความหมายลงไปในภาพสัญลักษณ์เหล่านั้น ทั้งนี้การใช้ภาพแทนความหมายถือว่าเป็นอวัธยาศัยที่ผู้ชมจะสามารถรับรู้หรือเข้าใจได้จะขึ้นอยู่กับการมีประสบการณ์ร่วมกับสิ่งนั้น ๆ ในผลงานของข้าพเจ้ามีการใช้สัญลักษณ์ที่รับรู้กันภายใน เช่นวัตถุต่าง ๆ จากความทรงจำแต่ก็ยังใช้ภาพที่มีความเข้าใจในวงกว้างเพื่อสื่อความหมาย เช่น ดอกมะลิที่สื่อถึงความรักที่บริสุทธิ์ของแม่ เป็นต้น³

ศิลปะบำบัด (Art therapy)

¹Tanyaporn Thasak. (2022). รู้จัก “Attachment Theory” เราเป็นคนรักแบบไหนในความสัมพันธ์. สืบค้น 25 ธันวาคม 2566, จาก <https://missiontothemoon.co/psychology-attachment-theory/>

²ยศวดี อยู่สุข. (2564). ความรักใคร่ผูกพันของมารดาวัยรุ่นต่อบุตร: มุมมองทางพฤติกรรมศาสตร์ 1. พฤติกรรมศาสตร์, 27(1), 65-71. http://bsris.swu.ac.th/journal/270164/06.yoswadee61-83_28012021.pdf

³พริ้นท์ จันทมาศ. (2022). กระบวนการสื่อความหมายในการสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรมร่วมสมัย. สืบค้น 11 กรกฎาคม 2567, จาก <https://site.bsru.ac.th/arted/wp-content/uploads.pdf>

เป็นการใช้ศิลปะเป็นเครื่องมือหลักในการรักษาอาการป่วยทั้งทางร่างกายและจิตใจ โดยมุ่งเน้น

ให้ผู้รับการบำบัดแสดงออกผ่านการทำงานศิลปะ บางแนวทางจะนำความรู้ทางจิตวิทยาเข้ามาผสมผสานเพื่อวิเคราะห์ผู้รับการบำบัดด้วย การใช้ศิลปะบำบัดนี้จะเน้นไปที่การเยียวยาจากข้างใน ผ่อนคลายความเครียด ความเศร้าหรือบรรเทาความเจ็บปวดลง การสร้างสรรค์ผลงานชุดนี้จึงสอดคล้องกับวิธีการรักษาสภาพจิตใจของข้าพเจ้าที่เต็มไปด้วยความเครียด ความเศร้า จึงได้ใช้การสร้างสรรค์ผลงานศิลปะเป็นทางออกในการบรรเทาความเจ็บปวดในใจนี้ ซึ่งสุดท้ายแล้วเป็นวิธีที่สามารถบรรเทาความรู้สึกที่เป็นทุกข์ต่าง ๆ ให้กลายเป็นความสุขจากการลงมือทำและคิดพิจารณาถึงความสุขในเนื้อหาของผลงานซึ่งส่งผลทางใจให้เหมือนได้อยู่ใกล้แม่ผู้เป็นที่รักอีกครั้ง

จากแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์และทฤษฎีที่นำมาประกอบกันทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจที่มาและรูปแบบความสัมพันธ์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันว่า เมื่อข้าพเจ้าต้องห่างไกลบ้านจนเกิดความรู้สึกอ้างว้าง เรื่องราวในวัยเด็กจึงกลายเป็นความคิดแรกที่นึกถึง และกลายเป็นสิ่งที่ใช้ทดแทนความรู้สึกที่ไม่ปกติของจิตใจ การได้ศึกษาข้อมูลเหล่านี้ยิ่งส่งผลให้เข้าใจทั้งพฤติกรรมของตนเองและพฤติกรรมที่แม่แสดงออกแก่ลูกมากยิ่งขึ้น นำไปสู่การเห็นความสำคัญของสายสัมพันธ์ที่เหนียวแน่นของแม่ผู้ให้กำเนิดและทารกที่เติบโตเป็นผู้ใหญ่ในทุกวันนี้

วิธีดำเนินการสร้างสรรค์

วัสดุ อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการศึกษาหาข้อมูล ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตพีซี สมุดบันทึก ดินสอ หนังสือ
2. อุปกรณ์ในการสร้างสรรค์ภาพร่าง ได้แก่ ดินสอ ยางลบ ไม้บรรทัด คัตเตอร์ กระดาษ พู่กัน สีฝุ่น
3. อุปกรณ์ในการสร้างสรรค์ผลงานจริง ได้แก่ เม็ดมะขาม หม้อต้มน้ำ ไม้พาย เต้าไฟฟ้า ผ้าขาวบาง กระจุกอนุกรมประสงศ์

เฟรมไม้กระดาน กาวลาเท็กซ์ ผ้าขาว กระดาษลอกลาย ปากกา แปรงทาสี สีฝุ่น พู่กัน สีอะคริลิก สีโปสเตอร์ สีซอฟต์แวร์พาสเทล ครก โกร่งไล่สี กระจุกอนุกรมประสงศ์ จานสี ผ้าเช็ดพู่กัน กาวกระถิน

วิธีการสร้างสรรค์

1. ข้อมูลจากสถานที่จริง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ของข้าพเจ้าเองที่ได้ใช้ชีวิต เติบโต เก็บเกี่ยวความทรงจำ ความรู้สึกและนำเรื่องราวเหล่านั้นมาถ่ายทอดผ่านพื้นที่จริงที่ได้รับการดัดแปลงองค์ประกอบในการสร้างสรรค์เพื่อถ่ายทอดความรู้สึกและทัศนคติของข้าพเจ้าผู้ผู้ชม

2. ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมเอกสารและหนังสือ ข้าพเจ้าได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเป็นแม่และลูก ทั้งทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และบทความที่น่าสนใจ เพื่อให้ข้าพเจ้าเข้าใจความรู้สึกของข้าพเจ้าเองที่มีต่อผู้เป็นแม่ พร้อมทั้งช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมความเป็นแม่ซึ่งถูกเชื่อมโยงกับทารกด้วยพฤติกรรมทางกายและความรู้สึกที่มีผลต่อการกระเทือนอารมณ์ (Emotional)

3. ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมวัสดุอุปกรณ์ เช่น เทคนิควิธีการที่ข้าพเจ้าเลือกใช้ คือ จิตรกรรมสีฝุ่นบนพื้นดินสอพอง กาวเม็ดมะขาม เป็นเทคนิควิธีการแบบโบราณที่ใช้ในงานจิตรกรรมฝาผนัง ซึ่งการใช้สีฝุ่นในงานจิตรกรรมไทยที่มีลักษณะเรียบแบนเป็นระนาบให้ความรู้สึกเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถถ่ายทอดความสุข ความอบอุ่นของข้าพเจ้าออกมาได้ตรงตามความต้องการอีกทั้งกระบวนการในการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการรองพื้น การบดสีก่อนข้างใช้เวลา ทำให้ข้าพเจ้าได้รำลึกถึงเหตุการณ์ที่นำมาใช้ในผลงาน นึกถึงความรู้สึกที่ทำให้บรรเทาความคิดถึงแม่ในจิตใจ

4. ศึกษาการนำสัญลักษณ์ที่สะท้อนถึงความรัก ความอ่อนโยนของแม่ที่แสดงออกต่อลูก เช่น สิ่งของต่าง ๆ เครื่องแต่งกาย อาหาร เพื่อถ่ายทอดความรู้สึกของลูกที่ได้รับสิ่งที่แม่ทำให้ความรู้สึกเช่นไร จากนั้นนำมาถ่ายทอดสภาวะที่รู้สึกลงไปในงานสร้างสรรค์

การสร้างภาพร่างผลงาน

การสร้างภาพร่างข้าพเจ้าได้ใช้ประสบการณ์ที่เติบโตพร้อมกับแม่เป็นแรงบันดาลใจในการสร้างภาพร่าง โดยใช้พื้นที่จากสถานที่จริงมาดัดแปลงลดทอนรูปทรงให้เรียบง่ายยิ่งขึ้นเพื่อถ่ายทอดความรู้สึกผ่านมุมมองของข้าพเจ้าซึ่งในขณะนั้นยังอยู่ในวัยเด็ก แสดงออกถึงความสุขของการได้รับความอบอุ่นจากผู้เป็นแม่ การได้ใช้เวลาร่วมกันผ่านการเลี้ยงดูด้วยความรัก ก้าวข้ามความเจ็บปวดในอดีตและเห็นถึงคุณค่าของสายสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ทั้งหมดที่กล่าวมานี้นำมาจัดองค์ประกอบที่ให้ความรู้สึกเพื่อฝันและสดใส โดยการจัดองค์ประกอบจะเลือกใช้ฉากหลังเป็นมุมต่าง ๆ ของบ้านได้แก่ มุมเก็บเสื้อผ้า โต๊ะกินข้าว และเตียงนอน ในทุกภาพจะใส่องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ทำลงไป เช่น เสื้อผ้า อาหาร ของเล่น และชุดเครื่องนอนที่สื่อถึงแม่และลูก อีกทั้งยังใช้ลวดลายของผ้าสีสัญลักษณ์ ทั้งลวดลายของผลทับทิมที่สื่อถึงความรักที่สุกงอมเหมือนผลไม้และยังมีความหมายถึงการอวยพรให้

ครอบครัวมีความสุข ลายดอกมะลิที่สื่อถึงความรักของแม่ ในการสร้างสรรค์ผลงานจริงมีการเพิ่มภาพวาดเด็กที่เป็นภาพวาดที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อนสื่อถึงความสุขและจินตนาการเข้าไปด้วย



ภาพที่ 1 แบบภาพร่างผลงานสร้างสรรค์

กระบวนการในการสร้างสรรค์ผลงาน

ขั้นตอนก่อนการสร้างสรรค์ผลงาน

1. การเตรียมดินสอพองสำหรับรองพื้น

เริ่มต้นจากการนำเม็ดมะขามป้อมไปคั่วให้สุก จากนั้นทำการกะเทาะเปลือกออกด้วยครกหิน นำเมล็ดที่สุกแล้วมาแยกใส่ไว้ในภาชนะที่ใส่น้ำเพื่อให้เม็ดมะขามขยายตัวและอ่อนนุ่มขึ้นพร้อมสำหรับการหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เมื่อหั่นมะขามเป็นชิ้นแล้วให้นำใส่หม้อต้มพร้อมน้ำสะอาด จากนั้นต้มและกวนไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เม็ดมะขามเปื่อยและมีความเหนียวหนืด เมื่อได้ความหนืดที่ต้องการให้ปิดไฟตั้งไว้จนเย็นแล้วจึงใช้ผ้า紗กรองและคั้นน้ำกากออกมา ทำเช่นนี้จนหมด หากต้องการปริมาณกาวเพิ่มขึ้นให้นำกากเม็ดมะขามที่เหลือออกไปใส่น้ำในหม้อและต้มอีกครั้งพร้อมทำตามขั้นตอนเดิมจนได้ปริมาณที่พอใจ เมื่อได้กาวมะขามแล้วข้าพเจ้าจึงนำไปผสมกับดินสอพองโดยใช้สัดส่วน 3:1 คือ กาวเม็ดมะขาม 3 ส่วน และดินสอพอง 1 ส่วน ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยผ้า紗เพื่อให้ได้เนื้อเนียนละเอียดจึงพร้อมสำหรับการทารองพื้น

2. การเตรียมเฟรมก่อนการสร้างสรรค์

ขั้นตอนเริ่มจากการนำผ้าดิบสีขาวมารีดให้เกิดความเรียบง่ายต่อการติดบนไม้กระดาน จากนั้นนำกาวลาเท็กซ์ผสมกับน้ำสะอาดให้เกิดความเหลวที่พอเหมาะสำหรับใช้พู่กันแบนทาลงบนเฟรม แล้วจึงค่อย ๆ ติดผืนผ้าและไม้กระดานไปที่ละส่วน เก็บขอบผ้าที่เหลือด้วยการใช้ปืนยิงเม็γκซ์ขนาดใหญ่เย็บไว้ด้าน รอให้กาวแห้งแล้วจึงทำขั้นตอนต่อไป

เมื่อกาวแห้งแล้วให้นำดินสอพองที่เตรียมไว้มาทารองพื้นลงบนเฟรมไม้ โดยทาในลักษณะทิศทางเดียวกันจนทั่วทั้งเฟรม นับเป็นหนึ่งรอบ รอให้แห้งแล้วจึงทาในทิศทางที่ขวางกับการทากรอบแรกจนทั่วเฟรม รอให้แห้งแล้วจึงทำการกวดพื้นดินสอพองให้เรียบด้วยการใช้วัตถุผิวเรียบเช่น หอยเบี้ย แก้วน้ำ หรือก้อนขวด กวดวนไปจนทั่วทั้งเฟรม แล้วกลับไปทำขั้นตอนการทาดินสอพองจนถึงขั้นตอนการกวดเฟรมซ้ำอีกสองถึงสามรอบจนได้พื้นผิวที่ต้องการถือเป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้

3. การเตรียมสี

ในการสร้างสรรค์ผลงานชุดนี้ข้าพเจ้าใช้สีฝุ่นในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งสีฝุ่นที่ใช้ได้มาจากการนำสีของพท์พาสเทลแบบแท่ง นำมาบดให้ละเอียดด้วยครกหิน จากนั้นกรองด้วยตะแกรงตาถี่ก็ได้ผงสีฝุ่นพร้อมสำหรับนำไปผสมกาว นอกจากนี้ยังมีบางสีที่ข้าพเจ้าได้นำดินจากบ้านเกิดไปผ่านกรรมวิธีจนกลายเป็นผงสีมาใช้ร่วมในผลงานด้วย เมื่อได้ผงสีแล้วการจะนำมาใช้ต้องมีการผสมตัวกลางเพื่อให้สีติดกับพื้นผิว ในที่นี้คือกาวกระถินนำไปแช่น้ำให้ละลาย ในขั้นตอนการผสมจะใช้อัตราส่วนระหว่างผงสี 1 ส่วน กาวกระถิน 1 ส่วน และน้ำเปล่าเล็กน้อยเพื่อให้สีเหนียวเหนียวไปยากแก่การใช้งาน

ขั้นตอนในการสร้างสรรค์ผลงาน

1. การคัดลอกลายเส้นจากแบบภาพร่าง

การคัดลอกลายเส้นจะนำมาจากแบบภาพร่างนำไปขยายด้วยระบบคอมพิวเตอร์จากนั้นถ่ายเอกสารขยายให้ได้ตามขนาดที่ต้องการจึงคัดลอกลายเส้นโดยใช้ปากกาลงบนแบบที่รองด้วยกระดาษคาร์บอน

2. ขั้นตอนการระบายสี

การระบายสีจะมีต้นแบบมาจากแบบภาพร่างที่ได้ทำไว้ในเบื้องต้น และจะมีการปรับเปลี่ยน ดัดแปลงให้เหมาะสมขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้สร้างสรรค์ วิธีการในขั้นตอนนี้ข้าพเจ้าได้กำหนดบรรยากาศของภาพให้มีสีสันสดใส โดยจะเจือสีขาวลงไปเกือบทุกสีเนื่องจากเมื่อระบายลงไปจะทำให้ภาพเกิดความนุ่มนวลไปทั้งภาพ เลือกการใช้สีฝุ่นเป็นเทคนิคหลักเนื่องด้วยเป็นสีที่ให้ความรู้สึกเรียบง่ายการระบายเป็นระนาบแบนจึงสอดคล้องกับลักษณะนิสัยส่วนตัวของข้าพเจ้า ที่ไม่ซับซ้อนชอบที่จะสื่อสารอะไรอย่างตรงไปตรงมา อีกทั้งสีฝุ่นยังสามารถทากันได้หลายชั้นเหมือนกับการค่อย ๆ เติบโตที่ต้องเก็บเกี่ยวประสบการณ์มากมาย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จากแนวคิดที่ข้าพเจ้าต้องการสื่อสารผ่านมุมมองของเด็กทำให้ตัวผลงานค่อนข้างมีความชัดตรง

องค์ประกอบที่แทนความเป็นเด็ก องค์ประกอบที่แทนความเป็นแม่จะใช้ภาพสัญลักษณ์ที่สามารถแยกความต่างได้โดยง่าย รวมกับการระบายในลักษณะแบนจึงรวมกันเป็นผลงานที่เรียบง่ายแต่แฝงความหมายที่ลึกซึ้งเป็นอย่างดี

เมื่อกำหนดโครงสร้างสีแล้วขั้นตอนการสร้างสรรค์จะทำการระบายสีรองพื้นให้ทั่วทั้งภาพ เว้นส่วนที่ต้องการให้มีค่าน้ำหนักแบบสมจริงไว้เพื่อกลับมาเก็บค่าน้ำหนักในภายหลัง เมื่อรองพื้นสีไว้จนทั่วแล้วจึงมาระบายสีในส่วนที่ต้องการให้เกิดน้ำหนักสมจริงเพื่อสร้างความโดดเด่นกว่าบรรยากาศโดยรวมของภาพ เพื่อให้ผู้ชมได้สังเกตเห็นและพิจารณาสัญลักษณ์ต่าง ๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น หลังจากเสร็จทั้งสองขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้าพเจ้าได้ทำการเพิ่มเติมลวดลายลงไปในพื้นที่ว่าง ข้าพเจ้าเลือกเพิ่มเติมรูปที่แฝงสัญลักษณ์ลงไปเพื่อสื่อสารเนื้อหาแก่ผู้ชม ทั้งดอกไม้ที่บ้านสะพรั่ง รูปวาดแบบง่าย ๆ ที่ดูเหมือนภาพวาดของเด็ก และภาพผลไม้สุกอม เป็นต้น หลังจากเสร็จสิ้นวิธีการระบายสีทั้งหมดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ข้าพเจ้าจะทำการมองภาพรวมของผลงานเพื่อสังเกตหาข้อบกพร่องและทำการแก้ไขเพิ่มเติมจนเป็นที่พอใจจึงเสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการลงสีในผลงาน

(ก) การคัดลอกลายเส้น (ข) การลงสีพื้นในผลงาน (ค) ดอกทานตะวันที่ลงน้ำหนักสามมิติ

ผลงานสร้างสรรค์

ผลงานสร้างสรรค์ชุด “พื้นที่แห่งความสุขจากวัตถุทรงจำ” ประกอบด้วยผลงานจิตรกรรมบนพื้นดินสองพองกาวเม็ดมะขาม จำนวน 3 ชิ้น ดังนี้



ภาพที่ 3 ชื่อผลงาน “พื้นที่แห่งความสุขจากวัตถุทรงจำ” หมายเลข 1” เทคนิคสีฝุ่นบนพื้นดินสองพองกาวเม็ดมะขาม ขนาด 140 x 200 ซม. ปี 2567

วิเคราะห์กายภาพ

ตัววัสดุ สีที่ใช้เป็นสีสำเร็จรูปชนิดซอฟท์พาสเทลซึ่งมีสีเส้นที่สดใสและหลากหลาย นำมาบดจนละเอียด ผสมด้วยกาวกระถินให้เกิดการยึดเกาะระหว่างตัวสีและพื้นผิวของงานเมื่อระบายสีลงไปจะให้ความรู้สึกนุ่มนวลสบายตา อบอุ่น และเรียบง่าย

เทคนิค จิตรกรรมสีฝุ่นบนพื้นดินสองพองกาวเม็ดมะขาม เริ่มจากการเตรียมพื้นด้วยดินสองพองผสมกาวเม็ดมะขาม นำมาทาลงบนผ้าที่ผืนกไว้กับไม้กระดาน จากนั้นบดสีซอฟท์พาสเทลจนละเอียดผสมกาวกระถิน สู้อขั้นตอนการร่างภาพ ขยายแบบและแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ในทุกขั้นตอนเป็นการค่อย ๆ ทำ ค่อย ๆ วางแผน เหมือนขั้นตอนในการเลี้ยงดูลูกซึ่งต้องใช้ความละเอียดรอบคอบและใส่ใจในทุกรายละเอียด

วิเคราะห์เนื้อหา

เนื้อหาของผลงานแสดงถึงช่วงเวลาที่มีความสุขจากการได้เรียนรู้งานบ้านเล็ก ๆ น้อย ๆ จากผู้เป็นแม่ กรรมวิธีขั้นตอนต่าง ๆ ที่แม่สอน เป็นเหมือนการได้สัมผัสความละเอียดลออของผู้หญิง สร้างความอ่อนโยนที่นำไปสู่การคิดและวางแผนอย่างเป็นระบบ ผลงานชิ้นนี้เป็นการช่วยแม่พับจัดเก็บเสื้อผ้า การได้พับ จัดเรียง แยกประเภท ทำให้ข้าพเจ้ารู้สึกสนุกสนาน ในผลงานมีการใช้เสื้อผ้า

ของแม่และเด็กเป็นจุดเด่น รายละเอียดไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในมุมมองกลับหัว ให้ความรู้สึกเพื่อฝัน ความไม่เป็นระเบียบขององค์ประกอบทำให้เห็นถึงความไม่ซับซ้อนของเด็ก มีความอิสระ และเต็มไปด้วยจินตนาการ



ภาพที่ 4 ชื่อผลงาน “พื้นที่แห่งความสุขจากทิวทัศน์งา หมายเลข 2” เทคนิคสีฝุ่นบนพื้นดินสอพองขาวเม็ดมะขาม ขนาด 140 x 200 ซม. ปี 2567

วิเคราะห์กายภาพ

ตัววัสดุ สีฝุ่นที่ผ่านการผสมแล้วจะมีเนื้อสีที่สดและเข้มข้น สามารถนำมาผสมเป็นสีใหม่ที่ตอบสนองความต้องการในเรื่องความสดใสจากความเป็นเด็กได้ดี แต่ก็ยังทำให้องค์ประกอบที่เป็นสัญลักษณ์เกี่ยวกับแม่มีความนุ่มนวล อ่อนหวานซึ่งเป็นลักษณะของผู้หญิงได้อย่างครบถ้วน

เทคนิค จิตรกรรมสีฝุ่นขั้นนี้มีขั้นตอนสร้างสรรค์เช่นเดียวกับผลงานชิ้นที่ 1 โดยข้าพเจ้าเริ่มเข้าใจเนื้อสีและความสดของสีที่ให้ผลลัพธ์แก่ผลงานได้มากขึ้น ส่งผลให้สามารถใช้สีให้ตรงความต้องการ ทั้งความสดใสของวัยเด็ก ความอบอุ่นของอาหารที่แม่ทำ และบรรยากาศที่เต็มไปด้วยความสุข

วิเคราะห์เนื้อหา

ผลงานชิ้นนี้เป็นการถ่ายทอดเนื้อหาเกี่ยวกับการกินข้าวพร้อมแม่ กรรมวิธีและขั้นตอนการเตรียมอาหารล้วนแสดงถึงความรัก ความเอาใจใส่ที่แม่มีต่อลูกได้เป็นอย่างดี องค์ประกอบในภาพส่วนของที่นั่งเด็กซึ่งตรงหน้าเต็มไปด้วยของเล่นสะท้อนความสนุกสนานซึ่งมาจากประสบการณ์ส่วนตัวของข้าพเจ้า นอกจากนี้ยังมีการจัดองค์ประกอบของโต๊ะอาหารให้มีผ้าปูโต๊ะสองผืนวางทับซ้อนกัน โดยผ้าสีฟ้าแทนมุมมองและความคิดของลูกเต็มไปด้วยความอิสระและจินตนาการ วางซ้อนอยู่ด้านบนผ้าสีเหลืองที่มีลวดลายเป็นดอกมะลิสื่อสัญลักษณ์แทนความรักที่แม่มีต่อลูก เมื่อรวมกันทั้งสองผืนจึงกลายเป็นผ้าปูโต๊ะที่ให้ความหมายเกี่ยวกับการเลี้ยงดูที่ผู้เป็นแม่จะยกให้เรื่องของลูกมาเป็นอันดับหนึ่งก่อนเรื่องของตนเองเสมอ



ภาพที่ 5 ชื่อผลงาน “พื้นที่แห่งความสุขจากทิวทัศน์งา หมายเลข 2” เทคนิคสีฝุ่นบนพื้นดินสอพองขาวเม็ดมะขาม ขนาด 140 x 200 ซม. ปี 2567

วิเคราะห์กายภาพ

ตัววัสดุ หลังจากได้สร้างสรรค์ผลงานจนเกิดความชำนาญ ทำให้สามารถสร้างบรรยากาศของผลงานให้กลมกลืนเป็นเอกภาพมากยิ่งขึ้น ผลงานให้ความรู้สึกที่ไปในทิศทางเดียวกันเกิดความลงตัว

เทคนิค ขั้นตอนและวิธีการในการสร้างสรรค์จะเหมือนกับผลงานสองชิ้นก่อนหน้านี้ แต่มีการเลือกใช้สีสันในงานที่ให้ความรู้สึกเบาและผ่อนคลายผสมกับสีสันที่สดใสให้ความรู้สึกถึงบุคลิกที่แตกต่างกันระหว่างสัญลักษณ์ของความเป็นผู้ใหญ่และความร่าเริงของเด็ก

วิเคราะห์เนื้อหา

เนื้อหาของผลงานแสดงถึงสภาวะสงบด้วยบรรยากาศก่อนการเข้านอน กิจกรรมที่แสนธรรมดาอย่างการนอนหลับกลายเป็นความพิเศษที่ทำให้ได้รู้สึกอบอุ่นใจ ทั้งยังสามารถปลดปล่อยความกังวลและล่องลอยไปสู่ความฝันที่แสนสุข แสดงออกด้วยรูปร่างของ

เตียงนอนและชุดเครื่องนอนที่แฝงสัญญาณของการอธิษฐานให้ครอบครัวที่รักสงบสุข การจัดวางองค์ประกอบที่เป็นแนวนอนสะท้อนสถานะการหลับและผ่อนคลาย มีผ้าห่มและหมอนที่ไม่เป็นระเบียบให้ความรู้สึกฟุ้งฝันและเหนือจริง

สรุปและอภิปรายผล

การสร้างสรรคผลงานชุดนี้นำเสนอความผูกพันระหว่างแม่และข้าพเจ้า ผ่านกิจกรรมที่ทำในแต่ละวันซึ่งมีความเรียบง่ายไม่ได้พิเศษ แต่เต็มไปด้วยความสุขที่ยังตราตรึงอยู่ในใจ เทคนิคที่ใช้คือ ผลงานจิตรกรรมสีฝุ่นบนพื้นดินสอพองกาวมะขาม มีการระบายสีในลักษณะเรียบแบนเป็นระนาบที่ให้ความรู้สึกไม่ซับซ้อนสอดคล้องกับนิสัยส่วนตัวที่เป็นคนเรียบง่าย อีกทั้งยังให้ความรู้สึกถึงความรักของแม่ที่มีต่อลูกซึ่งเป็นสิ่งที่สามัญแต่ทรงพลัง มีการสอดแทรกรูปทรงที่ระบายน้ำหนักให้มีความสมจริงเพื่อขับเน้นวัตถุชิ้นนั้นให้เกิดความโดดเด่น เพื่อให้ผู้ชมได้คิดวิเคราะห์สัญญาณที่เป็นตัวแทนความคิด อีกทั้งคุณลักษณะของสีฝุ่นซึ่งสามารถระบายทับซ้อนกันได้หลายชั้น ยิ่งเกิดการทับซ้อนมากเท่าไรภาพที่วาดยิ่งมีมิติและยิ่งสดใส เหมือนกับประสบการณ์ชีวิตที่ต้องค่อย ๆ สังเกตประสบการณ์ เรียนรู้และเติบโต เช่นเดียวกับทับซ้อนของสีที่ใช้สร้างสรรคผลงาน

วัตถุสิ่งของที่ใช้ในภาพเป็นตัวแทนของอารมณ์ความรู้สึกส่วนตนซึ่งก็คือวัตถุที่ข้าพเจ้ามีความผูกพันตั้งแต่เด็ก แม้จะหายไปแล้วแต่ก็ยังอยู่ในความทรงจำจนถึงปัจจุบันที่แฝงไปด้วยสัญญาณ เช่น ความรักที่สูงงอมของแม่และลูก ความสดใสรุ่งเรืองไร้ข้อจำกัดของเด็ก เป็นต้น ซึ่งสัญญาณเหล่านี้เป็นเหมือนความคิดความปรารถนาที่ข้าพเจ้าต้องการสื่อความหมายโดยแทรกลงไปในพื้นที่ต่าง ๆ ของภาพวาด การสร้างสรรคผลงานชุดนี้เป็นการใช้ศิลปะมาเยียวยาจิตใจให้ดีขึ้นโดยข้าพเจ้าเกิดความสงบและมีความสุขทุกครั้งที่ได้ทำผลงานแต่ละชิ้น รู้สึกได้ถึง การเปลี่ยนแปลงทางความคิดที่เต็มไปด้วยความศรัทธาและโยโยหาแนวคิดที่เกี่ยวกับความสุขในวัยเด็กซึ่งเกิดจากสิ่งทีเรียบง่าย ความคิดในขณะนั้นไม่ได้ซับซ้อนเหมือนตอนเป็นผู้ใหญ่ จึงได้ถ่ายทอดผลงานออกมาอย่างชัดเจนปล่อยวางเรื่องความถูกต้องขององค์ประกอบ ใช้ความรู้สึกนำพาจิตใจให้เป็นสุขเมื่อได้ทำงานสร้างสรรค์ ก่อนหน้านี้ด้วยสภาพจิตใจที่บอบช้ำจึงทำให้มักจะมีมองโลกในแง่ร้ายและบั่นทอนความมั่นใจของตนเองอยู่เสมอ แต่เมื่อได้ใช้ศิลปะเข้ามาบำบัดความเจ็บปวดจึงทำให้การมองโลกค่อย ๆ ดีขึ้น สร้างความมั่นใจแก่ตนเองและได้รู้สึกมีความสุขทุกครั้งที่ทำผลงานเนื่องจากการสร้างผลงานแต่ละชิ้นเป็นเหมือนการได้นำตนเองกลับเข้าไปใกล้ชิดกับความรักของแม่อีกครั้ง

การค้นพบปัญหาที่สำคัญในการนำเสนอผลงานวิทยานิพนธ์ชุดนี้เป็นเรื่องของเวลา ซึ่งกระชั้นชิดทำให้ผลงานยังขาดการวิเคราะห์เนื้อหาที่ชัดเจน การเลือกใช้สัญญาณบางอย่างยังไม่ลงตัว องค์ประกอบภายในภาพยังมีจุดที่สามารถลดหรือเพิ่มเติมให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้นได้ ทั้งนี้ประสบการณ์ที่สั่งสมมาตั้งแต่เริ่มต้นในวงการศิลปะจนถึงปัจจุบันจะหล่อหลอมและทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้จนเห็นความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาผลงานให้ดีขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Tanyaporn Thasak. (2022). รู้จัก “Attachment Theory” เราเป็นคนรักแบบไหนในความสัมพันธ์. สืบค้น 25 ธันวาคม 2566, จาก <https://missiontothemoon.co/psychology-attachment-theory/>

ยศวดี อยู่สุข. (2564). ความรักใคร่ผูกพันของมารดาวัยรุ่นต่อบุตร: มุมมองทางพฤติกรรมศาสตร์1. พฤติกรรมศาสตร์, 27(1), 65-71. http://bsris.swu.ac.th/journal/270164/06.yoswadee61-83_28012021.pdf

พินันท์ จันทมาศ. (2022). กระบวนการสื่อความหมายในการสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรมร่วมสมัย. สืบค้น 11 กรกฎาคม 2567, จาก <https://site.bsru.ac.th/arted/wp-content/uploads.pdf>

งานวิจัยรับใช้สังคม/ งานวิจัยนวัตกรรมชุมชน

การพัฒนาการแปรรูปเซอรรี เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์เซอรรี

ทัชชกร ธรรมปัญญา^{1*}, กุลพรภัสร์ ภราดรภิบาล² และ สุวิสา ทะยะจง²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 หมู่.10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

² คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 หมู่.10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

*Nikom_tamma@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการแปรรูปเซอรรี เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์เซอรรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแปรรูปเซอรรี เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์เซอรรี และถ่ายทอดนวัตกรรมและกระบวนการแปรรูปเซอรรี ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย โดยคณะผู้วิจัยมีการบูรณาการระหว่างศาสตร์ ได้แก่ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านการบัญชี และด้านการตลาด เป็นต้น การวิจัยในครั้งนี้ได้มีกระบวนการวิจัยดังนี้ ได้ดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์การแปรรูปเซอรรี แล้วทำการออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์การแปรรูปเซอรรี และวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอรรี โดยงานวิจัยนี้ได้สูตรการแปรรูปเซอรรีที่เชื่อมโยงแห่งจำนวน 1 สูตร และต้นแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์แปรรูปเซอรรีจำนวน 1 ต้นแบบ และได้ทำการถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอรรี ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย จำนวน 20 คน

คำสำคัญ เซอรรี, การแปรรูปเซอรรี และผลิตภัณฑ์เซอรรี

The development of cherry processing to create added value of cherry products

Tatchakorn Thammapanya^{1*}, Kulpornphas Paradonphiban² and Suwisa Tayatong²

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
Chiang Rai

99 Sai Khao, Phan, Chiang Rai, Thailand, 57120

² Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala
University of Technology Lanna Chiang Rai

99 Sai Khao, Phan, Chiang Rai, Thailand, 57120

*Nikom_tamma@hotmail.com

Abstract

This research is the development of cherry processing to create added value of cherry products. The purpose of the study was to study cherry processing to create added value of cherry products and to transfer innovation and cherry processing processes to the community enterprise group. This research has obtained 1 recipe for processing dried cherry and 1 prototype of packaging of cherry processed products, and has transferred knowledge of the processing process of cherry products to a group of community enterprises 20 people.

Keywords: cherry, cherry processing and cherry products

1. บทนำ

เชอร์รี่ (Cherry) จัดอยู่ในวงศ์ ROSACEAE ในตระกูลพ룬 เช่นเดียวกับ พลัม ลูกท้อ บ๊วย อัลมอนด์ เชอร์รี่ เป็นผลไม้ที่มีรสชาติดหวานอมเปรี้ยว ลักษณะของผลมีลักษณะกลม ขนาดเล็ก เปลือกมีทั้งสีแดงเข้ม สีแดง สีส้ม และสีเหลือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยเชอร์รี่ เป็นผลไม้ที่นิยมซื้อมารับประทานสด ๆ หรือจะนำไปคั้นเป็นน้ำเชอร์รี่ก็ได้ หรือจะนำไปทำขนมต่าง ๆ เช่น แยม เชอร์รี่ พายเชอร์รี่ เชอร์รี่เชื่อม โดยสายพันธุ์เชอร์รี่ที่นิยมนำมารับประทานมากที่สุดก็คือ เชอร์รี่ป่า (Prunus avium) เชอร์รี่มีสรรพคุณ เช่น ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจได้ ช่วยลดโอกาสในการติดเชื้อหวัดและช่วยรักษาโรคหวัด เป็นต้น

กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย ได้มีการปลูกผลไม้เมืองหนาว ได้แก่ เชอร์รี่ พลัม บ๊วย พลัม กาแฟ และชา ซึ่งในพื้นที่มีผลผลิตปริมาณที่มากโดยเฉพาะเชอร์รี่ มีประมาณ 500,000 กิโลกรัมต่อปี โดยปัจจุบันกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย ส่วนใหญ่จะขายผลเชอร์รี่สดให้พ่อค้าคนกลางซึ่งคิดเป็น 98 % ทำให้เกิดปัญหาผลผลิตล้นตลาดและถูกกดราคาในช่วงนั้น ทำให้ขายกิโลละ 10 – 40 บาท

ทางคณะผู้วิจัย พบว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย มีปัญหาผลผลิตล้นตลาดและถูกกดราคา งานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยมีการบูรณาการระหว่างศาสตร์ คือ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการบัญชี และด้านการตลาดเป็นต้น มีการบูรณาการระหว่างหน่วยงาน กลุ่มวิสาหกิจชุมชน โครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น องค์การบริหารส่วนตำบลท่าก่อ เป็นต้น คณะผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการทำงานในพื้นที่ ดังนั้น โครงการวิจัยนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ทางวิชาการได้บทความวิชาการที่เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับชาติและนานาชาติ จำนวน 1 บทความ ประโยชน์เชิงชุมชนและสังคมจะทำให้เกิดกระบวนการแปรรูปเชอร์รี่ โดยที่ชุมชนไม่ต้องขายผลเชอร์รี่สดให้แก่พ่อค้าคนกลาง ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ และประโยชน์เชิงนโยบายในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ที่จะช่วยขับเคลื่อนสังคมและประเทศชาติให้หลุดพ้นกับดักรายได้ปานกลางและความเหลื่อมล้ำด้านรายได้ของประชาชนในประเทศไทยต่อไป

โดยวัตถุประสงค์ การวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การแปรรูปเชอร์รี่ แล้วทำการออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์ การแปรรูปเชอร์รี่ และวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย และผู้สนใจ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การแปรรูปผักและผลไม้

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเติมผักที่เป็นแหล่งเบต้า-แคโรทีนต่อคุณภาพของมะม่วงมหาชนกแผ่นอบแห้ง โดยนำผักแต่ละชนิดที่คัดเลือกไว้ คือ แครอท ฟักทอง ข้าวโพด และมันเทศสีเหลือง มาบดและผสมเข้ากับเนื้อมะม่วงในอัตราส่วน 50:50 จากนั้นเติมน้ำตาล (16.32% w/w) เพคติน (1.63% w/w) และกรดซิตริก (0.41% w/w) ลงไปในเนื้อมะม่วงผสมผัก (81.63%) ให้ความร้อนจนมีของแข็งที่ละลายน้ำได้ 60 องศาบริกซ์ และอบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 210 นาที ผลการศึกษา พบว่า มะม่วงแผ่นทั้งหมดมีค่ากิจกรรมน้ำอิสระ 0.50-0.55 ปริมาณความชื้น 18.65-19.65% และค่าพีเอช 3.58-4.11 สีของมะม่วงแผ่นผสมแครอทมีสีแดงกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างที่ผสมฟักทองมีสีใกล้เคียงกับชุดควบคุม ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นผสมฟักทองยังมีความคล้ายคลึงกับชุดควบคุม (ค่าแรงเนียน 28.90 นิวตัน และค่าความเหนียว 22.58 g ผลการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า คะแนนด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติของมะม่วงแผ่นผสมฟักทองมีความใกล้เคียงกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผสมผักชนิดอื่นๆ [1]

แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์

การสร้างมูลค่าในการพัฒนา มี 2 แนวทางคือ 1) การพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เดิมหรือการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ 2) การขยายตลาดหรือการหากกลุ่มเป้าหมายใหม่

1. การพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เดิมหรือการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นการสร้างมูลค่าที่เน้นตัวผลิตภัณฑ์ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์เดิม หรือคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่โดยอาศัยการวิจัยและพัฒนา ผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น การสร้างเครื่องหมายการค้า การปรับเปลี่ยนรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ การสร้างสรรค้บรรจุภัณฑ์ การสร้าง ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นนวัตกรรม การสร้างผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่ม หรือผลงานที่เน้นความเป็นเอกลักษณ์ เฉพาะถิ่น

2. การขยายตลาดหรือการหากลุ่มเป้าหมายใหม่ เป็นการสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์หรือการ บริการโดยมุ่งเน้นไปที่ ตลาดหรือกลุ่มบริโภคที่เป็นเป้าหมาย เฉพาะ มีการคาดการณ์และบริหารความเสี่ยง ล่วงหน้าก่อน การขยายตลาดซึ่งต้องอาศัย ข้อมูลจากการวิจัยตลาดและ พฤติกรรมของผู้บริโภคพร้อมกับการวิจัยและพัฒนา ผลิตภัณฑ์เพื่อให้ตรงกับความต้องการของ ผู้บริโภคมากที่สุด

แนวความคิดเกี่ยวกับการจัดทำแผนการตลาด

กระบวนการวางแผนการตลาด (Marketing Planning Process) ประกอบด้วยขั้นตอน คือ วิเคราะห์สถานการณ์ การ พิจารณาวัตถุประสงค์ทางการตลาด การเลือกตลาดเป้าหมายและวัดขนาดความต้องการซื้อของตลาด การออกแบบส่วนประสม ทางการตลาด และการจัดเตรียมแผนการตลาดสำหรับปี การวางแผน (Planning)

การวิเคราะห์ปัจจัยภายในและภายนอกโดยปัจจัยภายในจะมีการวิเคราะห์ จาก Mission Objective Goals และ วิเคราะห์ จุดแข็ง (Strengths) และจุดอ่อน (Weakness) ที่ผ่านมานในอดีต ส่วนปัจจัยภายนอกวิเคราะห์จาก PEST Model [2]

แนวความคิดเกี่ยวกับการคำนวณต้นทุนสินค้า

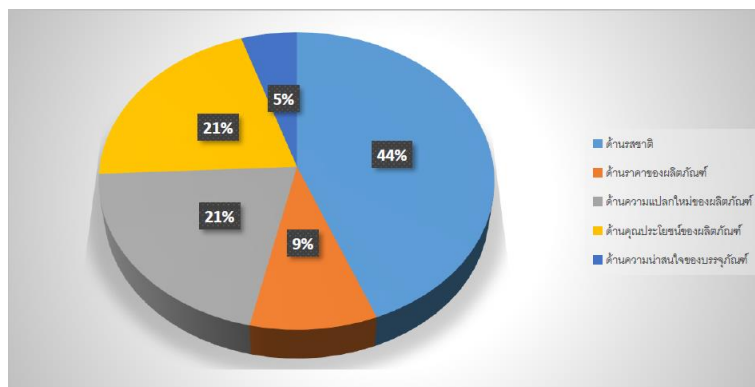
จุดคุ้มทุน (Break Even Point) แยกได้เป็น 2 กรณีดังนี้

จะเห็นได้ว่า ณ จุดคุ้มทุน กำไรส่วนเกินจะเท่ากับต้นทุนคงที่ ดังนั้น จุดคุ้มทุนสามารถคำนวณได้โดยใช้แนวคิดที่เรียกว่า วิธีกำไรส่วนเกิน (Contribution Margin Method) และเขียนในรูปของสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน (หน่วย)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่รวม}}{\text{กำไรส่วนเกินต่อหน่วย}} \quad (1)$$

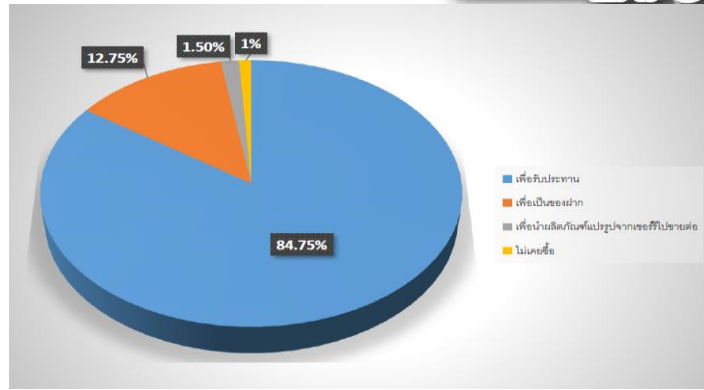
สูตรกำไรส่วนเกินเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุนที่เป็นจำนวนเงินเป็นดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน (บาท)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่รวม}}{\text{อัตรากำไรส่วนเกิน}} \quad (2) [3]$$



ภาพที่ 1 กราฟแสดงจำนวนของปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเชอร์รี่

จากกราฟแสดงจำนวนของปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเชอร์รี่ที่ตอบ เห็นได้ว่าจำนวนและค่าร้อยละของปัจจัย การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูป จากเชอร์รี่ที่ตอบ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อจากรสชาติ จำนวน 176 คน คิดเป็นร้อย ละ 44 รองลงมา คือ ความแปลกใหม่และคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ จำนวน 83 คน คิดเป็นร้อยละ 21 และราคาของผลิตภัณฑ์ จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 9 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 แสดงจำนวนของเหตุผลของการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเชอร์รี่โดย

จากกราฟแสดงจำนวนและค่าร้อยละของเหตุผลการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเชอร์รี่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อไปเพื่อรับประทาน จำนวน 339 คน คิดเป็นร้อยละ 85 รองลงมา คือเพื่อเป็นของฝาก จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 12 และ เพื่อนำไปขายต่อ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 2 ตามลำดับ [4]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์การแปรรูปเชอร์รี่
2. ออกแบบและผลิต ผลิตภัณฑ์การแปรรูปเชอร์รี่
3. วิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่
4. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่

ศึกษาและวิเคราะห์การแปรรูปเชอร์รี่

เป็นการศึกษาและวิเคราะห์การแปรรูปเชอร์รี่ โดยการศึกษาด้านบริบทและศักยภาพของพื้นที่ แล้ววิเคราะห์การแปรรูปเชอร์รี่ จากการวิเคราะห์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของกลุ่มผู้ผลิต รวมถึงการการประชุมหาแนวทางในการดำเนินโครงการ จึงได้การพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ (เชอร์รี่อบแห้ง)

ออกแบบและผลิต ผลิตภัณฑ์การแปรรูปเชอร์รี่

เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ รวมถึงการออกแบบและผลิต ผลิตภัณฑ์การแปรรูปเชอร์รี่ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย

วิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่

เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ เพื่อให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย ทราบต้นทุนที่แท้จริงของการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ และสามารถตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ได้อย่างเหมาะสม

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่

เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชอร์รี่ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย และบุคคลที่สนใจ

4. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของกลุ่มผู้ผลิต แล้วได้ดำเนินการประชุมเพื่อหาแนวทางการพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ จึงได้เป็นการแปรรูปเซอร์รี่แช่อบแห้ง

จากการวิจัยได้ทำการคิดค้นสูตรการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ ซึ่งเป็นการแปรรูปเซอร์รี่แช่อบแห้ง จำนวน 1 สูตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 ส่วนผสมสารละลายกรดและเกลือ

ส่วนผสม สารละลายกรดและเกลือ	ปริมาณ
เซอร์รี่	5 กก.
น้ำ	3 ลิตร
แคลเซียมคลอไรด์	30 กรัม
กรดซิตริก	30 กรัม
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS)	0.6 กรัม

ตารางที่ 2 ส่วนผสมสารละลายน้ำเชื่อม

ส่วนผสม สารละลายน้ำเชื่อม	ปริมาณ
น้ำสะอาด	3 ลิตร
น้ำตาล	1800 กรัม
กรดซิตริก	21 กรัม
เกลือ	15 กรัม
กลีเซอรอล	90 กรัม
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS)	0.6 กรัม

กระบวนการแปรรูปเซอร์รี่แช่อบแห้ง

- ล้างทำความสะอาดเซอร์รี่
- ผสมสารละลายกรดและเกลือ คนให้เข้ากันจากนั้นนำเซอร์รี่ลงไปแช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ต้กขึ้นให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปต้มด้วยน้ำอุ่น (อุณหภูมิ 60 °C) ต้มเป็นเวลา 5 นาที
- ต้กพักให้สะเด็ดน้ำ และเตรียมสารละลายน้ำเชื่อม
- นำเซอร์รี่ลงแช่ในสารละลายน้ำเชื่อม แช่เป็นเวลา 17 ชั่วโมง โดยใช้ถุงใส่น้ำสะอาดคดผลไม้ให้จมอยู่ในน้ำไม่ให้ลอย

บนผิวน้ำ

- นำผลไม้ที่แช่ครบ 17 ชั่วโมง มาล้างคราบน้ำตาลที่ผิวหน้าออก (ถ้าไม่มีคราบ นำไปอบได้เลย)
- จัดเรียงผลไม้ใส่ตะแกรง พักให้สะเด็ดน้ำก่อนนำเข้าตู้อบ
- อบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

จากการคำนวณจุดคุ้มทุนของการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ และการกำหนดราคาของผลิตภัณฑ์ เซอร์รี่ พบว่าการกำหนดราคาของละ 60 บาท

ตารางที่ 3 การคำนวณต้นทุนการผลิตและการกำหนดราคา

ต้นทุนการผลิตต่อการอบการผลิต	บาท	กำหนดราคาขาย (บวกเพิ่ม 30%)	ราคาขาย

ต้นทุนการผลิตต่อ 1 ซองเล็ก (1 ลูก)	2.02 บาท	2.63	ประมาณ 3 บาท
ต้นทุนการผลิต 1 ซองใหญ่ (20 ลูก)	45.25 บาท	58.82	ประมาณ 60 บาท

คณะผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ และวางแผนการตลาดของผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย จำนวน 20 คน

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้ดำเนินการเพื่อทำการพัฒนาสูตรการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่เป็นรูปแบบเซอร์รี่แช่อิ่มอบแห้ง โดยมุ่งเน้นที่การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ของกลุ่ม โดยได้สูตรการแปรรูปเซอร์รี่แช่อิ่มอบแห้งจำนวน 1 สูตร และคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและจัดทำบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์เซอร์รี่แช่อิ่มอบแห้งเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการและการใช้งานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีมี โยโย เป็นต้นแบบการ แปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ จำนวน 1 แบบ นอกจากนี้ได้มีการคำนวณจุดคุ้มทุนของการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ เพื่อเป็นการกำหนดราคาขาย โดยการวิเคราะห์การคำนวณจุดคุ้มทุนของการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ และการกำหนดราคาของผลิตภัณฑ์แปรรูปเซอร์รี่ พบว่าการกำหนดราคาของละ 60 บาท และคณะผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ และวางแผนการตลาดของผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย และผู้สนใจ จำนวน 20 คน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนทุนการวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย ที่สนับสนุนการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ทัดดาว ภาชีผล และคณะ (2561). คุณภาพและการยอมรับของมะม่วงมหาชนกแผ่นอบแห้งผสมแครอท ฟักทอง ข้าวโพด และมันเทศสีเหลือง. วิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) มกราคม-เมษายน 2561, หน้า 233 – 236. สืบค้นจาก <http://agcsij.agr.ku.ac.th/index.php/papers/39-2561-49-4>
- [2] เบญจมาศ อภิลิทธิภิญโญ. (2555). การบัญชีต้นทุน1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน)
- [3] ทัชชกร ธรรมปัญญา, กุลพรภัสร์ ภราดรภิบาล และสุวิสา ทะยะธง. (2564). ศึกษาแนวทางการพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์เซอร์รี่ของวิสาหกิจชุมชน มีมี โยโย (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

การพัฒนาศักยภาพกลุ่มเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชน กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 จังหวัดสระแก้ว

กาญจนา เหล่าโชคชัยกุล^{1*}

¹ วิทยาลัยนวัตกรรมการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2 ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200

*kan_lao@tu.ac.th, 0817378522

บทคัดย่อ

การพัฒนาศักยภาพกลุ่มเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชน กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 จังหวัดสระแก้ว เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วมร่วม ดำเนินการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจสภาพการณ์ในปัจจุบัน ก่อนจะดำเนินกิจกรรมพัฒนาศักยภาพด้วยวัตถุประสงค์สำคัญ 2 ประการคือ 1. ส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพกลุ่มที่สอดคล้องกับความต้องการของสมาชิกเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน และ 2. เสนอแนะรูปแบบและแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม และยั่งยืน กระบวนการในการดำเนินการนอกจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการลงพื้นที่สำรวจ สถานการณ์ สัมภาษณ์ผู้นำกลุ่ม และสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพและสถานการณ์ในปัจจุบันร่วมกันแล้ว ยังมีการจัดประชุมกลุ่มในการระดมความคิด เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน ก่อนจะนำสู่การดำเนินการกิจกรรมเสริมศักยภาพตาม ความต้องการของผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งต่างเห็นพ้องว่า การส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพกลุ่มนั้น ต้องพัฒนาสิ่งที่ กลุ่มและชุมชนขาด เสริมศักยภาพและความสามารถให้สามารถดำเนินการพัฒนางานที่จำเป็นได้ด้วยตัวเอง เพื่อให้สามารถ ทำงานและวางแผนเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเด็นที่สมาชิกเห็นพ้องกันว่าควรนำสู่การเสริม ศักยภาพ และดำเนินการอบรมคือ การเพิ่มความรู้ความสามารถด้านการทำบัญชี และการจัดการกับเศษสมุนไพรเหลือใช้ ซึ่ง นำสู่การอบรมเรื่องการมัดย้อมผ้าจากสมุนไพรเหลือใช้ เพื่อพัฒนาผ้าห่อลูกประคบ

คำสำคัญ การพัฒนาศักยภาพกลุ่ม, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, วิสาหกิจชุมชน, จังหวัดสระแก้ว

A Development of Group Capacity to Support Community Product Development for Economic Value Addition: A Case Study of Tubtim Siam 05 Herbal Processing Community Enterprise Group, Sa Kaeo Province

Kanjana Laochockchaikul^{1*}

¹ College of Innovation, Thammasat University 2 Prachan Road, Phra Borom Maha Ratchawang, Phra Nakhon, Bangkok 10200

*kan_lao@tu.ac.th, 0817378522

Abstract

This participatory action research aims to collaborate with the community to enhance group capacity to support the development of community products, thereby adding economic value to the community. This research involves conducting a study to understand the current situation, followed by carrying out potential development activities with two main objectives: (1) to promote and support group capacity development that aligns with the members' needs for community product development, and (2) to suggest concrete and sustainable models and approaches for adding economic value to the community.

The research methodology involved a review of relevant literature and studies, field surveys to assess the current situation, and interviews with group leaders and members of the community enterprise. This collective analysis led to focus group and brainstorming sessions to jointly analyze data before implementing capacity-building activities tailored to stakeholders' needs.

The consensus among participants was that fostering group capacity development requires addressing the gaps within the group and community and enhancing capabilities to enable self-driven development of essential tasks. This empowers the group to work and plan effectively for future development. Key areas identified for capacity building and training included improving accounting skills and managing herbal waste, which then led to two upskill workshops.

Keywords: Group capacity development, Product Development, Community Enterprise Group, Sa Kaeo Provin

1. บทนำ

จังหวัดสระแก้ว เป็นหนึ่งในจังหวัดในกลุ่มจังหวัดเศรษฐกิจพิเศษซึ่งภาครัฐให้ความสำคัญต่อการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ทางเศรษฐกิจ เพื่อเป็นดึงดูดการค้าการลงทุนจากต่างประเทศเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน และชุมชน โดยมีกลยุทธ์ 4 ประการคือ 1. สนับสนุนพื้นที่เศรษฐกิจใหม่ 2. สนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน 3. สนับสนุน SMEs และการลงทุนต่อเนื่อง 4. จัดระเบียบพื้นที่เศรษฐกิจชายแดน โดยมีกลุ่ม 12 กิจกรรมที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ประกอบด้วย อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอัญมณี การผลิตเวชภัณฑ์ การผลิตเครื่องมือแพทย์ การประมงและเกษตร ผลิตภัณฑ์เซรามิก นิคมอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมเครื่องยนต์ การท่องเที่ยว การขนส่งระหว่างประเทศ กิจกรรมโลจิสติกส์ ซึ่งในแต่ละจังหวัดนั้นจะมีศักยภาพแตกต่างกันออกไปและขึ้นอยู่กับความต้องการของประชาชนในพื้นที่ โดยภาครัฐมีเป้าหมายเน้นพัฒนาให้จังหวัดสระแก้วเป็นศูนย์อุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรและการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ รวมไปถึงการแปรรูปสินค้าเกษตร ศูนย์กระจายสินค้า และการท่องเที่ยว ในการวิจัยนี้ภายใต้แผนงานบูรณาการเพื่อเพิ่มศักยภาพงานหัตถกรรมของกลุ่มจังหวัดเศรษฐกิจพิเศษแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนและการพัฒนาเป็นเมืองท่องเที่ยว การศึกษาในครั้งนี้ นอกจากให้ความสนใจในการศึกษาพื้นที่จังหวัดสระแก้ว ในฐานะพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านการผลิตและแปรรูปสมุนไพร (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายสมุนไพรแห่งชาติ กองวิชาการและแผนงาน กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2560) แต่เนื่องด้วยมีกลุ่มวิสาหกิจที่เกี่ยวข้องกับการทำสมุนไพรอยู่จำนวนมาก จึงต้องดำเนินการคัดเลือกพื้นที่กรณีศึกษาที่มีการดำเนินการในฐานะแหล่งผลิตฯ ที่ชัดเจน เพื่อมาทำการดำเนินงานพัฒนาศักยภาพกลุ่มฯ ตามเป้าหมาย จึงได้คัดเลือกกรณีศึกษาเพียงบ้านทับทิมสยาม 05 ซึ่งมีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 ตั้งอยู่ มาเป็นส่วนหนึ่งในทำดำเนินการวิจัยปฏิบัติการร่วมกับชุมชนในการสนับสนุนและพัฒนาศักยภาพกลุ่มเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชนในครั้งนี้ เนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการระยะสั้น ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดสำคัญในการดำเนินการสนับสนุนและพัฒนาศักยภาพกลุ่ม จึงต้องคัดเลือกกลุ่มที่มีความพร้อมในการดำเนินงานของกลุ่มวิสาหกิจเองมาแล้วระดับหนึ่ง เพื่อให้การพัฒนาศักยภาพในระยะสั้นตอบสนองต่อความต้องการ สามารถเสริมจุดแข็ง และแก้ไขทักษะที่เป็นจุดอ่อนของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ผ่านการดำเนินการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจสภาพการณ์ในปัจจุบัน ก่อนจะดำเนินการกิจกรรมพัฒนาศักยภาพด้วยวัตถุประสงค์สำคัญ 2 ประการคือ 1. ส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพกลุ่มที่สอดคล้องกับความต้องการของสมาชิกเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน และ 2. เสนอแนะรูปแบบและแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชนอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Social Enterprise หรือ กิจการเพื่อสังคม หรือ วิสาหกิจชุมชน

แนวคิดเกี่ยวกับ Social Enterprise หรือ กิจการเพื่อสังคมนั้นเป็นแนวคิดที่เติบโตในหลายประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหราชอาณาจักร และเดินทางเข้าสู่สังคมไทย (บริติช เคานซิล, 2015) ทว่า ได้มีการแปลและเข้าใจความหมายของคำ ๆ นี้ออกมาหลากหลาย ทั้งธุรกิจเพื่อสังคม หรือ กิจการเพื่อสังคม ไปจนถึงวิสาหกิจชุมชน

สำหรับในประเทศไทย หน่วยงานที่เป็นทางการความเกี่ยวข้องกับกิจการเพื่อสังคมโดยตรงก็คือ สำนักงานเสริมสร้างกิจการเพื่อสังคมแห่งชาติ หรือ Thailand Social Enterprise Office (TSEO) ได้มีการให้นิยาม กิจการเพื่อสังคมปรากฏตามแผนแม่บทสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคม พ.ศ. 2553-2557 (สำนักงานเสริมสร้างกิจการเพื่อสังคมแห่งชาติ, 2553) ไว้ว่า กิจการที่มีรายรับจากการขาย การผลิตสินค้า และ/หรือการให้บริการที่ถูกตั้งขึ้นเพื่อเป้าหมายอย่างชัดเจนตั้งแต่แรกเริ่มหรือมีการกำหนดเพิ่มเติม หรือปรับเปลี่ยนเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาชุมชน สังคม และ/หรือสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก โดยไม่ได้มีเป้าหมายในการสร้างกำไรสูงสุดต่อผู้ถือหุ้นและเจ้าของเท่านั้น โดยมีการจัดแบ่งประเภทกิจการเพื่อสังคมของ

ประเทศไทยไว้เป็น 6 กลุ่มหลัก ตามบุคคล/องค์กรที่ก่อตั้ง โดย “วิสาหกิจชุมชน” นั้นเป็นรูปแบบกิจการเพื่อสังคมประเภทหนึ่ง ซึ่งมีผู้ก่อตั้งเป็นเครือข่ายและองค์กรชุมชน หรือเรียกว่าเป็น Community-based SE

การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชน อาจจะมีหลากหลายปัจจัย อาทิ การบริหารจัดการ ผู้นำ การตลาด การจัดการความรู้และข้อมูลข่าวสาร การบริหารสมาชิกและการมีส่วนร่วม การจัดการสินค้า การบริการ และการผลิต ระบบการเงินและการจัดสรรรายได้และผลตอบแทน สิ่งเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาศักยภาพการดำเนินการของวิสาหกิจชุมชนทั้งสิ้น (รัชดา ภักดียิ่ง, 2563)

วิสาหกิจชุมชนนั้นจะประสบความสำเร็จหรือไม่ จะเห็นได้จากข้อสรุปจากงานวิจัยหลาย ๆ งาน (เจณิภา คงอ้อม, 2561; ฐานันท์ ตั้งรุจิกุล และคณะ, 2559) ที่กล่าวตรงกันคือ ปัจจัยด้านผู้นำถือเป็นเงื่อนไขที่สำคัญมากที่สุด แต่จะมีผู้นำเพียงปัจจัยเดียว ก็ไม่อาจจะบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้มีประสิทธิภาพได้ ยกจากผู้นำจำเป็นต้องทักษะแล้ว ความเข้าใจต่อการบริหารจัดการ ตั้งแต่การผลิต การตลาด การเงินและการบัญชี ข้อมูลข่าวสาร แรงงาน ไปจนถึงการสร้างการมีส่วนร่วมทั้งภายใน และภายนอก โดยเฉพาะการสร้างเครือข่ายการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (นฤเบศ เลขกลาง, 2557) และการมีปฏิสัมพันธ์กับภายนอก ถือเป็นโอกาสสำคัญในการพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนให้เป็นพื้นที่เรียนรู้แก่สังคม ซึ่งเป็นการย้อนกลับมาพัฒนาศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนนั้นให้ข้ามพ้นขีดจำกัดเดิมได้อีกด้วย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

- 3.1 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.2 ลงพื้นที่ศึกษาและสำรวจสถานการณ์ สัมภาษณ์ผู้นำกลุ่ม และสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และ วิเคราะห์ศักยภาพ
- 3.3 จัดประชุมระดมความคิด เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและสถานการณ์ร่วมกันระหว่างผู้วิจัย ผู้นำกลุ่ม และสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน
- 3.4 จัดกิจกรรมเสริมศักยภาพตามความต้องการที่ได้จากผลการประชุมระดมความคิดเห็น
- 3.5 สรุปผลการดำเนินงาน วิเคราะห์และสังเคราะห์ต่อการดำเนินการในอนาคตร่วมกัน

4. ผลการวิจัย

บริบทของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 ตั้งอยู่ที่ เลขที่ 148 หมู่ที่ 10 ตำบลคลองไถ่เถื่อน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ซึ่งเป็นหนึ่งในหมู่บ้านซึ่งสมเด็จพระเจ้าลูกเธอเจ้าฟ้าจุฬาภรณวลัยลักษณ์ฯ องค์ประธานสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ทรงรับไว้ในโครงการอนุรักษ์และบริหารทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อต้องการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ตามแนวชายแดนไทย-กัมพูชา ซึ่งทรงศึกษาข้อมูลและวางแผนงานด้วยพระองค์เอง ตลอดจนประทานแนวทางแก้ไข โดยทรงนำหลักการของหมู่บ้านมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน และพระราชทานชื่อบ้านว่า “โครงการทับทิมสยาม” (โครงการทับทิมสยาม 05 อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว, ม.ป.ป.)

โครงการทับทิมสยาม จังหวัดสระแก้ว มีประวัติความเป็นมาของพื้นที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือชาวกัมพูชาซึ่งหลบหนีภัยสงครามเข้ามาอาศัยอยู่ในเขตของประเทศไทย ตามบริเวณแนวชายแดน โดยรัฐบาลไทยได้ช่วยเหลือและจัดพื้นที่เปิดเป็นศูนย์อพยพตามแนวชายแดนตั้งแต่เมื่อปี พ.ศ. 2522 จนเมื่อเหตุการณ์สงบแล้ว และมีการส่งผู้อพยพกลับประเทศเรียบร้อยแล้ว จำเป็นต้องมีการฟื้นฟูพื้นที่ดังกล่าวเพื่อให้กลับสู่สภาพเดิม จนเมื่อครั้งที่สมเด็จพระเจ้าลูกเธอเจ้าฟ้าจุฬาภรณวลัยลักษณ์เสด็จฯ เยือนกองกำลังบูรพา เมื่อวันที่ 16 มกราคม 2536 ทางกองกำลังบูรพาจึงได้ทูลเกล้าฯ ถวายข้อมูลโครงการฟื้นฟูศูนย์อพยพ จำนวน 3 แห่ง เพื่อทรงพิจารณาสนับสนุนการดำเนินงานตามโครงการที่พระองค์ได้ทรงให้แนวทางการพัฒนา

พื้นที่หมู่บ้านตามแนวชายแดน พร้อมพระราชทานชื่อว่า “โครงการทับทิมสยาม” ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นยุทธศาสตร์ป้องกันประเทศตามแนวชายแดน รวมทั้งจะอนุรักษ์และยับยั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยจัดให้ราษฎรอยู่อาศัยทำกินเป็นหลักแหล่ง

หมู่บ้านทับทิมสยาม 05 แห่งนี้ ถือได้ว่าเป็นหมู่บ้านที่มีความโดดเด่นในเรื่องทรัพยากรธรรมชาติอันอุดมสมบูรณ์ ประชาชนมีอาชีพด้านเกษตร ทั้งเลี้ยงโคนม ปลูกพืชไร่ พืชสวน พืชผักครัวเรือนเป็นแหล่งรายได้หลัก โดยมีกิจกรรมสำคัญด้านเกษตรอีกประการหนึ่งคือ การปลูกสมุนไพรมูลึก โดยเริ่มจุดเริ่มต้นมาจากการสนับสนุนของสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ก่อนจะพัฒนาเติบโตเรื่อยมาจนเกิดการรวมกลุ่มทั้งในด้านการปลูก และการแปรรูป จากจุดเริ่มต้นที่มีสมาชิก 9 คน จนในปี พ.ศ. 2556 ได้มีการจดทะเบียนเป็นวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรรูปทับทิมสยาม 05 ดำเนินกิจกรรมรับซื้อ และแปรรูปสมุนไพรรูปสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยาแก้อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อและโรงพยาบาลอุบลราชธานี โดยสมุนไพรรูปที่ปลูกและแปรรูปส่วนใหญ่จะเป็น ขมิ้น ไพล ดอกอัญชัน รวงจืด เพชรสังฆาต มะระขี้นก กระตูดูกไก่อคา ฟ้าทะลายโจร เถาวัลย์เปียง บอระเพ็ด มะขามป้อม และ สเลดพังพอน

การบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรรูปทับทิมสยาม 05 ดำเนินการในรูปแบบคณะกรรมการ มีโครงสร้างการแบ่งงานและความรับผิดชอบตามความสามารถและความถนัดของสมาชิก โดยมีการรับสมัครสมาชิกและเปิดขายหุ้นแก่สมาชิกของหมู่บ้าน และมีการปันผลตอบแทนรายปีต่อหุ้นตามสัดส่วนการเติบโตของการดำเนินงาน

เป้าหมายสำคัญของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรรูปทับทิมสยาม 05 เน้นเรื่องการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อมุ่งพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนเป็นหลักตามเป้าหมายของการจัดตั้งหมู่บ้าน และการสนับสนุนของสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ที่มาตั้งแต่ต้น แม้ว่าในการดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ อาจประสบปัญหาในการจัดการที่เรียนรู้ลองผิดลองถูก แต่ก็ได้มีการนำบทเรียนต่าง ๆ มาพัฒนาและปรับปรุงในการดำเนินการกิจการของกลุ่มอย่างต่อเนื่อง ทำให้การดำเนินการในปัจจุบันมีความชัดเจนและดำเนินการได้อย่างเป็นรูปธรรมจนเป็นที่ยอมรับ และกลายเป็นแหล่งเรียนรู้ในการดำเนินการให้กับกลุ่มและชุมชนอื่น ๆ

ผลการวิเคราะห์สถานการณ์และศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรรูปทับทิมสยาม 05

1. กลุ่มไม่มีเงินทุนหมุนเวียน ทำให้ไม่มีเงินสำรองในการรับซื้อวัตถุดิบสมุนไพรรูป และการจ่ายค่าแรง ปัญหาในการขาดสภาพคล่องทางการเงินนี้ ทางกลุ่มจึงต้องทำการไปกู้ยืมธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์มาเป็นทุนรอนหมุนเวียน ซึ่งถือเป็นปัจจัยในการก่อสร้าง
2. ขาดความรู้ด้านการตลาด เนื่องจากในปัจจุบัน เป้าหมายของกลุ่มมีความสนใจเพียงเรื่องของการแปรรูปวัตถุดิบเพื่อนำส่งโรงพยาบาลในเครือข่ายเป็นหลัก จึงทำให้ไม่ได้เน้นการเพิ่มพูนความรู้และการขยายตลาดในอนาคต ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งในการเติบโต และการทำธุรกิจแบบพึ่งพาตนเองในอนาคตได้
3. ในการผลิตไม่มีระบบการวางแผนที่ชัดเจน ทำให้เกิดปัญหาในการดำเนินการแปรรูปให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการของผู้รับซื้อ ทำให้เกิดปัญหาที่เกี่ยวข้อง เช่น พื้นที่โรงตากไม่พอเมื่อมีปริมาณวัตถุดิบเข้ามาพร้อม ๆ กันจำนวนมาก
4. ความสนใจของสมาชิกชุมชนหมู่บ้านทับทิมสยาม 05 ที่ให้ความสนใจเข้าร่วมกลุ่มน้อย เพราะขาดความเชื่อมั่นเรื่องผลตอบแทนที่จะได้จากการเข้าร่วมโดยการซื้อหุ้น ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดประการต่อการเติบโตของกลุ่มแปรรูปในอนาคตได้
5. รายได้จากการปลูกและแปรรูปสมุนไพรรูปยังไม่สร้างแรงจูงใจที่เพียงพอแก่สมาชิกในชุมชนเป็นทางเลือกที่จะปรับเปลี่ยนอาชีพจากเกษตรกรรมอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตาม ปัญหานี้มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับการขาดสภาพคล่อง ซึ่งทำให้ทางกลุ่มไม่สามารถจ่ายเงินค่าวัตถุดิบสมุนไพรรูปให้แก่ผู้ปลูกและนำมาขายได้ในทันที ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการขายแรงจูงใจ

6. กรรมการและสมาชิกของกลุ่ม ไม่มีความรู้ทางการเงิน และการบัญชี ซึ่งถือเป็นการจัดทำข้อมูลสำคัญเพื่อการวางแผนการบริหารจัดการของกลุ่ม รวมทั้งเพื่อชี้แจงรายรับรายจ่ายให้กับสมาชิกของกลุ่มให้ทราบ อันเป็นปัจจัยสำคัญในเรื่องของความโปร่งใสในการบริหารจัดการ รวมทั้งการวางแผนการขยายกิจกรรมในอนาคต

เครือข่าย หรือปัจจัยภายนอกที่มีความเกี่ยวข้องกับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 อย่างยิ่งในหลายขั้นตอน โดยหน่วยงาน และองค์การที่มีความเกี่ยวข้องสำคัญ 3 หน่วยงาน ซึ่งเข้ามามีบทบาทต่าง ๆ กัน ได้แก่

1. **สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์** ถือเป็นหน่วยงานมีบทบาทสำคัญต่อพื้นที่หมู่บ้านทับทิมสยาม 05 มาตั้งแต่การเริ่มก่อตั้ง รวมถึงบทบาทในการส่งเสริมกิจกรรมด้านสมุนไพร จนนำไปสู่การก่อตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 ตามลำดับ

2. **โรงพยาบาลวังน้ำเย็น** โรงพยาบาลวังน้ำเย็น ถือว่าเป็นโรงพยาบาลต้นแบบการรักษาด้วยการแพทย์แผนไทยของประเทศ ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว โรงพยาบาลวังน้ำเย็นถือเป็นเครือข่ายแรกที่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 ได้เข้าไปเชื่อมต่อในฐานะเครือข่ายตั้งแต่แรกตั้งกลุ่มฯ โดยรับซื้อสมุนไพรเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตยาสมุนไพร ถือเป็นการแก้ปัญหาเรื่อง การขาดตลาดแก่การปลูกสมุนไพรในชุมชน ซึ่งเดิมเคยมีปัญหาการไม่มีตลาดรับซื้อวัตถุดิบที่แน่นอน

3. **มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร** มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร เป็นหน่วยงานภายใต้โรงพยาบาลที่ดำเนินกิจกรรมนำร่องเรื่องการแพทย์แผนไทยที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับในระดับประเทศ ตั้งอยู่ในจังหวัดปราจีนบุรี ปัจจุบันดำเนินการเป็นทั้งศูนย์รักษา ผลิตและจำหน่ายยาสมุนไพร และดำเนินการเผยแพร่ความรู้ผ่านพิพิธภัณฑ์ และศูนย์แสดงความรู้ยาแผนโบราณ ทั้งเพื่อจัดแสดงเครื่องมือแพทย์สมัยเก่าแก่ และเก็บรักษาตำรายาโบราณ ที่บันทึกตำหรับยาโบราณเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับการแพทย์แผนไทย และสมุนไพรครบวงจร

ผลจากการประชุมระดมความคิดร่วมกับผู้นำ และสมาชิกเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและสถานการณ์ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 ในปัจจุบัน

1. การวางแผนและการบริหารจัดการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 ควรมีการวางแผนตั้งแต่การวางแผนร่วมกับกลุ่มผู้ปลูกสมุนไพรในการกำหนดช่วงเวลาปลูกและเก็บเกี่ยวเพื่อทางกลุ่มแปรรูปฯ จะได้รับซื้อผลิตภัณฑ์ภายในช่วงเวลาที่เหมาะสมและนำไปสู่กระบวนการแปรรูปวัตถุดิบและนำส่งโรงพยาบาลฯ ต่อไป ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดปัญหาขาดแคลนวัตถุดิบในการแปรรูป หรือการเหลือค้างวัตถุดิบมากเกินไป

2. สมาชิกควรเพิ่มพูนความรู้ และหาข้อมูลในเรื่องการส่งเสริมการตลาดให้มากขึ้น โดยการเข้าร่วมฝึกอบรม หรือประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสนับสนุนและผลักดันสินค้าแปรรูปสมุนไพรต่าง ๆ ด้วยตัวเอง เช่น สบู่สมุนไพร ชาชง ยาคอม ยาหม่อง เป็นต้น นอกเหนือจากการแปรรูปวัตถุดิบสมุนไพรเพื่อส่งให้แก่ทางเครือข่ายโรงพยาบาลเท่านั้น

3. สมาชิกควรเพิ่มพูนความรู้ในด้านการทำบัญชี รายรับ-รายจ่าย และการเปิดเผยข้อมูลแก่สมาชิกกลุ่มฯ รวมทั้งการวางแผนเพื่อป้องกันความเสี่ยงในการดำเนินกิจกรรมของกลุ่มฯ เพื่อป้องกันความเสี่ยงทั้งที่สามารถเกิดขึ้นจากการดำเนินการ หรือความล้มเหลวที่เกิดจากข้อจำกัดทั้งภายใน และปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ปัญหาสภาพอากาศ หรือปัญหาทางเศรษฐกิจ เป็นต้น

4. สร้างการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนที่ชัดเจน และโปร่งใส ไม่ว่าจะการเปิดโอกาสให้สมาชิก ในชุมชนเข้ามามีบทบาทในฐานะคณะกรรมการบริหารวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 โดยมีการกำหนดวาระในการดำเนินการที่ชัดเจน เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วม และทัศนคติการมีความรับผิดชอบ รวมทั้งสร้างความรู้สึกร่วมกันเป็นเจ้าของกิจการร่วมกัน

5. พัฒนาระบบการปันผลกำไรที่ชัดเจน และไม่เกินตัว ซึ่งควรมีการจัดสรรรายได้ที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งเข้าเป็นกองทุนหมุนเวียนส่วนกลาง ทั้งเพื่อเป็นหลักประกัน และยังสามารถเป็นเงินทุนหมุนเวียนในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน รวมทั้งเป็นการลดภาระการกู้ยืมเงินจากภายนอกอีกด้วย

6. พัฒนาการระดมทุนจากภายนอก นอกเหนือจากการขอรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานราชการอย่างที่เป็นอยู่ ซึ่งอาจจะดำเนินการในรูปของการขายหุ้นแก่บุคคลภายนอก โดยทำการชี้แจงการมีส่วนร่วมในหุ้นที่ชัดเจน ซึ่งวิธีการแบ่งขายหุ้นให้คนนอกชุมชนในลักษณะนี้ ถือเป็น การสร้างการรับรู้แก่สังคมเป็นหลัก เพราะคนนอกที่มีโอกาสเข้ามาซื้อหุ้นเช่นนี้ ย่อมไม่ได้มุ่งหวังผลกำไร หรือการปันผลโดยตรงอยู่แล้ว แต่เน้นเป็นการให้การช่วยเหลือสนับสนุนชุมชนเป็นหลัก ซึ่งถ้าทางวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 สามารถดำเนินการได้อย่างเป็นระบบ จะมีแนวทางการระดมทุนซึ่งเติบโต และช่วยสนับสนุนกลุ่มได้อย่างมาก แต่การดำเนินการเช่นนี้ ทางวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 ต้องมีการดำเนินการเรื่องระบบบัญชีและการชี้แจงการเคลื่อนไหวทางการเงินเพื่อการรายงานที่ชัดเจน เป็นระบบ และโปร่งใสร่วมด้วย

7. พิจารณาหาการสร้างเครือข่ายภายนอกเพิ่มเติม ทั้งเพื่อการกระจายความเสี่ยงในการขายสินค้า รวมทั้งมีการคัดสรรและรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานที่เข้ามาประสานวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 อย่างเป็นระบบ เพื่อให้ทิศทางในการดำเนินการกิจกรรมเป็นไปอย่างสอดคล้อง

8. วัตถุประสงค์สมุนไพรที่เหลือใช้ หรือไม่ได้มาตรฐานในการแปรรูปเพื่อส่งขายเหลือจำนวนมาก ไม่อาจจะนำมาใช้ประโยชน์อื่นใดได้

จากการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างผู้วิจัย ผู้นำกลุ่ม และสมาชิกกลุ่มออกมาตามที่ปรากฏผลข้างต้น ทางผู้วิจัยจึงนำสู่การให้ผู้นำและสมาชิกคัดเลือกประเด็นที่เป็นจุดอ่อนสำคัญของกลุ่มจากข้อมูลวิเคราะห์ที่ออกมา ที่ประชุมฯ มีความเห็นร่วมกันว่า การส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพกลุ่มนั้น ต้องพัฒนาสิ่งที่กลุ่มและชุมชนยังขาด เสริมศักยภาพและความสามารถในการดำเนินการพัฒนางานที่จำเป็นได้ด้วยตัวเอง เพื่อให้สามารถทำงานและวางแผนเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประเด็นที่สมาชิกเห็นพ้องกันว่าเป็นประเด็นที่เป็นปัญหาที่ควรรีบดำเนินการ คือ

1. การเพิ่มความรู้ความสามารถด้านการทำบัญชี และการทำความเข้าใจเรื่องบัญชี เพราะในปัจจุบัน การจัดการด้านนี้จำกัดแค่ผู้ที่รับผิดชอบ ถ้าสมาชิกทุก ๆ คน มีความรู้ความเข้าใจที่ดีขึ้น นอกจากจะสามารถเพิ่มกำลังหลักในการช่วยดูแลงานด้านบัญชีแล้ว การที่สมาชิกมีความรู้ที่ถูกต้อง ยังเป็นประโยชน์ในการพัฒนาศักยภาพสมาชิกในการวางแผนในการดำเนินชีวิตด้วย

2. การจัดการกับเศษสมุนไพรเหลือใช้ จากการแปรรูปสมุนไพรของกลุ่มฯ ซึ่งในปัจจุบันก็ถูกกำจัดเป็นสิ่งที่ไร้มูลค่า ทางกลุ่มก็มีความสนใจที่จะนำมาต่อยอด ซึ่งเห็นพ้องต่อแนวทางที่เสนอสู่การพัฒนาทางนวัตกรรม เพราะสมาชิกจะได้ศึกษาแนวทางที่จะนำสมุนไพรไปต่อยอดด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้งยังเป็นการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมเสริมศักยภาพตามความต้องการ

การอบรมการบัญชีเบื้องต้น

ความเข้าใจในเรื่องการบัญชีนั้น ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ควรดำเนินการเพิ่มพูนความรู้ในด้านการทำบัญชี รายรับ-รายจ่าย และการเปิดเผยข้อมูลแก่สมาชิกกลุ่มฯ รวมทั้งการวางแผนเพื่อป้องกันความเสี่ยงในการดำเนินกิจกรรมของกลุ่มฯ เพื่อป้องกันความเสี่ยงทั้งที่สามารถเกิดขึ้นจากการดำเนินการ หรือความล้มเหลวที่เกิดจากข้อจำกัดทั้งภายใน และปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ปัญหาสภาพอากาศ หรือปัญหาทางเศรษฐกิจ เป็นต้น ทั้งยังเป็นการสร้างการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนที่ชัดเจน และโปร่งใส ไม่ว่าจะการเปิดโอกาสให้สมาชิกในชุมชนเข้ามามีบทบาทในฐานะคณะกรรมการบริหารวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 โดยมีการกำหนดวาระในการดำเนินการที่ชัดเจน เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วม และทัศนคติการมีความรับผิดชอบ รวมทั้งสร้างความรู้สึกร่วมกันเป็นเจ้าของกิจการร่วมกัน

ผู้วิจัยจึงได้มีการประสานงานผู้เชี่ยวชาญด้านการบัญชี คือ อาจารย์ธรรณภัทร ชีรณวณิช เข้ามาเป็นวิทยากรพิเศษในการอบรมแก่สมาชิกในกลุ่มและชุมชน โดยใช้แนวทางในการดำเนินการด้านการบัญชีเพื่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นแนวทางในการอบรม เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปดำเนินการได้จริง รวมทั้งได้พัฒนาศักยภาพของตนเองให้เป็นสมาชิกกลุ่มที่มีความสามารถและเข้าใจงานในด้านบัญชีเบื้องต้นได้

เนื้อหาในการฝึกอบรมแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่จัดอบรมแก่สมาชิกทุกคนที่เข้าร่วม โดยเป็นการสร้างความเข้าใจต่อระบบบัญชีเบื้องต้น เช่นการอ่านและเรียนรู้ค่าสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการบัญชีเบื้องต้น ความสำคัญในการดำเนินการด้านงานบัญชี

และในส่วนที่สอง เป็นการอบรมเข้มสำหรับผู้ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบด้านบัญชีโดยตรง โดยเป็นลักษณะของการให้คำปรึกษาในเนื้อหางานที่ดำเนินการเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงการปรึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ กับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพัฒนาระบบการบัญชีและการเงินให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ผลจากการฝึกอบรม โดยการประเมินผู้เข้าร่วมการอบรมด้วยการให้สะท้อนความคิดเห็นในการมาร่วมในการฝึกอบรมครั้งนี้ พบว่า สมาชิกทั้งหมดได้แสดงความคิดเห็นว่า ภายหลังจากการฝึกอบรม มีทัศนคติ และความเข้าใจต่อกระบวนการบัญชีมากยิ่งขึ้น วิทยากรสามารถถ่ายทอดข้อมูลให้เข้าใจได้โดยงาน และไม่รู้สึกร่างงานด้านบัญชีเป็นกิจกรรมที่เกินความสามารถในการเรียนรู้อีกต่อไป

ส่วนสมาชิกซึ่งรับผิดชอบในการดำเนินการด้านบัญชี ซึ่งได้เข้าร่วมกระบวนการปรึกษาและหารือข้อปัญหาในการดำเนินการ แสดงความคิดเห็นว่า การฝึกอบรมลักษณะนี้ ช่วยให้สมาชิกมีความเข้าใจถึงบทบาทหน้าที่ของผู้ที่รับผิดชอบงานบัญชีมากขึ้นว่ามีความยุ่งยากและเหน็ดเหนื่อยเพียงใด ซึ่งเป็นผลดีต่อการปฏิบัติงานของตน ตลอดจนการที่สมาชิกมีความเข้าใจต่อเนื้อหาบัญชีเบื้องต้น จะช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้ที่รับผิดชอบงาน กับสมาชิกเป็นไปได้โดยสะดวกขึ้น

การอบรมการมัดย้อมผ้าจากสมุนไพรเหลือใช้ เพื่อพัฒนาผ้าทอลูกประคบ

จากการสำรวจความต้องการของหมู่บ้านทับทิมสยาม 05 จังหวัดสระแก้วในการร่วมหาแนวทางเพื่อจัดการต่อสมุนไพรเหลือใช้จากการแปรรูป และสำรวจต่อลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน จนนำไปสู่การวิเคราะห์ร่วมกันว่า ผลิตภัณฑ์ลูกประคบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคล้ายคลึงกันในทุก ๆ ที่ที่ผลิต ดังนั้นแล้ว ถ้าสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกประคบของหมู่บ้านทับทิมสยาม 05 มีความแตกต่าง ย่อมดึงดูดใจแก่ผู้ซื้อ จึงดำเนินการจัดอบรมการมัดย้อมผ้าจากสมุนไพรเหลือใช้ และการพัฒนาผ้าทอลูกประคบ โดยเป็นการนำเอาสมุนไพรที่เหลือใช้มาสกัดเป็นสีย้อมธรรมชาติ เพื่อย้อมผ้าทอลูกประคบให้มีลวดลายและสีอันอ่อนเป็นเอกลักษณ์ โดยเชิญวิทยากรคือ อาจารย์ณิคนิน ไพรวรรณรัตน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านงานสร้างสรรค์จากคณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มาทำการอบรมการสกัดสีและย้อมทั้งรูปแบบร้อนและเย็น โดยใช้สมุนไพรในหมู่บ้านทับทิมสยาม 05 ที่มีแนวโน้มให้สี คือ ข่าไก่ดำ ว่านหอมแดง อัญชัน พักข้าว ไพล และขมิ้น และสอนเทคนิคการมัดย้อม โดยใช้อุปกรณ์ที่หาง่ายในชุมชน และง่ายต่อการทำผ้ามัดย้อม ผสมผสานเทคนิค 2 เทคนิคเข้าด้วยกันใน 1 ลวดลายคือ เทคนิคการพับแล้วหนีบ และเทคนิคการมัด ทำให้เกิดลวดลายที่ผู้เข้าอบรมสามารถฝึกฝนและนำไปต่อยอดได้เองโดยไม่ยากนัก

ผลจากการฝึกอบรมเพื่อเสริมศักยภาพในครั้งนี้ โดยการประชุมกลุ่มสรุปความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมพบว่า กิจกรรมนี้ช่วยสร้างแรงบันดาลใจในการดำเนินงานหัตถกรรมเพิ่มมากขึ้น โดยมีความเข้าใจและตระหนักถึงศักยภาพและทุนที่กลุ่มมีเพิ่มมากขึ้น มีความคิดสร้างสรรค์ และมีความใส่ใจในการพัฒนาตัวเอง รวมทั้งพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มให้มีความแตกต่างหลากหลาย และเชื่อมั่นในความสามารถของตนมากขึ้น

5. สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาศักยภาพกลุ่มเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชน ภูมิศึกษา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปสมุนไพรทับทิมสยาม 05 จังหวัดสระแก้ว ในครั้งนี้ ถือเป็น การวิจัยปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วมร่วมกับชุมชนในการสนับสนุนและพัฒนาศักยภาพกลุ่มเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชน การสำรวจข้อมูล และการสรุปผลสิ่งที่ชุมชนต้องการดำเนินการ เพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเพิ่มศักยภาพ ตลอดจนช่วยสร้างวิถีชีวิตต่อการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืนในอนาคต ดังจะเห็นได้ว่า การประชุมกลุ่ม การสรุปข้อมูลร่วมกัน จนนำไปสู่การจัดอบรมเสริมศักยภาพนั้น ไม่เพียงแต่เป็นการเสริมแรงให้แก่สมาชิกทางตรง ทั้งความรู้และทักษะ แต่ส่งเสริมกระบวนการคิดทบทวนเกี่ยวกับการดำเนินการการแปรรูปสมุนไพรของกลุ่มตัวเอง ดังเช่น การพบและตระหนักว่าสมุนไพรที่สูญเสียไประหว่างแปรรูปที่ไม่สามารถนำมาสู่ขั้นตอนอื่น ๆ ได้ และต้องเหลือทิ้งมีจำนวนมาก ล้วนแล้วแต่เป็นต้นทุน ข้อมูลที่ได้ค้นพบในเรื่องหนึ่ง จึงส่งผลต่อการพัฒนาและสนับสนุนกิจกรรมในอีกเรื่องอย่างต่อเนื่อง คือ การจัดอบรมเพื่อเพิ่มมูลค่าแก่สมุนไพรที่เหลือใช้ของกลุ่ม และเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่สินค้าสมุนไพรที่ทางกลุ่มผลิตโดยการใช้งานหัตถกรรมเสริมเข้าไป โดยนำเอาสมุนไพรมาจัดทำเป็นสีย้อม เพื่อมัดย้อมผ้าสำหรับการทอลูกประคบ เพื่อสร้างความแตกต่างและเพิ่มสีสันจากสมุนไพรซึ่งเป็นทุนที่สำคัญของพื้นที่ เป็นต้น กล่าวได้ว่า การส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพกลุ่มที่สอดคล้องกับความต้องการของสมาชิกเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนในครั้งนี้ ไม่เพียงแต่เป็นไปสนับสนุนองค์ความรู้แต่เพียงฝ่ายเดียวของผู้วิจัย แต่ยังบรรลุต่อการสร้างกระบวนการคิด และเสริมศักยภาพในการวิเคราะห์ อันเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาชุมชน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนในครั้งนี้จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืนต่อไปในอนาคตแม้งานวิจัยนี้จะเสร็จสิ้นลงแล้ว

6. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการพัฒนากลุ่มและเครือข่ายชุมชนเพื่อสนับสนุนเครือข่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนในกลุ่มจังหวัดเศรษฐกิจพิเศษสู่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนและการพัฒนาเป็นเมืองท่องเที่ยว ภูมิศึกษาจังหวัดสระแก้วและจังหวัดตราด ภายใต้แผนงานบูรณาการเพื่อเพิ่มศักยภาพงานหัตถกรรมของกลุ่มจังหวัดเศรษฐกิจพิเศษแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนและการพัฒนาเป็นเมืองท่องเที่ยว ภูมิศึกษาจังหวัดสระแก้วและจังหวัดตราด (ผศ. คณิน ไพรวรรณรัตน์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นหัวหน้าแผนงาน)

7. เอกสารอ้างอิง

โครงการทับทิมสยาม 05 อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว. (ม.ป.ป.) สืบค้นจาก

<http://www.sakaeo.go.th/royalproject/tubtim05.html>

เจณิภา คงอิม. (2561). การดำเนินงานของผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนนทบุรี. *วารสารมนุษยศาสตร์และ*

สังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ราชพฤกษ์. 4(1), 156-170.

ฐานันท์ ตั้งจุฑาภิบาล รัชมนต์ คาศรี, พาฝัน รัตนะ และ ไอริน สกุกศักดิ์. (2559). ศึกษาศักยภาพการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน

กลุ่มผ้าทอนาหมื่นศรี จังหวัดตรัง. ใน *การประชุมมหาดไทยวิชาการระดับชาติครั้งที่ 7* (น.1326-1334).

มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, สงขลา.

นฤเบศ เลขกลาง. (2557). แนวทางการพัฒนากลุ่มอาชีพทอผ้าฝ้ายและตัดเย็บ บ้านโคกสูง ตำบลเขียงยืน อำเภอเขียงยืน

จังหวัดมหาสารคาม. *การประชุมวิชาการการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557* (น.177-182).

มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

- บริติช เคานซิล. (2015). *กิจการเพื่อสังคมในสหราชอาณาจักร การพัฒนาสู่ภาคกิจการเพื่อสังคมที่เติบโต*. จาก https://www.britishcouncil.or.th/sites/default/files/kicckhaarephuuesangkhmainshraachaanaacchakr_final.pdf
- รัชดา ภัคดียิ่ง. (2563). *การพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดขอนแก่น*. *Journal of Buddhist Education and Research*. 6(1), 175-189.
- วรรณวิไล สนิทผล. (2561, 1 สิงหาคม). *จ.สระแก้ว จัดประกวดชุมชนท่องเที่ยว OTOP นวัตวิถีระดับจังหวัด ได้ 2 หมู่บ้าน เพื่อคัดเลือกในระดับประเทศแล้ว*. สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์. สืบค้นเมื่อ 11 เมษายน 2562 จาก http://thainews.prd.go.th/th/website_th/news/news_detail/WNSOC6108310010082
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายสมุนไพรแห่งชาติ กองวิชาการและแผนงาน กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก (2560). *ยุทธศาสตร์การพัฒนาเมืองสมุนไพร (Herbal City)*. สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2562 จาก <https://nph.dtam.moph.go.th/index.php/news-nph/download-document-nph/119-herbal-city>
- สำนักสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคมแห่งชาติ. (2553). *แผนแม่บทสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคม พ.ศ.2553-2557*. กรุงเทพฯ: สำนักสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคมแห่งชาติ.

การศึกษาการไพโรไลซิสชีวมวลเพื่อผลิตไบโอชาร์ด้วยน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

ปราณต์ เมฆอากาศ¹, วิลาสินี ศรีสุวรรณ², สิทธิกฤต เหล็กพูล³, จริญญา คนแรง⁴, ปรศักดิ์ งามสมภาค⁵,
กมลชนก สว่างศิลป์⁶, กิตติภพ เพ็ชรเม็ด⁷, นงนุช ศรีเล็ก^{8*}

^{1,2,3,4,8} โปรแกรมวิทยาศาสตรกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
เลขที่ 80 ถนนพหลโยธิน อ.เมืองเชียงราย จ.เชียงราย รหัสไปรษณีย์ 57100

^{5,6,7} สำนักงานพลังงานจังหวัดเชียงราย ถนนนศุภราชราชการ ศูนย์ราชการกรมโยธาธิการ ด.ริมกก อ.เมืองเชียงราย จ.เชียงราย 57100

*Email : k_nongnoot@hotmail.com, 0863383098

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการผลิตไบโอชาร์จากชีวมวล 2 ชนิด คือ เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง และกะลากาแฟ จากพื้นที่ศึกษาในจังหวัดเชียงรายจำนวน 10 แห่ง ซึ่งเป็นชีวมวลมีศักยภาพในแง่ผู้ประกอบการในพื้นที่สนใจพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่ามากขึ้น ด้วยเทคโนโลยีไพโรไลซิส โดยใช้น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (Waste lubricating oil, WLO) ประเภทน้ำมันหล่อลื่นยานยนต์ เป็นพลังงาน ผลการศึกษา ประกอบด้วย ค่าความร้อนสูงของไบโอชาร์ (Higher heating value) ผลได้เชิงมวล (Mass yield) ผลได้เชิงพลังงาน (Energy yield) เป็นต้น ค่าความร้อนของเมล็ดกาแฟคั่วทั้ง และไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง มีค่าความร้อน เป็น 18.40 และ 29.16 MJ/kg ตามลำดับ กะลากาแฟและไบโอชาร์-กะลากาแฟ มีค่าความร้อนเป็น 16.83 และ 25.52 MJ/kg ตามลำดับ ผลได้เชิงมวลสำหรับไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง และไบโอชาร์-กะลากาแฟ เป็น 40.00 % และ 33.33 % ตามลำดับ ผลได้เชิงพลังงานไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง เป็น 63.39 % และ 50.54 % สำหรับกรณีของไบโอชาร์-กะลากาแฟ โดยอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา (Reaction temperature) เป็น 400 °C และระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาเป็น 120 min และอัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็น 0.3 L/min

คำสำคัญ ชีวมวล, ไบโอชาร์, น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว, ไพโรไลซิส

Study the Biochar Production via Biomass Pyrolysis using Waste Lubricating Oil

Pran Makarkard¹, Wilasinee Srisuwan², Sitthikrit Leckpool³, Jarun Khonrang⁴, Porrasak Ngamsompark⁵,
Kamolchanok Sawangsill⁶, Kittiphop pedmed⁷, Nongnoot Srilek^{8*}

^{1,2,3,4,8} Energy Engineering and Electrical Technology Program, Faculty of Industrial Technology,
Chiang Rai Rajabhat University, 80 Phaholyotin Rd. Muang Chiang Rai, Thailand, 57100

^{5,6,7} Provincial Energy of Chiang Rai, Chiang Rai Province, Rimkok Sub-district, Muang Chiang Rai, Thailand, 57100

*Email : k_nongnoot@hotmail.com, 0863383098

Abstract

This study explores biochar production using 2 biomass, including waste coffee bean and parchment coffee from ten areas of Chiang Rai province. Both wastes of coffee have the potential to entrepreneurs' interest to the value products. The pyrolysis technology using the automotive waste lubricating oil (WLO) was investigated to convert to thermal energy. The study includes higher heating value, mass yield, and energy yield. The higher heating value of waste coffee bean and waste coffee bean biochar are 18.40 and 29.16 MJ/kg respectively. The higher heating value of parchment coffee and parchment coffee biochar are 16.83 and 25.52 MJ/kg respectively. The mass yield of the waste coffee bean biochar and parchment coffee biochar are 40.00 % and 33.33 % respectively. The energy yield of waste coffee bean biochar is 63.39 % and 50.54 % for parchment coffee biochar. The pyrolysis conditions are 400 °C of reaction temperature and 120 min of reaction time. The flow rate of WLO is 0.3 L/min

Keywords: Biomass, Biochar, Used Lubricating oil, Pyrolysis

1. บทนำ

โมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy; BCG) เกิดจากการนำแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงบูรณาการกับแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศโดยกิจกรรมทางเศรษฐกิจนั้นมีลักษณะที่เกื้อหนุนความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โมเดลเศรษฐกิจ BCG ประกอบด้วยเศรษฐกิจฐานชีวภาพ (Bio economy) คือ การนำองค์ความรู้ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมาพัฒนาต่อยอดต้นทุนความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าและความมั่นคงทางเศรษฐกิจ เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) คือ การหมุนเวียนปัจจัยการผลิตเพื่อลดความเสื่อมโทรมของทรัพยากร มลพิษและของเสียภายใต้แนวคิดการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเศรษฐกิจสีเขียว (Green economy) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล (เส่งี่ยม บุญพัฒน์ และ อวรรธณ บุญพัฒน์, 2566) ในด้านเศรษฐกิจหมุนเวียนซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้คุ้มค่าเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรโดยการใช้ซ้ำ ใช้ซ้ำ นำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับหมุดหมายการพัฒนา หมุดหมายที่ 10 ไทยมีเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอน ซึ่งเป็นมิติด้านความยั่งยืนของทรัพยากร (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 พ.ศ.2566-2570, 2565) จากการดำเนินกิจกรรม การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและการจัดการขยะ เพื่อให้ความรู้ด้านชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นกิจกรรมร่วมกันระหว่างสำนักงานพลังงานจังหวัดเชียงราย และ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ให้กับกลุ่มเป้าหมายจากหน่วยงานต่าง ๆ ในจังหวัดเชียงราย ในระยะที่หนึ่งดำเนินการจำนวน 10 หน่วยงาน ได้แก่ เทศบาลตำบลดงมะดะ อ.แม่ลาว เทศบาลตำบลป่าอ้อดอนชัย อ.เมืองเชียงราย เทศบาลตำบลม่วงยาย อ.เวียงแก่น เทศบาลตำบลห้วยจ้าว อ.เวียงแก่น องค์การบริหารส่วนตำบลริมโขง อ.เชียงของ องค์การบริหารส่วนตำบลแม่ลอย อ.เทิง เทศบาลตำบลห้วยซ้อ อ.เชียงของ เทศบาลตำบลบุญเรือง อ.เชียงของ เทศบาลตำบลโยนก อ.เชียงแสน และองค์การบริหารส่วนตำบลแม่สองนอก อ.แม่ฟ้าหลวง นั้น พบว่า มีชีวมวลหลากหลายชนิดในแต่ละพื้นที่ ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ ผลสั้คัดทิ้ง กิ่งสั้คัดทิ้ง กิ่งลำไย กิ่งเงาะ กิ่งลองกอง กิ่งมะม่วง กิ่งส้ม กิ่งยางพารา ลูกยางพารา กิ่งลิ้นจี่ เปลือกมะขาม เปลือกหอมแดง เมล็ดกาแฟคั่วทิ้ง กะลากาแฟ ชังข้าวโพด ต้นมัน กะลามะพร้าว เปลือกโกโก้ แกลบ ไม้ไผ่ ต้นหม่อน และพบว่าชีวมวลที่มีศักยภาพในแง่ผู้ประกอบการในพื้นที่สนใจพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่ามากขึ้น คือ เมล็ดกาแฟคั่วทิ้ง และกะลากาแฟ โดยนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนี้มาผลิตเป็นไบโอชาร์ (Biochar) เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในรูปเชื้อเพลิงแข็งให้ความร้อนในครัวเรือน ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งหรือถ่านอัดแท่ง (Briquette) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนโดยใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเศรษฐกิจสีเขียวที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชน อันเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล ทั้งนี้ ในจังหวัดเชียงรายมีเนื้อที่เพาะปลูกกาแฟทั้งหมด 17,428 ไร่ มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 16,138 ไร่ มีผลผลิตทั้งสิ้น 6,806 ตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 422 กิโลกรัมต่อไร่ (นิตยา บัตรีวิเศษ และคณะ, 2561)

อย่างไรก็ดี ของเสียในรูปแบบอื่น ที่เกิดจากบ้านเรือน ชุมชน การขนส่ง อุตสาหกรรม เช่น น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว น้ำมันพืชใช้แล้ว ก็อาจสามารถดึงความร้อนที่ยังคงเหลืออยู่ (Energy recovery) โดยนำมาเผาไหม้ซ้ำ เพื่อผลิตพลังงานทดแทนได้อีกทางหนึ่ง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oil) เป็นน้ำมันที่ใช้เคลือบช่องว่างระหว่างผิวสัมผัส เพื่อลดความเสียดทานและการสึกหรอ นอกจากนี้ยังช่วยระบายความร้อน ถ่ายทอดกำลัง ทำความสะอาดคราบเขม่าและเศษโลหะที่เกิดจากการสึกหรอ น้ำมันหล่อลื่นสามารถจำแนกได้เป็น 5 กลุ่มคือ น้ำมันหล่อลื่นสำหรับยานยนต์ (Automotive oils) น้ำมันหล่อลื่นสำหรับอุตสาหกรรม (Industrial oils) ไข (Greases) สารหล่อเย็นในงานอุตสาหกรรมแปรรูป ขึ้นรูปเหล็กซึ่งรวมถึงของเหลวป้องกันกันฝุ่นก่อน

(Metalworking fluids) และ น้ำมันหล่อลื่นในกระบวนการผลิต (Process oils) (Mang & Dresel, 2007) น้ำมันหล่อลื่นประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด คือ น้ำมันพื้นฐาน (Base oil) และสารเติมแต่ง (Additives) เมื่อใช้ไประยะหนึ่งแล้วประสิทธิภาพก็จะลดลงอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารเติมแต่งที่หลากหลายทั้งทางด้านกายภาพและเคมี (Aljabiri, 2018) น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (Waste lubricating oil, WLO) มีสิ่งปนเปื้อนมาก มักประสบปัญหาในการกำจัด หากมีการจัดการการบำบัด และการกำจัดที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลแง่ลบกับสภาพแวดล้อมและชีวิตมนุษย์ การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) จึงเป็นผลดีอย่างมากทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อม (Parekh et.al, 2022) การนำกลับมาใช้ใหม่สามารถจำแนกเทคโนโลยีเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 ประเภท คือ การทำให้บริสุทธิ์อีกครั้ง (Re-refining) และ การเผาไหม้เพื่อผลิตความร้อนโดยตรง (Burning) ได้แก่ Thin film evaporator (TFE), Pyrolytic distillation method (PDM), Membrane technology, Pyrolysis process (PP), เทคโนโลยีร่วม เช่น TFE และ Solvent finishing, TFE และ Clay finishing, TDA with hydrofinishing, และ Clay finishing (Bridjanian & Sattarin, 2006)

การศึกษาการใช้ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วโดยดิงพลังงานกลับมาใช้ใหม่ด้วยการเผาไหม้ตรง เช่น การเผาไหม้ร่วมระหว่าง น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและก๊าซแอลพีจี (Al-Omari, 2008) การศึกษาการไพโรไลซิสร่วมกับการใช้ข่างรถยนต์ (Uçar et al, 2005) ไพโรไลซิสซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อนที่ให้ความร้อนและย่อยสลายองค์ประกอบของวัสดุให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นเชิงพลังงานเพิ่มขึ้น (Energy –dense products) เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงถึง 300-1,000 °C ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น (Lam et al, 2016) มีการนำซังข้าวโพดผ่านกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าในระดับปฏิบัติการและไพโรไลซิสแบบเคลื่อนที่ โดยในระดับปฏิบัติการศึกษาที่อัตราการให้ความร้อน 10 °C/min อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยา 480 °C เป็นระยะเวลา 15 min ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนที่มีอัตราการไหล 1.5 L/min และไพโรไลซิสแบบเคลื่อนที่ ที่อัตราการให้ความร้อน 2 °C/min อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยา 380 °C เป็นระยะเวลา 190 min (Srilek and Aggarangsi, 2021) อัตราการไหลของอากาศและอัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วกลุ่มเบนซินและดีเซลในการเผาไหม้ภายในระบบหัวเผาด้วย Response surface methodology (RSM) (Makworo et al., 2022) การศึกษาเบื้องต้นของอัตราการไหลของอากาศ และอัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิระหว่างการเผาไหม้สูงถึง 900 °C (Silaban et al., 2024) จากรายงานการศึกษาค่าความร้อน (Calorific value) ของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีค่าสูงถึง 42.53 MJ/kg (Makworo et al., 2022) สามารถดิงพลังงานที่ยังคงมีอยู่กลับมาใช้ใหม่ได้ (Energy recovery) อีกทั้งเป็นการจัดการปริมาณของเสีย (Waste management) ประหยัดต้นทุน (Cost saving) และเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า อย่างไรก็ตาม การนำ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมาใช้ซ้ำด้วยวิธีการใด ควรคำนึงถึงคุณภาพ (Quality) การปลดปล่อยสาร (Emission) และกฎข้อบังคับ (Regulatory) ต่าง ๆ (Silaban et al., 2024)

การผลิตไบโอชาร์ในระดับชุมชน สามารถผลิตได้โดยใช้เทคโนโลยีทอริแฟกชัน และเทคโนโลยีไพโรไลซิส ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ศึกษาการทอริแฟกชันชีวมวลที่หลากหลายชนิด ได้แก่ กิ่งลำไย (พรไพลิน ใจหมั่น และคณะ, 2566; อัญชมา อุประกุล และ นงนุช ศรีเล็ก, 2564) ซังข้าวโพด (นงนุช ศรีเล็ก และคณะ, 2565) โดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง และ เมล็ดคาแฟคัตติ้ง โดยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง (อภินันท์ ยนทะวงศ์ และคณะ, 2566) เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง ให้กับวิสาหกิจชุมชน ซึ่งคณะผู้วิจัยเห็นว่าหากวิสาหกิจชุมชนสามารถผลิตไบโอชาร์ โดยใช้ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วซึ่งสามารถจัดหาได้ในชุมชนมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ก็จะเป็นการใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาการผลิตไบโอชาร์จากชีวมวลที่มีศักยภาพในพื้นที่ศึกษาด้วยเทคโนโลยีไพโรไลซิส โดยใช้ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (Waste lubricating oil, WLO) ประเภทน้ำมันหล่อลื่นยานยนต์ เป็นพลังงาน และทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานด้านความร้อนของไบโอชาร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่เป้าหมาย ประกอบด้วย 10 หน่วยงานในจังหวัดเชียงราย ได้แก่

(1) ทต. บลตงมะตะ อ.แม่ลาว (2) ทต. ป่าอ้อดอนชัย อ.เมืองเชียงราย (3) ทต. ม่วงยาย อ.เวียงแก่น (4) ทต. หล่ายวาง อ.เวียงแก่น (5) อบต. ริมโขง อ.เชียงของ (6) อบต.แม่ลอย อ.เทิง (7) ทต. ห้วยซ้อ อ.เชียงของ (8) ทต. บุญเรือง อ.เชียงของ (9) ทต. โยนก อ.เชียงแสน และ (10) อบต. แม่สลองนอก อ.แม่ฟ้าหลวง

3.2 วัสดุ ซิวมวลที่ใช้ในการทดสอบ 2 ชนิด คือ เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง และกะลากาแฟ โดยใช้ปริมาณต่อครั้ง 500 g และ 300 g ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว เป็นน้ำมันหล่อลื่นจากยานยนต์ (Automotive oil) จัดหาจากร้านซ่อมรถยนต์ในชุมชน และกรองเศษวัสดุของแข็งปนเปื้อนออก



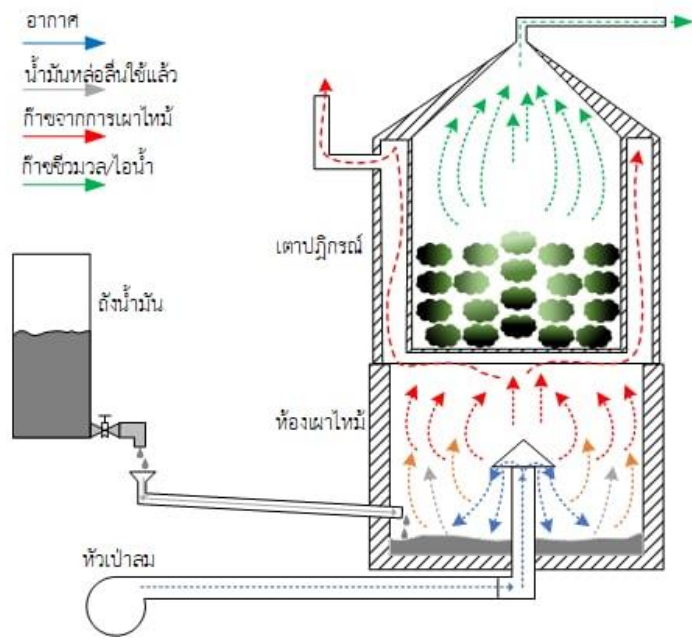
(ก) เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง



(ข) กะลากาแฟ

รูปที่ 1 ซิวมวลที่ใช้ทดสอบ (ก) เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง (ข) กะลากาแฟ

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและเตาสำหรับการเผาไหม้ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ดังรายละเอียดต่อไปนี้ เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส เป็นเตาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 inch สูง 16 inch โดยห้องบรรจุชีวมวลมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 inch สูง 9 inch ด้านบนมีฝาครอบและท่อนำก๊าซที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสออกไป มีจุดตรวจวัดอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาบริเวณฝาครอบด้านบนดังรูปที่ 2 ส่วนที่ 2 เตาสำหรับการเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่น แบ่งเป็นส่วนหัวเผา ส่วนเติมเชื้อเพลิงน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว และส่วนป้อนอากาศด้วยหัวเป่าลม



(ก) แผนภาพเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและระบบการเผาไหม้



(ข) เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและระบบการเผาไหม้
รูปที่ 2 อุปกรณ์ผลิตไบโอชาร์ด้ายน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

3.4 วิธีการวิจัย นำวัสดุชีวมวลเมล็ดกาแฟตามปริมาณข้างต้นใส่ในเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส ปิดให้สนิท ด้วยซิลิโคนทนความร้อนและยึดห้องเผาไหม้กับฝาครอบเข้าด้วยกันด้วยน็อตไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไป ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลเพื่อบันทึกอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา และระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา เติมน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและเปิดวาล์วให้ไหลลงในห้องเผาไหม้และปิดวาล์ว เริ่มต้นให้ความร้อนด้วยการใช้กระดาษทิชชู จนน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเริ่มระเหยและติดไฟแล้วจึงเติมอากาศด้วยการเปิดหัวเป่าลมอย่างช้า ๆ สังเกตว่ามีการติดไฟอย่างต่อเนื่อง จากนั้นเปิดวาล์วน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วอย่างช้า ๆ เติมน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าอย่างต่อเนื่อง อัตราการไหลของอากาศเป็น $40 \text{ m}^3/\text{h}$ และอัตราการเติมน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว $0.3\text{-}1.5 \text{ L}/\text{min}$ (Silaban et al., 2024) จากนั้นใช้เตาไพโรไลซิสวางบนแท่นเหนือห้องเผาไหม้ บันทึกอุณหภูมิภายในห้องที่เกิดปฏิกิริยา และระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา ตั้งแต่เริ่มต้นและเมื่อพบว่า

อุณหภูมิเริ่มคงที่ และคงที่ต่อเนื่องไปอีก 120 min ซึ่งนับเป็นอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา จากนั้นหยุดให้ความร้อนและทิ้งไว้ให้อุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงเปิดเตาไพโรไลซิส เก็บไบโอชาร์ซึ่งน้ำหนักและเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิทเพื่อนำไปทดสอบต่อไป ทำเช่นเดียวกันสำหรับชีวมวลกะลาแกแพ

3.5 การทดสอบ ชีวมวลและไบโอชาร์ ทดสอบ ค่าความร้อน (Higher heating value, HHV) ด้วย Calorimeter รุ่น Parr 6400 ผลได้เชิงมวล (Mass yield) และผลได้เชิงพลังงาน (Energy yield) น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ทดสอบ การสังเกตลักษณะสี ค่าความเป็นกรดต่าง ความหนืดวัดด้วย Viscometer รุ่น NDJ-8S ก๊าซวิเคราะห์จากการเผาไหม้ อุณหภูมิการเผาไหม้ (Flame temperature) อุณหภูมิก๊าซจากการเผาไหม้ (Flue gas temperature) ด้วยเครื่องมือ Flue gas analyzer รุ่น testo 300

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการผลิตไบโอชาร์ด้วยน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว เป็นดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ใช้ศึกษา ผลวิเคราะห์การเผาไหม้ และอุณหภูมิเปลวไฟ

รูปที่ 3 แสดงการทดสอบคุณสมบัติกายภาพและการเผาไหม้ของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่นำมาทดสอบ พบว่า มีสีน้ำตาลเข้ม การออกซิเดชันของน้ำมันหล่อลื่น ทำให้น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วมีเข้มน้ำขึ้น ค่อนไปทางสีดำ ค่าความเป็นกรดสูง (Acid value) ซึ่งทำให้เกิดการตกตะกอน มีกลิ่นฉุน มีปริมาณน้ำเจือปน ความหนืดเพิ่มขึ้น (Anisuzzaman, et.al., 2019) การศึกษาที่อัตราการไหลของอากาศเป็น 10 m³/h และอัตราการเติมน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว 0.3 L/min (Silaban et al., 2024) พบว่า อุณหภูมิที่ใช้เผาไหม้ (Flame temperature) เป็น 900 °C และ อุณหภูมิก๊าซจากการเผาไหม้ (Flue gas temperature) เป็น 660 °C ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1



(ก) ลักษณะกายภาพน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ข) การวัดค่าความหนืด (ค) การตรวจวัดการเผาไหม้

รูปที่ 3 ลักษณะกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและผลการเผาไหม้

ตารางที่ 1 คุณสมบัติกายภาพน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ก๊าซจากการวิเคราะห์การเผาไหม้ และอุณหภูมิเปลวไฟ

รายการศึกษาคุณสมบัติกายภาพน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว	ผลการศึกษา
คุณสมบัติกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว	
สี	น้ำตาลเข้ม
ความหนืด (mPa.s) (Spindle #1, speed 30 rpm)	98.5
ก๊าซจากการวิเคราะห์การเผาไหม้	CO ₂ 3.49 %, O ₂ 21.0%
อุณหภูมิที่ใช้เผาไหม้ (Flame temperature)	900 °C
อุณหภูมิก๊าซจากการเผาไหม้ (Flue gas temperature)	660 °C

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนของชีวมวลและไบโอชาร์

การวิเคราะห์ค่าความร้อนของชีวมวลและไบโอชาร์จากการไพโรไลซิสด้วยน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วย Calorimeter พบว่า ค่าความร้อนมีค่าแตกต่างกันตามชนิดชีวมวล โดยชีวมวล เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง และไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง มีค่าความร้อนเป็น 18.40 และ 29.16 MJ/kg ตามลำดับ ซึ่งค่าความร้อนเพิ่มขึ้น 58.47 % สำหรับกะลากาแฟ และไบโอชาร์-กะลากาแฟ มีค่าความร้อนเป็น 16.83 และ 25.52 MJ/kg ตามลำดับ ซึ่งค่าความร้อนเพิ่มขึ้น 51.63 % ไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคั่วทั้งมีผลได้เชิงมวลเป็น 40.00 % และผลได้เชิงพลังงานเป็น 63.39 % สำหรับไบโอชาร์-กะลากาแฟมีผลได้เชิงมวลเป็น 33.33 % และผลได้เชิงพลังงานเป็น 50.54 % แสดงดังตารางที่ 2

การคำนวณผลได้เชิงมวล และผลได้เชิงพลังงาน เป็นตามสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$\text{ผลได้เชิงมวล (Y}_m\text{) (\%)} = \frac{\text{Mass of Pyrolyzed biomass}}{\text{Mass of biomass}} * 100 \quad (1)$$

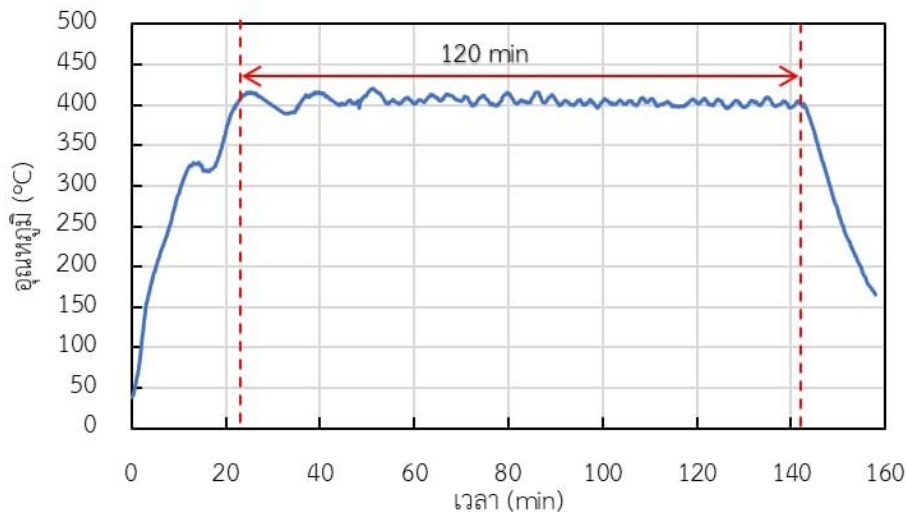
$$\text{ผลได้เชิงพลังงาน (Y}_e\text{) (\%)} = \left[\frac{\text{HHV of Pyrolyzed biomass}}{\text{HHV of biomass}} * \text{Mass yield} \right] \quad (2)$$

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาค่าความร้อน (Higher heating value, HHV) ปริมาณผลได้เชิงมวล (Mass yield, Y_m) และปริมาณผลได้เชิงพลังงาน (Energy yield, Y_e)

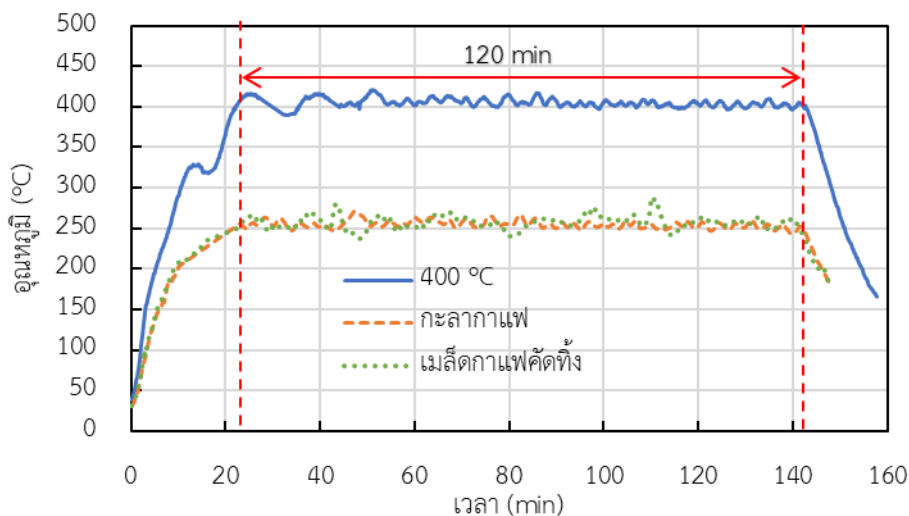
ชีวมวล/ไบโอชาร์	คุณสมบัติที่ศึกษา		
	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ผลได้เชิงมวล (Y _m , %)	ผลได้เชิงพลังงาน (Y _e , %)
ชีวมวล - เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง	18.40	-	-
ชีวมวล - กะลากาแฟ	16.83	-	-
ไบโอชาร์ - เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง	29.16	40.00	63.39
ไบโอชาร์ - กะลากาแฟ	25.52	33.33	50.54

4.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา

ผลการศึกษาของอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาในเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว เพื่อผลิตไบโอชาร์จากชีวมวล เมล็ดกาแฟคั่วทั้ง และกะลากาแฟ พบว่าอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาเป็น 400 °C ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา 120 min โดยในรูปที่ 4 เป็นผลของการไฟโรไลซิสกะลากาแฟ



รูปที่ 4 อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาในเตาปฏิกรณ์ผลิตไบโอชาร์และระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยาของกะลากาแฟ



รูปที่ 5 อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาในเตาปฏิกรณ์ผลิตไบโอชาร์และระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาการใช้ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงทดแทนสามารถผลิตไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคัตติ้ง และไบโอชาร์-กะลากาแฟ ที่มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น มีค่าเป็น 29.16 และ 25.52 MJ/kg ตามลำดับ ไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคัตติ้ง มีผลได้เชิงมวลมากกว่าไบโอชาร์-กะลากาแฟ และสำหรับผลได้เชิงพลังงานซึ่งให้ความสำคัญกับผลได้เชิงมวลด้วยนั้น ไบโอชาร์-เมล็ดกาแฟคัตติ้งมีค่าผลได้เชิงพลังงานสูงถึง 63.39 % เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของถ่านชีวภาพ-เมล็ดกาแฟ โดยการทดลองของ อภินันท์ ยนทวงค์ และคณะ (2566) ที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซแอลพีจี และมีการควบคุมอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาที่ 250 °C ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา 120 min ซึ่งได้ค่าความร้อน 28.362 MJ/kg ซึ่งจะเห็นว่าใกล้เคียงกันกับการศึกษานี้ สำหรับค่าความร้อนของถ่านชีวภาพ-กะลากาแฟ มีค่า 25.420 MJ/kg ซึ่งใกล้เคียงกันกับการศึกษานี้เช่นกัน ทั้งนี้การทดลองนี้ได้กำหนดอัตราการไหลของอากาศ และอัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว โดยที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิต่างจากการทดลองของ อภินันท์ ยนทวงค์ และคณะ (2566) เพื่อให้ชุมชนสามารถประยุกต์ใช้งานได้โดยสะดวก อย่างไรก็ตาม การศึกษาการใช้ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมาใช้ใหม่ได้ คำนึงถึงแง่ของสมรรถนะด้านพลังงานร่วมกับมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมไปด้วยกัน (Makworo et al., 2022) อุณหภูมิเผาไหม้ด้วยน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่สูงถึง 900 °C เมื่อเทียบเคียงตามแนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยด้วยเตาเผาของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งกำหนดอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ของเตาเผาเกินกว่า 850 °C

ดังนั้น จากผลการศึกษาที่ได้นี้เป็นแนวทางในการนำน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วซึ่งเป็นของเสียประเภทหนึ่งมาเป็นพลังงานเพื่อผลิตไบโอชาร์ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง อีกทั้งยังสามารถนำพลังงานที่ได้นั้นใช้เป็นความร้อนในครัวเรือนได้โดยตรง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่นำทรัพยากรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดปริมาณของเสีย อันเป็นการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ ผลิตภัณฑ์จากไบโอชาร์ สามารถนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงอัดแท่งหรือถ่านอัดแท่ง เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนอีกด้วย โดยจะขยายผลแนวคิดการเพิ่มมูลค่าเพื่อผลิตไบโอชาร์ไปยังชุมชน หน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งจะดำเนินการในระยะที่สองต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่สนับสนุนอุปกรณ์การปฏิบัติการ และทุนสนับสนุนการร่วมประชุมวิชาการนี้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่อนุเคราะห์เครื่องมือการหาค่าความร้อน และสำนักงานพลังงานจังหวัดเชียงราย ที่สนับสนุนงบประมาณการจัดกิจกรรมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ

7. เอกสารอ้างอิง

- เสีรัมย์ บุญพัฒน์ และ อรรวรรณ บุญพัฒน์. (2566). การประเมินศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงอาหารในจังหวัดเชียงรายภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจBCG. วารสารศิลปศาสตร์ราชชมงคลสุวรรณภูมิ, 5(3), 679-693.
- แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570). (2565, 1 พฤศจิกายน).
- ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม139 ตอนพิเศษ 258 ง หน้า 22-23.
- นิตยา บัตริวิเศษ, อภิสรา บวรสุทธิมนตรี และ นันทนัช วันไชยธนวงศ์. (2561) แนวทางการพัฒนาสินค้าเกษตรจังหวัดเชียงราย. สืบค้น 9 กรกฎาคม 2567, จาก <http://rs.mfu.ac.th/obels/?p=1848>
- พรไพลิน ไจหมั่น, ปิยาภรณ์ กัณทะวัง, ปราณต์ เมฆอากาศ, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, นเรศ ใหญ่วงศ์ และสิทธิฤต เหล็กพูล. (2566). ผลของอุณหภูมิห้องอบเตาเผาถ่านไร้ควันที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้จากไม้ลำไยและแกลบภายใต้กระบวนการทอรีแฟคชั่น. การถ่ายทอดพลังงาน

ความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 22) (น. 55-61). โรงแรม
เดอะ มันทรีนิ จังหวัดเชียงราย.

อัญชณา อู่ประกุล และ นงนุช ศรีเล็ก. (2564). เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพและถ่านอัดแท่งชีภาพจากชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อใช้ในชุมชน กรณีศึกษาชุมชนสันมะค่า จ.เชียงราย. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 วิถีชีวิตใหม่กับการพัฒนาท้องถิ่น*. (น. 1154-1167). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

นงนุช ศรีเล็ก, ปรานต์ เมฆอากาศ, วิภาวรรณ นันโท, พรหทัย พุทธรัง และสิทธิฤต เหล็กพูล. (2565). สหสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการประเมินค่าความร้อนสูงด้วยค่าการวิเคราะห์โดยประมาณของชีวมวลและถ่านชีวภาพจากเปลือกโกโก้และซังข้าวโพด. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 15(1), 13-25.

อภิรักษ์ ยนทวงค์, นงนุช ศรีเล็ก, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, สิทธิฤต เหล็กพูล และปรานต์ เมฆอากาศ. (2566). การศึกษาสภาวะของทรีรีแพคชั่นชีวมวลสำหรับของเสียจากกระบวนการผลิตกาแฟ. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ นวัตกรรมเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน*. (น. 665 – 677). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Mang, T., & Dresel, W. (Eds.). (2007). *Lubricants and lubrication*. John Wiley & Sons.

Aljabiri, N. A. (2018). A comparative study of recycling used lubricating oils using various methods. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(9), 168-177.

Parekh, K., Gaur, R., & Shahabuddin, S. (2022). Recent Advances in Reclamation of Used Lubricant Oil. *Tailored Functional Materials: Select Proceedings of MMETFP 2021*, 273-282.

Bridjanian, H., & Sattarin, M. (2006). Modern recovery methods in used oil re-refining. *Petroleum & coal*, 48(1), 40-43.

Al-Omari, S. B. (2008). Used engine lubrication oil as a renewable supplementary fuel for furnaces. *Energy conversion and management*, 49(12), 3648-3653.

Uçar, S., Karagöz, S., Yanik, J., Sağlam, M., & Yuksel, M. (2005). Copyrolysis of scrap tires with waste lubricant oil. *Fuel Processing Technology*, 87(1), 53-58.

Lam, S. S., Liew, R. K., Jusoh, A., Chong, C. T., Ani, F. N., & Chase, H. A. (2016). Progress in waste oil to sustainable energy, with emphasis on pyrolysis techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 741-753.

Srilek, N., & Aggarangsi, P. (2021, May). Physical and chemical characteristics of carbonized corncob through hydrothermal and pyrolysis conversion. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1137, No. 1, p. 012004). IOP Publishing

Makworo, D., Kiplimo, R., Hawi, M., & Owiti, B. (2022). Optimization of Flow Parameters for Waste Lubricating Oil Combustion. *World Journal of Engineering and Technology*, 10(4), 875-894.

Silaban, R., Simanjuntak, J., Firdaus, F., Lubis, I., & Ginting, L. (2024, January). Experimental Study of Used Lubricant Oil Combustion as an Alternative Energy Source. In *Proceedings of the 5th International Conference on Innovation in Education, Science, and Culture, ICIESC 2023, 24 October 2023, Medan, Indonesia*.

Anisuzzaman, S. M., Jumaidi, M. H., & Nasir, N. N. M. (2021). Used lubricating oil recovery process and treatment methods: A review. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1195, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

Duđak, L., Milisavljević, S., Jocanović, M., Kiss, F., Šević, D., Karanović, V., & Orošnjak, M. (2021). Life cycle assessment of different waste lubrication oil management options in Serbia. *Applied Sciences*, 11(14), 6652.



วิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก

เทวฤทธิ ละมุล^{1*}, ณัชชียา โม่ฟู¹, ประดิษฐ์ ประสมทอง¹ และ แจ่มใส จันทร์กลาง²,

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41 หมู่ 7 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

² มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 52 หมู่ 7 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

* dhevariddhila@yahoo.co.th, 093-156-6567

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง วิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก จำนวน 50 คน รวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

วิถีชีวิตสุขภาพผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว คือ โรคความดันโลหิตสูง โรคกระดูกและข้อ และโรคเบาหวาน ซึ่งส่วนใหญ่มีการใช้ยาตามแพทย์สั่ง ด้านพฤติกรรมสุขภาพส่วนใหญ่ผู้สูงอายุไม่สูบบุหรี่และไม่ดื่มแอลกอฮอล์ พฤติกรรมใน 6 เดือนที่ผ่านมา พบว่า มีการออกกำลังกายอยู่บ้าง ผู้สูงอายุมีปัญหาการทรงตัว การมองเห็น และการได้ยินเล็กน้อย และทุกคนมีความต้องการในการพัฒนาสมรรถภาพร่างกายและต้องการเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาสมรรถภาพทางร่างกาย ส่วนด้านความต้องการต่อการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 4.02 อยู่ในระดับมาก โดยทุกด้านอยู่ในระดับมากทั้งสิ้น คือ ด้านบุคลากรที่ให้บริการ มีค่าเฉลี่ย 4.02 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่ และอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ย 4.11 ด้านการจัดการ มีค่าเฉลี่ย 3.97 และด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 3.83 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ พบว่า องค์กรบริหารส่วนตำบลปามะม่วง (อบต.) ควรจัดกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพให้กับผู้สูงอายุอยู่เสมอ จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ สร้างพื้นที่และจัดหาวัสดุอุปกรณ์เพื่อให้ผู้สูงอายุได้ออกกำลังกาย ให้ความรู้ด้านการส่งเสริมสุขภาพและดูแลตนเอง และการพัฒนารูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมโดยใช้วัสดุอุปกรณ์การออกกำลังกายที่หาได้ง่าย

คำสำคัญ ผู้สูงอายุ, วิถีชีวิตสุขภาพ, ความต้องการออกกำลังกาย

Healthy lifestyle and Exercise needs of the elderly in Pa Mamuang Subdistrict, Mueang District, Tak Province.

Dhevariddhi Lamool^{1*}, Natchiya Mofu¹, Pradit Prasomthong¹, Chamsai Chanklang²

¹ Rajamangala University of Technology Lanna Tak, 41/1 moo 7 Paholayothin road , Mai Ngam , Muang, Tak 63000

² Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, 52 Moo 7, Ban Krang, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000

* dhevariddhila@yahoo.co.th, 093-156-6567

Abstract

Research on Healthy lifestyle and exercise needs of the elderly in Pa Mamuang Subdistrict, Mueang District, Tak Province. This is an exploratory research. The objective is to study the healthy lifestyle and exercise needs of the elderly. The sample group is Elderly people in Pa Mamuang Subdistrict, Mueang District, Tak Province, totaling 50 people, collect data using questionnaires. Statistics used in data analysis are percentage, mean, and standard deviation.

The results of the research concluded that:

Healthy lifestyles of the elderly found that; Most elderly people have a chronic disease, namely high blood pressure, bone and joint disease, diabetes. Most of them use the medicine as prescribed by the doctor. In terms of health behavior, most elderly people do not smoke and drink alcohol. Their behavior in the past 6 months has been found to include some exercise. Elderly people have slight problems with balance, vision, and hearing. And everyone has a desire to develop physical fitness and wants to participate in physical fitness development activities. Regarding the need for exercise, the average was 4.02, which was at a high level. All aspects were at a high level, namely personnel providing services with an average of 4.02, facilities, places, and equipment with an average of 4.11, management with an average of 3.97, and types of physical activity with an average of 3.83. respectively

Suggestions found that; The Pa Mamuang Subdistrict Administrative Organization should always organize activities to promote health for the elderly. Allocate a budget to support activities promoting the health of the elderly. Create space and provide equipment for the elderly to exercise. Provide knowledge about health promotion and self-care and develop proper exercise form using readily available exercise equipment.

Keywords: Elderly, Healthy lifestyle, Exercise needs.

1. บทนำ

จากรายงานของ มูลนิธิสถาบันวิจัยผู้สูงอายุไทย (2563) ที่พบว่าภาคเหนือเป็นภาคที่มีอัตราผู้สูงอายุ หรืออัตราส่วนร้อยละของประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปต่อประชากรทั้งหมดสูงสุด คือร้อยละ 22 โดยสถานการณ์ผู้สูงอายุไทยที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคนเกิดลดจำนวนลง และคนมีอายุยืนยาวขึ้น จะส่งผลให้ประเทศไทยเข้า “สู่สังคมสูงวัย” (Aged society) ในปี 2565 นี้ (ประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 20) และจะก้าวเป็น “สังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอด” เมื่อประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงขึ้นถึงร้อยละ 28 ในปี พ.ศ. 2576 นอกจากนี้ พบว่าอายุเฉลี่ยของผู้สูงอายุมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยมีอายุคาดเฉลี่ยประมาณ 76 ปี (ผู้ชาย 73 ปี ผู้หญิง 81 ปี) คาดว่าอีก 20 ปีข้างหน้า อายุคาดเฉลี่ยของคนไทยจะยืนยาวถึง 79 ปี (ผู้ชาย 75 ปี ผู้หญิง 83 ปี) จากแนวโน้มดังกล่าวส่งผลต่อภาวะทางสุขภาพ สังคม และเศรษฐกิจ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และปัจจัยสำคัญสำคัญอีกประการหนึ่งคือความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในด้านสุขภาพของผู้สูงอายุซึ่งมีความถดถอยของร่างกายจิตใจ และสังคม ซึ่งทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องจะต้องร่วมกันส่งเสริมและพัฒนาผู้สูงอายุให้มีคุณภาพ ไม่เป็นภาระของสังคมโดยเริ่มจากตนเอง ครอบครัว และชุมชน รวมถึงการสนับสนุนกิจกรรมขององค์กรเครือข่ายในรูปแบบที่หลากหลาย และเหมาะสมยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสถิติการสำรวจสุขภาพประชาชนโดยการตรวจร่างกาย พบว่าโรคที่มักพบในผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคกล้ามเนื้อกระดูกและข้อ โรคสมองเสื่อม โรคถุงลมโป่งพอง โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โรคเกี่ยวกับระบบประสาทสัมผัสด้านการมองเห็นและการได้ยิน โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร โรคเกี่ยวกับระบบการขับถ่ายปัสสาวะ เป็นต้น ซึ่งสาเหตุสำคัญ คือ ไม่มีกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมทำให้อวัยวะเกิดการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องและทำเป็นประจำในการดำเนินชีวิต ขาดความตระหนักเอาใจใส่เรื่องสุขภาพ ไม่มีการออกกำลังกาย เพราะต้องใช้ชีวิตอย่างเร่งรีบในชุมชนเมือง นอกจากนี้ ปัญหาอุปสรรคสำหรับผู้สูงอายุ คือการเดินทางไปเข้าร่วมกิจกรรมของหน่วยงาน หรือชุมชนจึงส่งผลต่อสุขภาพทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2563)

ดังนั้น สังคมไทยจึงต้องเริ่มตระหนักถึง “การส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้แก่ผู้สูงอายุ” ให้สามารถดำรงชีวิตได้ด้วยตนเองอย่างเป็นปกติสุขทั้งร่างกาย จิตใจ สังคม และสติปัญญา โดยไม่ต้องพึ่งพาผู้อื่น ลดภาวะเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยต่าง ๆ และสามารถดำเนินชีวิตต่อไปได้อย่างประสบความสำเร็จ (Jones and Rikli, 2002) ซึ่งการจะประสบความสำเร็จจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ในการยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุให้มีสุขภาพแข็งแรงและอยู่อย่างมีความสุข ซึ่งกลวิธีการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุที่สำคัญ คือ “การส่งเสริมกิจกรรมทางกาย” ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้ผู้สูงอายุไทยสามารถดำเนินชีวิตอยู่ได้ด้วยตนเอง และยังป้องกันความเจ็บป่วยจากโรคเรื้อรังที่เกี่ยวกับความชราได้ด้วย (Spirduso, 1995) อย่างไรก็ตามวิถีการดำเนินชีวิต (Lifestyle) ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการมีสุขภาพที่ดี แต่จากการก้าวเข้าสู่ผู้สูงอายุ ทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวและเคลื่อนไหวที่ของร่างกายลดลงและอ่อนแอมากขึ้นตามลำดับ นำไปสู่ภาวะการเสื่อมสภาพของร่างกายและจิตใจอย่างน่าเป็นห่วง รวมทั้งก่อให้เกิดความบกพร่องในการสร้างภูมิคุ้มกันโรคทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง (Chronic Degenerative Disease) และโรคไม่ติดต่อเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการออกกำลังกาย จากผลการวิจัยหลายแห่งพบว่าการบรรลุถึงความสำคัญของการออกกำลังกายเป็นประจำในผู้สูงอายุว่า ช่วยพัฒนาและดำรงไว้ซึ่งสุขภาพและความสุข โดยรูปแบบการออกกำลังกายต้องมีรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมปลอดภัย สามารถทำให้ผู้สูงอายุได้ใช้ร่างกายในการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนไหวที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพพอเพียงกับความต้องการของร่างกาย และสอดคล้องกับภาวะสุขภาพและความต้องการในการออกกำลังกาย (เจริญ กระบวนรัตน์, 2550) ซึ่งการประกอบกิจกรรมทางกายในระดับที่เพียงพอ จะลดความเสี่ยงของบริเวณสะโพกหรือกระดูกสันหลัง และช่วยควบคุมน้ำหนักได้อีกด้วย

ข้อมูลจาก สำนักงานสถิติจังหวัดตาก (2564) พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 จังหวัดตากมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 635,697 คน โดยมีจำนวนประชากรผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 69,346 คน คิดเป็นร้อยละ 10.9 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี โดยตำบลป่ามะม่วง อำเภอเมืองจังหวัดตาก ในปี 2562 มีจำนวน 884 คน (องค์การบริหารส่วนตำบลป่ามะม่วง, 2564) จากจำนวนประชากรทั้งสิ้น 4,316 คน คิดเป็นร้อยละ 20.5 ซึ่งถือว่ามีส่วนที่สูง เป็น “สังคมสูงวัย” อย่างชัดเจน (ผู้มีอายุเกิน 60 ปี มากกว่าร้อยละ 20) และยังมีแนวโน้มจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กลุ่มประชากรผู้สูงอายุให้สามารถพึ่งตนเองได้ มีสุขภาพทางกายและใจที่ดี และส่งเสริมกิจกรรมด้านสุขภาพ จึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะต้องมีการดำเนินการเพื่อรองรับการเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต และจากข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในตำบลป่ามะม่วง (ข้อมูล ณ วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2564) พบว่า ผู้สูงอายุมีโรคประจำตัวที่สำคัญประกอบด้วย โรคความดันโลหิตสูง จำนวน 568 คน โรคเบาหวาน 244 คน โรคหัวใจ 37 คน โรคมะเร็ง 4 คน โรควัณโรคปอด 2 คน และไทรอยด์ 1 คน ตามลำดับ ซึ่งในจำนวนโรคเหล่านี้ผู้สูงอายุบางรายก็มีอาการของโรคมากกว่า 1 ชนิดร่วมกัน ซึ่งเป็นอุปสรรคมากขึ้นต่อการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพและสุขภาพที่ดี หากไม่ได้

รับการดูแลสุขภาพ หรือมีกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพทั้งกาย ใจ และสังคมที่เหมาะสม อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อชีวิตและเป็นปัญหาต่อตนเอง ครอบครัว และสังคมต่อไป

การหาวิธีการส่งเสริมและพัฒนาด้านสุขภาพตลอดจนวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมในผู้สูงอายุจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุในพื้นที่ตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีสุขภาพที่ดี ลดการพึ่งพาครอบครัวและผู้อื่น และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาตนเองได้ อย่างไรก็ตาม การหาวิธีการเพื่อนำไปสู่การพัฒนาแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุนั้นจะต้องทำการศึกษาวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการการออกกำลังกายของผู้สูงอายุเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำไปสู่การพัฒนาสุขภาพที่เหมาะสมในระยะต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่อง วิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก เพื่อทราบข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาและส่งเสริมด้านสุขภาพแก่ผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุ หมายถึง ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ทั้งชายและหญิง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย จิตใจ และต้องปรับตัวกับบทบาททางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม การเมือง รวมถึงโครงสร้างประชากรที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อสภาพผู้สูงอายุไทย ซึ่งปัจจุบันโครงสร้างครอบครัวไทยกลายเป็นครอบครัวเดี่ยวมากขึ้น ทำให้ผู้สูงอายุต้องพึ่งพิงสถาบันภายนอกที่ไม่ใช่สถาบันครอบครัวในการดูแล และทำให้ผู้สูงอายุมีความยากลำบากในการดำเนินชีวิตประจำวันโดยต้องพึ่งตนเองมากขึ้น (ธัชกร ภัทรพันธ์, 2561) ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงควรมีนโยบายส่งเสริม สนับสนุนการเตรียมตัวเข้าสู่การเป็นผู้สูงอายุ ที่มีความชัดเจน เป็นรูปธรรมนำไปสู่การปฏิบัติได้จริง เพื่อให้ประชาชนได้ตระหนักและให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมรับมือการเป็นผู้สูงอายุในอนาคต

แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถภาพ

สมรรถภาพทางกาย คือ ความสามารถทางด้านร่างกายที่จะดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นเวลาดูติดต่อกันโดยไม่แสดงอาการเหน็ดเหนื่อย และสามารถฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว ผู้ที่มีสมรรถภาพร่างกายที่ดีมักจะเป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง และทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ (ยลวรรณฎฐ์ จีรัชตกรณ์, 2562)

แนวคิดเกี่ยวกับการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ

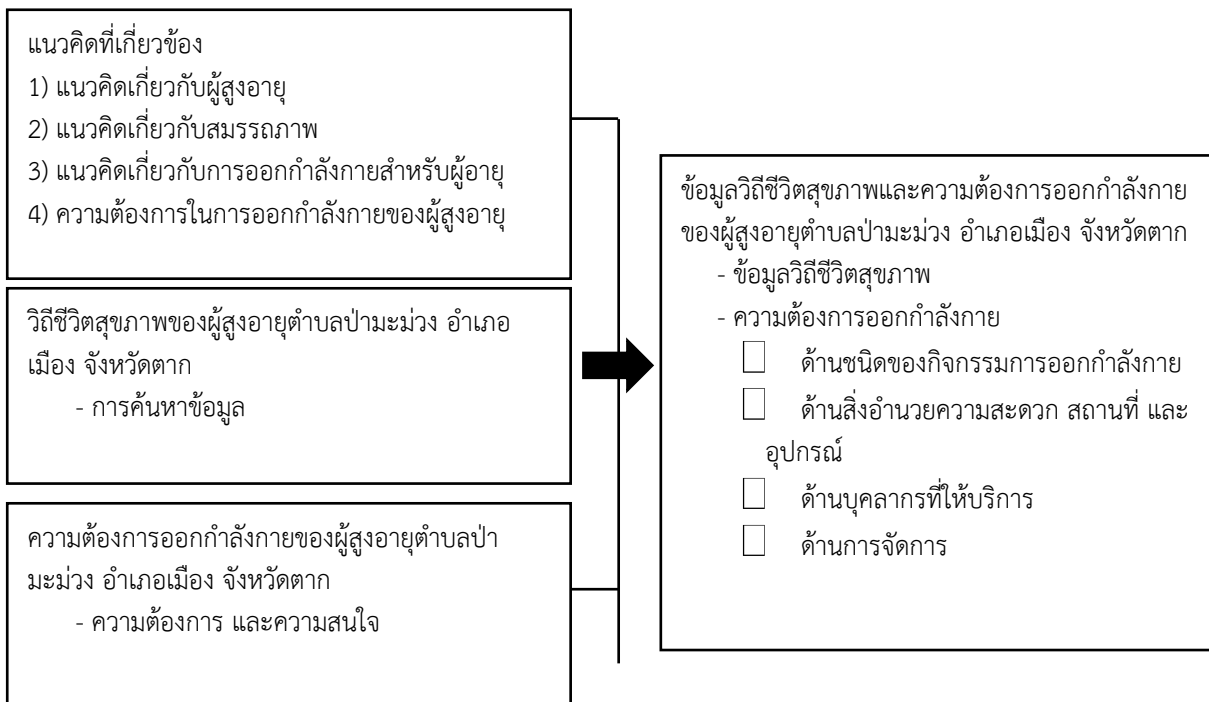
การออกกำลังกายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้สูงอายุ เป็นพฤติกรรมที่มีประโยชน์ ช่วยทำให้ร่างกายมีสมรรถภาพทางกายดีขึ้น ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ การเคลื่อนไหวของน้ำหนักร่างกาย ปรับปรุงสัดส่วนของร่างกายให้ดีขึ้น ร่างกายมีการหดยึดกล้ามเนื้อและข้อต่อ การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหมือนกับกระบวนการนวดหลอดโลหิตทำให้การเคลื่อนไหวของโลหิตดีขึ้น นอกจากนี้การออกกำลังกายยังช่วยให้ระยะเวลาการเจ็บป่วยเรื้อรังลดลง ช่วยให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำหน้าที่ได้ดีขึ้น ลดอัตราการเสื่อมของกระดูก ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น รวมทั้งยังทำให้มีจิตใจสดชื่นแจ่มใส สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้เป็นอย่างดี ซึ่งการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุได้แก่ การเดิน การบริหารร่างกาย การวิ่งช้า ๆ การรำมวยจีน โยคะ ซึ่งการออกกำลังกายในแต่ละประเภทยังจะต้องพิจารณาถึงสมรรถภาพของร่างกายด้วย เพื่อให้เลือกวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับตนเองและเกิดประโยชน์สูงสุดจากการออกกำลังกายอย่างแท้จริง (อิทธิพล คุ้มวงศ์, 2554)

ความต้องการในการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุมีความต้องการทางด้านร่างกายเหมือนวัยอื่น ๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผู้สูงอายุ มีความต้องการหลัก ๆ 4 ประการ (อิติรัตน์ สัมเขียวหวาน, 2546 อ้างใน กานต์ชิษนุชก สาราสุข, 2561) ได้แก่ ประการแรก คือ ความต้องการทางด้านประเภทกิจกรรมการออกกำลังกาย เช่น การเดิน การวิ่งการเดินแอโรบิก การเดินลีลาศ การบริหารกายโดยใช้ยางยืด การบริหารกายโดยใช้แมชชีนเวท โยคะ ไท้ จี ชิง เป็นต้น ประการที่สอง คือ ความต้องการทางด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้มีความเพียงพอต่อความต้องการ อุปกรณ์ที่ใช้มีมาตรฐาน มีความปลอดภัย มีจุดบริการน้ำดื่มและสถานพยาบาลเบื้องต้นในการให้บริการ มีความปลอดภัยทางร่างกายและทรัพย์สิน มีที่นั่งเพียงพอ มีต้นไม้ที่ร่มรื่นเหมาะแก่การออกกำลังกาย เป็นต้น ประการที่สาม คือ ความต้องการทางด้านบุคลากรและการบริการ เช่น ต้องการให้มีบุคลากรที่

มีความรู้คอยให้คำแนะนำทางการออกกำลังกายและการดูแลสุขภาพ ต้องการบริการตรวจสุขภาพประจำปี ต้องการบริการตรวจสมรรถภาพทางกาย และประการที่สี่ คือ ความต้องการทางด้านการบริหารจัดการ เป็นต้น หากสามารถทราบได้ว่าผู้สูงอายุในแต่ละพื้นที่มีความต้องการทั้ง 4 ประการ ดังกล่าวอย่างไรบ้างในพื้นที่นั้น ๆ ย่อมจะสามารถช่วยแก้ปัญหาทางด้านสุขภาพของผู้สูงอายุได้ เพราะการตอบสนองความต้องการดังกล่าว ย่อมเป็นการช่วยผลักดันและส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้ออกกำลังกายอย่างยั่งยืน เพราะผู้สูงอายุได้ออกกำลังกายตามความชอบหรือความต้องการของตน

จากแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาสู่กรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษาวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากผู้สูงอายุที่กำลังศึกษาในหลักสูตรของโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ปีการศึกษา 2566-67 จำนวน 50 คน (100%) ซึ่งเป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่ยังอยู่ในช่วงที่มีศักยภาพ ความสามารถ และสุขภาพที่ยังไม่เป็นอุปสรรคในการดำเนินชีวิตตามปกติ เพื่อใช้เก็บข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เลขที่ RMUTL-IRB 078/2023 โดยก่อนเริ่มการวิจัยผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลแก่ผู้สูงอายุที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยให้กลุ่มตัวอย่างลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย การให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นไปตามความสมัครใจ และมีสิทธิ์ที่จะถอนตัวหรือยกเลิกโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก ซึ่งลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบตรวจรายการ (Checklist) และแบบปลายเปิด แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ 1) แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล เป็นแบบตรวจรายการและปลายเปิด 2) แบบสอบถามข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพผู้สูงอายุ เป็นแบบตรวจรายการเพื่อสอบถามข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพผู้สูงอายุ 3) ความต้องการต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ เป็น

แบบตรวจรายการเพื่อสอบถามความต้องการของผู้สูงอายุต่อการออกกำลังกาย 4 ด้าน คือ ด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่ และอุปกรณ์ ด้านบุคลากรที่ให้บริการ และด้านการจัดการ และ 4) ข้อเสนอแนะ เป็นแบบปลายเปิดเพื่อแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบ และคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (I.O.C.) ด้วยวิธีของ Rovincoli และ Hambleton (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (I.O.C.) ของแบบสอบถามทั้งฉบับ มีค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.83 นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุ ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อพิจารณาตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามและข้อคำถามตามแบบของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.95

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ข้อมูลส่วนบุคคล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้ และอาชีพ

2) ข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ประกอบด้วย โรคประจำตัว กรณีที่ท่านเป็นโรคกระดูกและข้อให้เลือกว่าตำแหน่งที่เป็น การใช้ยา พดติกรรมสุขภาพ การออกกำลังกายใน 6 เดือนที่ผ่านมา ชนิดของการออกกำลังกายที่ท่านเป็นประจำ ปัญหาการทรงตัว ปัญหาการมองเห็น ปัญหาการได้ยิน ความต้องการในการพัฒนาสมรรถภาพร่างกาย และความต้องการเข้าร่วมกิจกรรมที่จัดเพื่อพัฒนาสมรรถภาพร่างกาย

3) ความต้องการต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ เป็นแบบตรวจรายการเพื่อสอบถามความต้องการของผู้สูงอายุต่อการออกกำลังกาย 4 ด้าน คือ ด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่ และอุปกรณ์ ด้านบุคลากรที่ให้บริการ และด้านการจัดการ นำผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window เพื่อประมวลผลข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยการเตรียมข้อมูลและลงรหัสข้อมูล กระทำโดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นตามเทคนิคมาตรฐานค่าของ Likert (Likert-type or Summated Rating Scales) (อ้างใน สุชีรา ภัทรายุทธวรรณ์, 2546)

ทั้งนี้ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบในคำถาม ตอนที่ 2 เป็น 5 ระดับ ดังนี้

มากที่สุด	ให้คะแนน	5	คะแนน
มาก	ให้คะแนน	4	คะแนน
ปานกลาง	ให้คะแนน	3	คะแนน
น้อย	ให้คะแนน	2	คะแนน
น้อยที่สุด	ให้คะแนน	1	คะแนน

การทำช่วงห่างของระดับความเหมาะสมและระดับผลที่ได้รับเป็น 5 ช่วง คือ ระดับมากที่สุด ระดับมาก ระดับปานกลาง ระดับน้อย และระดับน้อยที่สุด ช่วงห่างคิดจาก

$$\frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนช่วงความคิดเห็น}} = \frac{(5 - 1)}{5} = 0.8$$

ดังนั้นเมื่อนำคะแนนมาบวกกันจะจัดระดับความคิดเห็น ดังนี้

ความคิดเห็น	ระดับน้อยที่สุด	1.00-1.80
ความคิดเห็น	ระดับน้อย	1.81-2.60
ความคิดเห็น	ระดับปานกลาง	2.61-3.40
ความคิดเห็น	ระดับมาก	3.41-4.20
ความคิดเห็น	ระดับมากที่สุด	4.21-5.00

4) ข้อเสนอแนะ นำผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพรรณนา (descriptive analysis) และใช้เทคนิคการสังเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

4. ผลการวิจัย

จากการสอบถามวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบล ป่ามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก จำนวน 50 คน สรุปได้ว่า

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 68.0 มีอายุระหว่าง 60 – 64 ปี มากที่สุด ร้อยละ 40.0 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 62.0 ส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และ ปวช. ร้อยละ 28.0 มีรายได้ ต่ำกว่า 5,000 บาท และมีอาชีพ แม่บ้าน/ไม่มีงานทำ มากที่สุด ร้อยละ 36.0

ข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 82.0 โดยผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวมักมีอาการโรคร่วมด้วยหลายชนิด 3 ลำดับแรกคือ โรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 56.0 โรคกระดูกและข้อ ร้อยละ 44.0 และโรคเบาหวาน ร้อยละ 42.0 ตามลำดับ ส่วนในกรณีของผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อ มีอาการโรค 3 ลำดับแรก ที่บริเวณข้อเข่า ร้อยละ 24.0 หลัง ร้อยละ 18.0 และข้อไหล่ ร้อยละ 12.0 และผู้สูงอายุมีการใช้ยา ร้อยละ 84.0 และ ใช้ยาตามแพทย์สั่ง ร้อยละ 68.0 ด้านพฤติกรรมสุขภาพส่วนใหญ่ผู้สูงอายุไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 84.0 ส่วนกรณีของผู้สูบบุหรี่มีการสูบบุหรี่ 2 มวนต่อวัน ส่วนด้านการดื่มแอลกอฮอล์ พบว่า ไม่ดื่ม ร้อยละ 74.0 ส่วนกรณีผู้สูงอายุที่ดื่มแอลกอฮอล์ มีการดื่มเฉลี่ย 2 ครั้งต่อสัปดาห์

การออกกำลังกายใน 6 เดือนที่ผ่านมา พบว่า มีการออกกำลังกาย ร้อยละ 80.0 โดยชนิดของการออกกำลังกายที่ทำเป็นประจำ 3 ลำดับแรก คือ การเดิน ร้อยละ 68.0 ออกกำลังกายทั่วไป ร้อยละ 50.0 และลีลาศ/บาสโลบ ร้อยละ 38.0 ผู้สูงอายุมีปัญหาการทรงตัวเล็กน้อย ร้อยละ 70.0 มีปัญหาการมองเห็นเล็กน้อย ร้อยละ 68.0 และมีปัญหาการได้ยินเล็กน้อย ร้อยละ 64.0 เช่นกัน

ความต้องการในการพัฒนาสมรรถภาพร่างกาย พบว่า ทุกคนมีความต้องการ ร้อยละ 100.0 และความต้องการในการเข้าร่วมกิจกรรม หากมีการจัดกิจกรรมพัฒนาสมรรถภาพทางร่างกายให้ผู้สูงอายุ พบว่า มีความต้องการ ร้อยละ 96.0

ตารางที่ 1 ความต้องการต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

(n=50)

ความต้องการต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ	ระดับความความต้องการ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
ด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย	3.83	.727	มาก
1. เดิน-วิ่ง เพื่อสุขภาพ	3.82	.737	มาก
2. การเดินรำแบบแอโรบิค	3.63	.891	มาก
3. การลีลาศเพื่อสุขภาพ	4.11	.657	มาก
4. บาสโลบ	4.25	.620	มากที่สุด
5. ซี่จักรยานเพื่อสุขภาพ	3.54	.744	มาก
6. โยคะ	3.21	.867	ปานกลาง
7. รำไท้/ซิกง/มวยจีน	3.12	.712	ปานกลาง
8. การบริหารร่างกายโดยใช้ยางยืดเพื่อสุขภาพ	4.49	.570	มากที่สุด
9. การบริหารร่างกายแบบผสมผสานเพื่อสุขภาพ	4.32	.752	มากที่สุด
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่ และอุปกรณ์	4.11	.787	มาก
10. ให้มีสถานที่ออกกำลังกายกลางแจ้งที่มาตรฐานและเพียงพอ	4.27	.837	มากที่สุด
11. ให้มีสถานที่ออกกำลังกายในร่ม	4.35	.752	มากที่สุด
12. สถานที่ออกกำลังกายมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก	4.31	.640	มากที่สุด
13. มีประเภทของอุปกรณ์สำหรับออกกำลังกายให้เลือกใช้ตามความต้องการอย่างเพียงพอ	3.97	.841	มาก
14. สถานที่ออกกำลังกายมีไฟฟ้าให้แสงสว่างเพียงพอสำหรับการออกกำลังกายเวลากลางคืน	3.83	.932	มาก
15. มีการจัดที่นั่งพักผ่อนหลังการออกกำลังกายอย่างเพียงพอ	4.02	.883	มาก
16. มีห้องปฐมพยาบาลสำหรับผู้บาดเจ็บจากการออกกำลังกาย	4.15	.651	มาก
17. มีห้องน้ำห้องส้วมเพียงพอกับจำนวนผู้มาออกกำลังกาย	3.96	.794	มาก

ด้านบุคลากรที่ให้บริการ	4.15	.694	มาก
18. มีบุคลากรให้คำแนะนำในการออกกำลังกาย	4.21	.648	มากที่สุด
19. บุคลากรผู้ให้บริการมีมนุษยสัมพันธ์และความรับผิดชอบสูง	4.09	.674	มาก
20. มีบุคลากรดูแลรักษาและจัดการสถานที่ออกกำลังกาย	4.12	.779	มาก
21. มีบุคลากรดูแลรักษาความปลอดภัยในสถานที่ออกกำลังกาย	3.97	.746	มาก
22. มีบุคลากรให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประเมินและการทดสอบสมรรถภาพทางกาย	4.29	.631	มากที่สุด
23. ห้องจัดการบริหารส่วนตำบลรับผิดชอบการให้บริการออกกำลังกายในตำบล	4.20	.683	มาก
ด้านการจัดการ	3.97	.741	มาก
24. มีระเบียบการใช้สถานที่ออกกำลังกายอย่างชัดเจน	3.75	.820	มาก
25. มีป้ายเทศและป้ายนิเทศการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้แก่ผู้ที่มาออกกำลังกาย	3.97	.731	มาก
26. มีการกำหนดระยะเวลาเปิด-ปิด การใช้สถานที่ออกกำลังกายแน่นอน	4.07	.674	มาก
27. มีความสะดวกในการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ให้บริการ	3.85	.741	มาก
28. มีบริการตรวจร่างกายให้กับผู้สูงอายุที่มาออกกำลังกาย เช่น วัดชีพจรและความดันโลหิต	4.15	.756	มาก
29. มีบริการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกกำลังกาย รวมทั้งการใช้สถานที่และอุปกรณ์แก่ผู้มาใช้บริการ	4.35	.721	มากที่สุด
30. มีบริการทดสอบสมรรถภาพทางกายแก่ผู้สูงอายุที่มาออกกำลังกายเป็นประจำทุกเดือน	4.27	.843	มากที่สุด
31. มีการจัดการแข่งขันกีฬาหรือกิจกรรมการออกกำลังกายให้แก่ผู้สูงอายุที่มาออกกำลังกายเป็นประจำ	3.53	.799	มาก
32. มีการทำความสะอาดและมีถังขยะให้เพียงพอ	3.68	.646	มาก
33. มีผู้รับความคิดเห็นจากผู้ออกกำลังกาย	3.87	.756	มาก
รวม	4.02	.731	มาก

ด้านความต้องการต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลป่ามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก มีค่าเฉลี่ย 4.02 อยู่ในระดับมาก โดยทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งด้านบุคลากรที่ให้บริการ มีค่าเฉลี่ย 4.02 สูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่ และอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ย 4.11 ด้านการจัดการ มีค่าเฉลี่ย 3.97 และด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 3.83 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 3.83 อยู่ในระดับมาก โดยชนิดของกิจกรรมที่ผู้สูงอายุมีความต้องการมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ การบริหารร่างกายโดยใช้ยางยืดเพื่อสุขภาพ มีค่าเฉลี่ย 4.49 รองลงมาคือ การบริหารร่างกายแบบผสมผสานเพื่อสุขภาพ มีค่าเฉลี่ย 4.32 และบาสโลบ มีค่าเฉลี่ย 4.25 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่ และอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ย 4.11 อยู่ในระดับมาก โดยผู้สูงอายุมีความต้องการมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ ให้มีสถานที่ออกกำลังกายในร่ม มีค่าเฉลี่ย 4.35 รองลงมาคือ สถานที่ออกกำลังกายมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก มีค่าเฉลี่ย 4.31 และให้มีสถานที่ออกกำลังกายกลางแจ้งที่มาตรฐานและเพียงพอ มีค่าเฉลี่ย 4.27 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านบุคลากรที่ให้บริการ มีค่าเฉลี่ย 4.15 อยู่ในระดับมาก โดยผู้สูงอายุมีความต้องการมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ มีบุคลากรให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประเมินและการทดสอบสมรรถภาพทางกาย มีค่าเฉลี่ย 4.29 รองลงมาคือ มีบุคลากรให้คำแนะนำในการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 4.21 ทั้งสองด้านอยู่ในระดับมากที่สุด และห้องจัดการบริหารส่วนตำบลรับผิดชอบการให้บริการออกกำลังกายในตำบล มีค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในระดับมาก

ด้านการจัดการ มีค่าเฉลี่ย 3.97 อยู่ในระดับมาก โดยผู้สูงอายุมีความต้องการมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ มีบริการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกกำลังกายรวมทั้งการใช้สถานที่และอุปกรณ์แก่ผู้มาใช้บริการ มีค่าเฉลี่ย 4.35 รองลงมาคือ มีบริการทดสอบสมรรถภาพทางกายแก่ผู้สูงอายุที่มาออกกำลังกายเป็นประจำทุกเดือน มีค่าเฉลี่ย 4.27 ทั้งสองด้านอยู่ในระดับมากที่สุด และมีบริการตรวจร่างกายให้กับผู้สูงอายุที่มาออกกำลังกาย เช่น วัดชีพจรและความดันโลหิต มีค่าเฉลี่ย 4.15 อยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะต่อด้านวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ คือ องค์การบริหารส่วนตำบลป่ามะม่วง (อบต.) ควรให้ความสนใจและจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาสุขภาพให้กับผู้สูงอายุอยู่เสมอ การจัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ สร้างพื้นที่และจัดหาวัสดุอุปกรณ์เพื่อให้ผู้สูงอายุได้ออกกำลังกาย ร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการตรวจสุขภาพและประเมินสุขภาพและสมรรถภาพร่างกาย การให้ความรู้ด้านการส่งเสริมสุขภาพและดูแลตนเอง และการพัฒนารูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมและใช้วัสดุอุปกรณ์การออกกำลังกายที่หาได้ง่าย และถ่ายทอดให้ผู้สูงอายุได้นำไปปฏิบัติ

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาเรื่อง วิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาและส่งเสริมด้านสุขภาพแก่ผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ในโอกาสต่อไป ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว โดยมีอาการโรคร่วมด้วยหลายชนิด คือ โรคความดันโลหิตสูง โรคกระดูกและข้อ โรคเบาหวาน และไขมันในเลือดสูง ก็สอดคล้องกับ มินตรา สารรักษ์, ฐิติรัช งานฉมิง และนันทยา กระสวยทอง (2563) ที่พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว คือ โรคความดันโลหิตสูง เบาหวาน และไขมันในเลือดสูง และสอดคล้องกับ กรมกิจการผู้สูงอายุ (2564) ที่กล่าวว่า ปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยในผู้สูงอายุคือ กลุ่มโรคสามัญทั่วไปที่เป็นได้แม้ยังไม่เข้าสู่ผู้สูงอายุ เช่น เบาหวาน ความดัน หัวใจ ไต ซึ่งเกิดได้กับคนทุกวัย แต่พออายุมากขึ้นก็ยังมีโอกาสเป็นมากขึ้น ส่วนในกรณีของผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อ มีอาการโรคที่บริเวณข้อเข่ามากที่สุด สอดคล้องกับ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2556) ได้จัดทำรายงานการสำรวจสุขภาพผู้สูงอายุไทย ปี 2556 พบว่า กลุ่มผู้สูงอายุที่มีอาการเกี่ยวกับกระดูกและข้อ มักจะเป็นโรคข้อเข่าเสื่อมมากที่สุด และผู้สูงอายุมีการใช้ยาเพื่อรักษาอาการของโรคต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่ใช้ยาตามแพทย์สั่งเช่นเดียวกัน และพบว่าผู้สูงอายุมีปัญหาการทรงตัว การมองเห็น การได้ยินเล็กน้อย ทั้ง 3 ด้าน ก็สอดคล้องกับ พิมพิสุทธิ์ บัวแก้ว และรติพร ถึงฝั่ง (2559) ที่พบว่า ภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุไทยในด้านการมองเห็นและการได้ยินเล็กน้อย โดยยังไม่ต้องพึ่งเลนส์สายตาและอุปกรณ์ช่วยฟัง

ส่วนด้านพฤติกรรมสุขภาพส่วนใหญ่ผู้สูงอายุไม่สูบบุหรี่ ส่วนในกรณีของผู้สูบบุหรี่มีการสูบบุหรี่ 2 มวนต่อวัน ส่วนด้านการดื่มแอลกอฮอล์ พบว่า ส่วนใหญ่ไม่ดื่ม ส่วนในกรณีผู้สูงอายุที่ดื่มแอลกอฮอล์ มีการดื่มเฉลี่ย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ก็สอดคล้องกับ กองกิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพ (2564) ได้รายงานภาวะพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ของผู้สูงอายุจากการสำรวจพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่และไม่ดื่มแอลกอฮอล์เช่นเดียวกัน และผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีการออกกำลังกายใน 6 เดือนที่ผ่านมา โดยชนิดของการออกกำลังกายที่ทำเป็นประจำ การเดิน ออกกำลังกายทั่วไป และลีลาศ/บาสโลบ ซึ่งเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายแบบไม่หนักและเหมาะกับวัยของผู้สูงอายุ และผู้สูงอายุทุกคนมีความต้องการในการพัฒนาสมรรถภาพทางการ และหากมีการจัดกิจกรรมพัฒนาสมรรถภาพทางร่างกายให้ผู้สูงอายุก็จะเข้าร่วมกิจกรรมด้วยเช่นกัน

ความต้องการต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก อยู่ในระดับมาก โดยทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งด้านบุคลากรที่ให้บริการ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก สถานที่ และอุปกรณ์ ด้านการจัดการ และด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย สอดคล้องกับ ยอดฟ้า มีมานาน (2562) ที่พบว่า ผู้สูงอายุในชุมชนเทศบาลเมืองหัวหินมีความต้องการต่อการออกกำลังกายอยู่ในระดับมาก มั่งด้านอาคารสถานที่ในการออกกำลังกาย ด้านอุปกรณ์ในการออกกำลังกาย ด้านบุคลากรให้บริการในการออกกำลังกาย ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในการออกกำลังกาย และอำนวยความสะดวก (2558) ที่พบว่า ความต้องการการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลนครนครปฐม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะความต้องการด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านบุคลากร ผู้ให้บริการ และด้านกิจกรรมการออกกำลังกายตามความต้องการของผู้สูงอายุ

นอกจากนี้ยัง พบว่า ด้านชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกายที่ผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก มีความต้องการมากที่สุด คือ การบริหารร่างกายโดยใช้ยางยืดเพื่อสุขภาพ การบริหารร่างกายแบบผสมผสานเพื่อสุขภาพ และบาสโลบ ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความต้องการเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับร่างกายและกล้ามเนื้อ ช่วยยืดและคลายข้อต่อที่บางคนมีปัญหา โดยการออกกำลังกายแบบไม่หนักเกินไป และหาได้ง่าย สอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2550) ที่กล่าวว่า การออกกำลังกายด้วยยางยืดเป็นการออกกำลังกายแบบยืดเหยียดที่ใช้แรงต้านจากยางซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการออกกำลังกายที่มีราคาถูกลง และสามารถพกพาได้สะดวก หรือนำติดตัวไปใช้ในสถานที่ต่าง ๆ ได้ มีส่วนในการพัฒนาเสริมสร้างความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อได้อีกด้วย

จากข้อมูลวิถีชีวิตสุขภาพและความต้องการออกกำลังกายของผู้สูงอายุข้างต้น จะเป็นข้อมูลสำคัญให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะองค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วงนำไปกำหนดนโยบายการส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาด้านสุขภาพตลอดจนวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมในผู้สูงอายุต่อไป ซึ่งผู้วิจัยได้ร่วมมือกับองค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้วางแผนการดำเนินงานใน

ขั้นตอนต่อไป คือการนำข้อมูลมาพัฒนารูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ โดยเน้นการออกกำลังกายโดยใช้ยางยืดเพื่อสุขภาพ เพื่อนำไปสู่การจัดกิจกรรมพัฒนาและส่งเสริมด้านสุขภาพแก่ผู้สูงอายุในตำบลป่ามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ในโอกาสต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลป่ามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ประเภททุนงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน ผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2556). รายงานการสำรวจสุขภาพของผู้สูงอายุไทย ปี 2556 ภายใต้แผนงานส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและผู้พิการ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วชิรรินทร์ พี.พี.
- กองกิจการทางกายเพื่อสุขภาพ. (2564). *ภาวะพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ของผู้สูงอายุ*. สืบค้น 16 พฤษภาคม 2567, จาก <https://dopah.anamai.moph.go.th/web-upload/8x6b2a6a0c1f8e85a9c274e6419fdd6071/tinymce/KPI2565/10/119/11913.pdf>.
- กานต์ชัชชนก สารสุข. (2561). *สภาพปัญหาและความต้องการในการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในสวนลุมพินี* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2550). *ยางยืดชีวิตพิชิตโรค*. กรุงเทพฯ: บริษัท แกรนด์สปอร์ต กรุ๊ป จำกัด.
- อัคร ภัทรพันธุ์. (2561). *กระบวนการส่งเสริมเอกลักษณ์อาชีพสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุในตำบลบางปลา อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- พิมพ์สุทธิ บัวแก้ว และรติพร ถึงฝั่ง. (2559). การดูแลสุขภาพและภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุไทย. *วารสารสมาคมนักวิจัย*, 21(2), 94-109.
- มินตรา สารรักรักษ์, ฐิติรัช งานฉมิง และนันทยา กระสวยทอง. (2563). ภาวะสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ตำบลคำขวาง อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. *ศรีนครินทร์เวชสาร*, 35(3), 304-310.
- มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). (2563). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2562*. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ยลวรรณภู่อ จีรัชตกรณ์. (2562). *การตรวจสมรรถภาพร่างกาย*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566, จาก <https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=1369>.
- ยอดฟ้า มีมานาน. (2562). ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความต้องการการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในชุมชนเทศบาลเมืองหัวหิน. *วารสารสุศึกษา พลศึกษา และสันตนาการ*, 45(2), 320-331.
- สำนักงานสถิติจังหวัดตาก. (2564). *จำนวนประชากรในจังหวัดตาก ปี 2560*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566, จาก <https://tak.nso.go.th/>.
- สุชีรา ภัทรายุตวรรตน์. (2546). *คู่มือการวัดทางจิตวิทยา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เมดิคัล มีเดียร์.
- องค์การบริหารส่วนตำบลป่ามะม่วง. (2564). *จำนวนประชากรในตำบลป่ามะม่วง ปี 2564*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566, จาก <https://www.pamamuang.go.th/condition>.
- อำนวยการ ส่องทอง. (2558). ความต้องการการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลนครนครปฐม. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 12(58), 37-44.
- อิทธิพล คุ่มวงศ์. (2554). *ผลของการใช้รูปแบบการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ในเขตอำเภอกอนสาร จังหวัดชัยภูมิ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Jones, C.J. and Rikli, R.E. (2002). Measuring Functional Fitness in Older Adults. *The Journal of Active Ageing*, 25-30.
- Spiriduso, W.W. (1995). Aging and motor control. In C. Gisolfi, D. Lamb & E. Neal (Eds) Perspectives in exercise science and sports medicine. *Exercise in older adults*, 8, 53-110. Collins Publishes.

การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐาน การสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก

รัฐพล ภูมิรินทร์พงศ์^{1*}, คุณากร สุปน¹, ชันยน์รี พรไพเราะ¹, วชิรวิษณุ วงษ์หอมจันทร์¹,
เกียรียงไกร ศรีประเสริฐ² และ สิรินพร เกียงเกสร¹

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41 หมู่ 7 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

²สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อ อำเภอคอดยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

* game6212@rmutl.ac.th, 081-973-6934

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก เป็นการวิจัยแบบผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 1) การวิจัยเชิงคุณภาพ คือ ผู้บริหาร ตัวแทนกลุ่มผู้สูงอายุ และผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 10 คน และ 2) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ในการฝึกปฏิบัติการพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุ จำนวน 25 คน รวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่ม การระดมสมอง และการฝึกปฏิบัติการพัฒนาอาชีพ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการสรุปอุปนัยและสถิติเชิงพรรณนา

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การส่งเสริมและพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุ เกิดการดำเนินการตามแผนการพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุนำร่อง จัดกิจกรรมการฝึกอบรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คือ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย โดยสร้างความร่วมมือระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุ ชุมชน และสถาบันการศึกษา ตลอดจนภาคีเครือข่าย เข้ามาส่งเสริมให้ความรู้ให้กับกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุ รวมทั้งช่วยในการวางแผน เตรียมการผลิตและจัดหาวัตถุดิบ การออกแบบชื่อและฉลากตราสินค้า และการดำเนินการด้านการตลาด โดยวางแนวทางในระยะแรกคือมุ่งเน้นการจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นและชุมชน ตามแนวทางการดำเนินธุรกิจตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ ผู้สูงอายุ, การพัฒนาอาชีพ, ภูมิปัญญาท้องถิ่น, เศรษฐกิจพอเพียง

Promoting and Developing products for the elderly occupational group using local wisdom as a base for generating income according to the Sufficiency Economy Philosophy. In Pa Mamuang Subdistrict, Mueang District, Tak Province.

Rattapon Poomarinpong^{1*}, Kunakorn Supon¹, Thannari Pornpripech¹,
Wachirawich Woghomchan¹, Kriengkrai Sriprasert², Sirinpron Keangkason¹

¹ Rajamangala University of Technology Lanna Tak, 41/1 moo 7 Paholayothin road , Mai Ngam , Muang, Tak 63000

² Technology Transfer Center, Rajamangala University of Technology Lanna, 98 Moo 8 PaPong Doisaket, Chiang Mai 50220

* game6212@rmutl.ac.th, 081-973-6934

Abstract

Research on Promoting and developing products for the elderly occupational group using local wisdom as a base for generating income according to the Sufficiency Economy Philosophy. In Pa Mamuang Subdistrict, Mueang District, Tak Province, it is a mixed methods research. The objective is to promote and develop the elderly occupational group. The sample group is divided into 1) Qualitative research, namely executives, representatives of the elderly group, and 10 people involved. and 2) Participatory action research in the work to develop the careers of 25 elderly people, data were collected by in-depth interviews. group discussion Brainstorming and professional development workshops Data were analyzed using inductive inference and descriptive statistics.

The results of the research concluded that: Promotion and development of the elderly occupational group There is a plan to develop a pilot elderly occupational group. Organize product development training activities, including banana product processing by creating cooperation between elderly groups, communities and educational institutions. as well as network partners Come join in promoting knowledge for the elderly occupational group. Including helping in planning Prepare for production and procure raw materials Brand and label design and marketing execution The initial strategy will focus on selling in local markets and communities. According to business practices according to the Sufficiency Economy Philosophy.

Keywords: Elderly, Occupational group development, Local wisdom, Sufficiency Economy.

1. บทนำ

ในปัจจุบันจำนวนประชากรที่เป็นผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี ตลอดจนวิทยาการสมัยใหม่เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาประเทศในทุก ๆ ด้าน ส่งผลให้ประชากรไทยมีอัตราการเจริญพันธุ์ลดลงและประชากรมีอายุขัยเฉลี่ยสูงขึ้น ปัจจัยดังกล่าวทำให้โครงสร้างประชากรของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้คาดประมาณว่า เมื่อกลางปี 2562 ประเทศไทยมีประชากรสัญชาติไทยและไม่ใช้สัญชาติไทย แต่มีชื่ออยู่ในทะเบียนเป็นจำนวน 66.4 ล้านคน โดยมีประชากรสูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) มากถึง 11.6 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 17.5 ของประชากรทั้งหมด (มูลนิธิสถาบันวิจัยผู้สูงอายุไทย, 2562) และคาดประมาณว่า ภาคเหนือเป็นภาคที่มีอัตราผู้สูงอายุ หรืออัตราส่วนร้อยละของประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปต่อประชากรทั้งหมดสูงสุด คือร้อยละ 22 และจากรายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทยที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคนเกิดลดจำนวนลง และคนมีอายุยืนยาวขึ้น ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนของคนในวัยทำงานต่อผู้สูงอายุที่กำลังจะออกหรือออกจากการทำงานไปแล้วลดต่ำลง จะส่งผลให้ประเทศไทยเข้า “สังคมสูงวัย” (Aged society) ในปี 2565 นี้ (ประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 20) และจะก้าวเป็น “สังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอด” เมื่อประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงขึ้นถึงร้อยละ 28 ในปี พ.ศ. 2576

ดังนั้น เมื่อมีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้น ประชากรวัยแรงงานลดลงอย่างต่อเนื่อง ผู้สูงอายุในชุมชนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพให้เป็นผู้ที่สามารถพึ่งพาตนเองทางเศรษฐกิจ และเป็นพลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ สามารถอยู่ร่วมกับคนต่างวัยได้อย่างมีศักดิ์ศรี ในขณะที่วัยกับผู้สูงอายุช่วงต้นจำนวนไม่น้อยที่มีศักยภาพในการผลิต และมีอำนาจในการบริโภคสูง แสดงว่าผู้สูงอายุนั้นนับได้ว่าเป็นทุนทางสังคมที่สำคัญต่อการพัฒนา จึงต้องมีการส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมีพัฒนาการที่ดีและมีวิถีชีวิตที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้สูงอายุที่สามารถพึ่งพาตนเองทางเศรษฐกิจเป็นพลังขับเคลื่อนการพัฒนาสังคมชุมชน โดยการถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น เนื่องจากผู้สูงอายุถือว่าเป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างยิ่งของสังคม เป็นต้นทุนทางสังคมที่มีค่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังคมไทยที่นับถือผู้สูงอายุในฐานะผู้มีประสบการณ์มาก่อน และเป็นผู้ส่งสมภูมิปัญญาของท้องถิ่นในด้านต่าง ๆ เพื่อสืบทอดถึงบุคคลรุ่นหลัง นอกจากนี้ผู้สูงอายุยังเปรียบเสมือนศูนย์รวมจิตใจของลูกหลานที่คอยให้ความอบอุ่น คำแนะนำ สั่งสอนแก่บุคคลรุ่นหลังในครอบครัว ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าสู่ “สังคมสูงวัย” หากประชากรผู้สูงอายุที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องเหล่านี้สามารถพึ่งพาตนเองได้ดี และสามารถดำรงชีวิตด้วยตนเองได้อย่างมีคุณค่าแม้ว่าจะอยู่ในวัยสุดท้ายของช่วงชีวิตก็ตาม ผู้สูงอายุก็ยังจัดได้ว่าเป็นกลุ่มประชากรที่เป็นพลังสำคัญ แทนที่จะเป็นภาระของครอบครัว ชุมชน และสังคม

ยุทธศาสตร์ชาติ (20 ปี) พ.ศ. 2561 – 2580 (สำนักงานพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) ได้กำหนดความสำคัญของผู้สูงอายุไว้ดังนี้ ยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ เป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญประเด็นที่ 2 การพัฒนาศักยภาพคนตลอดช่วงชีวิต มุ่งเน้นการพัฒนาคนเชิงคุณภาพในทุกช่วงวัย (4) ช่วงวัยผู้สูงอายุ ส่งเสริมให้ผู้สูงอายุเป็นพลังในการขับเคลื่อนประเทศ ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม ประเด็นที่ 3 การเสริมสร้างพลังทางสังคม (2) การรองรับสังคมสูงวัยอย่างมีคุณภาพ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าผู้สูงอายุเป็นประชาชนกลุ่มหนึ่งซึ่งรัฐให้ความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนั้นยังให้ความสำคัญกับมรดกทางศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญา โดยในยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญเพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในทุกมิติ ทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม ธรรมชาติ และคุณภาพชีวิต โดยใช้พื้นที่เป็นตัวตั้ง และการให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้เข้ามามีส่วนร่วม ในประเด็นที่ 4 พัฒนาพื้นที่เมือง ชนบท เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ มุ่งเน้นความเป็นเมืองที่เติบโตอย่างต่อเนื่อง ข้อ (4) สงวนรักษา อนุรักษ์ฟื้นฟู และพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติ มรดกทางสถาปัตยกรรมและศิลปวัฒนธรรม อัตลักษณ์ และวิถีชีวิตพื้นถิ่นบนฐานวัฒนธรรม และฐานวัฒนธรรมอย่างยั่งยืน อีกด้วย ซึ่งกลุ่มผู้สูงอายุส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มคนที่มีความสำคัญที่เป็นฐานของมรดกทางภูมิปัญญาอย่างยิ่ง หากมีการพัฒนาผู้สูงอายุควบคู่ไปกับการรักษาและสืบสานมรดกทางศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญา ก็จะทำให้เกิดความยั่งยืนต่อไปได้เป็นอย่างดี

ข้อมูลจาก สำนักงานสถิติจังหวัดตาก (2564) พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 จังหวัดตากมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 635,697 คน โดยมีจำนวนประชากรผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 69,346 คน คิดเป็นร้อยละ 10.9 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี โดยตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองจังหวัดตาก ในปี 2562 มีจำนวน 884 คน (องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง, 2564) จากจำนวนประชากรทั้งสิ้น 4,316 คน คิดเป็นร้อยละ 20.5 ซึ่งถือว่ามีส่วนที่สูง เป็น “สังคมสูงวัย” อย่างชัดเจน (ผู้มีอายุเกิน 60 ปี มากกว่าร้อยละ 20) และยังมีแนวโน้มจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นในอนาคต นอกจากนี้ ข้อมูลจากการลงพื้นที่สำรวจเบื้องต้นพบว่า ข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุใน

ตำบลปทุมม่วง (ข้อมูล ณ วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2564) พบว่า ในจำนวนผู้สูงอายุ 884 คนนั้น แม้ว่าผู้สูงอายุหลายรายจะมีอาการทางสุขภาพเช่น โรคความดันโลหิตสูง จำนวน 568 คน โรคเบาหวาน 244 คน โรคหัวใจ 37 คน โรคมะเร็ง 4 คน โรคหัวใจขาดเลือด 2 คน และ ไทรอยด์ 1 คน ตามลำดับ ซึ่งในจำนวนโรคเหล่านี้ผู้สูงอายุบางรายก็มีอาการของโรคมามากกว่า 1 ชนิดร่วมกัน แต่ยังไม่ได้เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินกิจกรรมที่ไม่ต้องใช้กำลังกายมากนัก จึงยังสามารถช่วยทำกิจกรรมเพื่อตนเองได้ แต่ปัญหาหลักที่พบ ได้แก่ ปัญหาด้านสังคม คือ ผู้สูงอายุบางส่วนไม่มีญาติพี่น้อง หรือลูกหลานดูแลอยู่กันเองตามลำพัง จึงเกิดความซึมเศร้าและรู้สึกว้าวนเองไร้ประโยชน์ และสิ่งสำคัญคือ ปัญหาด้านรายได้ไม่เพียงพอเนื่องจากรายได้หลักมาจากเบี้ยยังชีพผู้สูงอายุเท่านั้น จึงไม่สามารถสร้างความมั่นคงให้กับการดำเนินชีวิตของตนได้มากนัก ดังนั้นการพัฒนาส่งเสริมด้านกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุเพื่อเสริมสร้างรายได้ จึงเป็นประเด็นสำคัญที่กลุ่มผู้สูงมีความสนใจ นอกจากนี้ จากข้อมูลขององค์การบริหารส่วนตำบลปทุมม่วง (2564) พบว่า ชุมชนปทุมม่วงซึ่งมีทั้งหมด 7 หมู่บ้าน มีสินค้าชุมชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเพียง 2 ชนิดเท่านั้น (ผลิตภัณฑ์จากผลไม้กวน และน้ำส้มเกล็ดหิมะ) แต่ยังไม่มีส่วนไหนโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของท้องถิ่น และยังกระจุกตัวอยู่ในพื้นที่หมู่ 1 เพียงแห่งเดียวเท่านั้น จึงทำให้ชาวบ้านและผู้สูงอายุขาดโอกาสในการสร้างรายได้อย่างทั่วถึง ซึ่งจากการสอบถามเบื้องต้น กลุ่มผู้สูงอายุมีความต้องการได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมการผลิตสินค้า สร้างงาน สร้างรายได้เพิ่มมากขึ้นด้วย

พื้นที่ อบต. ปทุมม่วง มีการจัดตั้งโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลปทุมม่วงขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นการจัดการการศึกษา รูปแบบหนึ่งที่ต้องการให้ผู้สูงอายุมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตเพื่อให้เป็นผู้สูงอายุที่มีคุณภาพ ดังวิสัยทัศน์ที่ศรัทธาของโรงเรียนผู้สูงอายุว่า “รู้อย่างถ่องแท้ ทำทัน และถ่ายทอดเป็น” จึงเป็นศูนย์กลางในการประสานงานและขับเคลื่อนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุในพื้นที่ได้อย่างดี อบต.ปทุมม่วง ร่วมบริหารจัดการให้เป็นไปตามภารกิจของการเป็นองค์กรปกครองท้องถิ่น ดังนั้น ผู้บริหาร อบต. และชมรมผู้สูงอายุจึงเสนอขอการสนับสนุนจากคณาจารย์และนักวิจัย เพื่อร่วมให้ดำเนินการพัฒนากลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้สูงอายุเกิดการใช้ภูมิปัญญาที่มี ให้เป็นประโยชน์ต่อตนเอง สังคม ชุมชน และการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ สร้างรายได้เป็นของตนเอง และเป็นตัวอย่างในถ่ายทอดให้แก่คนรุ่นหลัง ซึ่งทางกลุ่มผู้สูงอายุนั้นมีแนวคิดดังกล่าวเป็นทุนเดิมอยู่ก่อนแล้ว แต่ยังคงขาดผู้นำในการส่งเสริมวางแผน และดำเนินกิจกรรมให้ประสบผลสำเร็จ

ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กลุ่มประชากรผู้สูงอายุให้สามารถพึ่งตนเองได้ มีรายได้เป็นของตนเอง และส่งเสริมบทบาทในการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะต้องมีการดำเนินการเพื่อรองรับการเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต จึงดำเนินการวิจัยเรื่อง การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปทุมม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผู้สูงอายุในตำบลปทุมม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุ หมายถึง ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ทั้งชายและหญิง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย จิตใจ และต้องปรับตัวกับบทบาททางสังคมที่เปลี่ยนไป ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม การเมือง รวมถึงโครงสร้างประชากรที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อสภาพผู้สูงอายุไทย ซึ่งปัจจุบันโครงสร้างครอบครัวไทยกลายเป็นครอบครัวเดี่ยวมากขึ้น ทำให้ผู้สูงอายุต้องพึ่งพิงสถาบันภายนอกที่ไม่ใช่สถาบันครอบครัวในการดูแล และทำให้ผู้สูงอายุมีความยากลำบากในการดำเนินชีวิตประจำวันโดยต้องพึ่งตนเองมากขึ้น การที่ผู้สูงอายุต้องพึ่งพิงสถาบันภายนอกนั้น แสดงว่าผู้สูงอายุจะต้องใช้กำลังทรัพย์จำนวนมากในการเข้ารับบริการดังกล่าว ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงควรมีนโยบายส่งเสริม สนับสนุนการเตรียมตัวเข้าสู่การเป็นผู้สูงอายุ ที่มีความชัดเจน เป็นรูปธรรมนำไปสู่การปฏิบัติได้จริง เพื่อให้ประชาชนได้ตระหนักและให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมรับมือการเป็นผู้สูงอายุในอนาคต

แนวความคิดการพัฒนาและส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ

เป็นการนำวิธีการหรือแนวทางเพื่อให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น ซึ่งหน่วยงานที่สำคัญได้บูรณาการยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่มีกระบวนการส่งเสริมอาชีพครบวงจร โดยเฉพาะการนำกิจกรรมในการส่งเสริมในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการฝึกอาชีพตามความถนัดและความสนใจ รวมถึงศักยภาพของผู้สูงอายุ รวมถึงการรวมกลุ่มอาชีพเพื่อสร้างงานสร้างรายได้และจัดสถานที่

เพื่อให้ผู้สูงอายุได้มีกิจกรรมแสดงผลงานจากการประกอบอาชีพของตน และจัดกิจกรรมเพื่อค้นหาช่องทางจำหน่ายผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุในรูปแบบใหม่ ๆ และที่สำคัญกิจกรรมอาชีพที่เกิดจากภูมิปัญญาของผู้สูงอายุและกิจกรรมการถ่ายทอดภูมิปัญญาของผู้สูงอายุ ถือว่ามีความสำคัญในการส่งเสริมอาชีพที่มีความมั่นคงและยั่งยืน

แนวคิดการมีส่วนร่วมของชุมชน

การมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญทำให้กระบวนการพัฒนาและส่งเสริมอาชีพชุมชนสำเร็จผลตามเป้าหมาย ซึ่งการนำหลักคิดที่ประกอบด้วย การมีส่วนร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมตัดสินใจ และร่วมกันรับผลประโยชน์จากการดำเนินการนั้น ๆ ซึ่งหลักคิดเหล่านี้ ได้กำหนดแนวทางในการมีส่วนร่วมที่แท้จริงทำให้หน่วยงานภาครัฐ ผู้บริหารท้องถิ่น ชุมชน สามารถนำแนวทางเหล่านั้นไปใช้หรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทและศักยภาพของท้องถิ่น โดยเฉพาะนำไปใช้กับการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการส่งเสริมอาชีพให้กับกลุ่มในชุมชนของตน

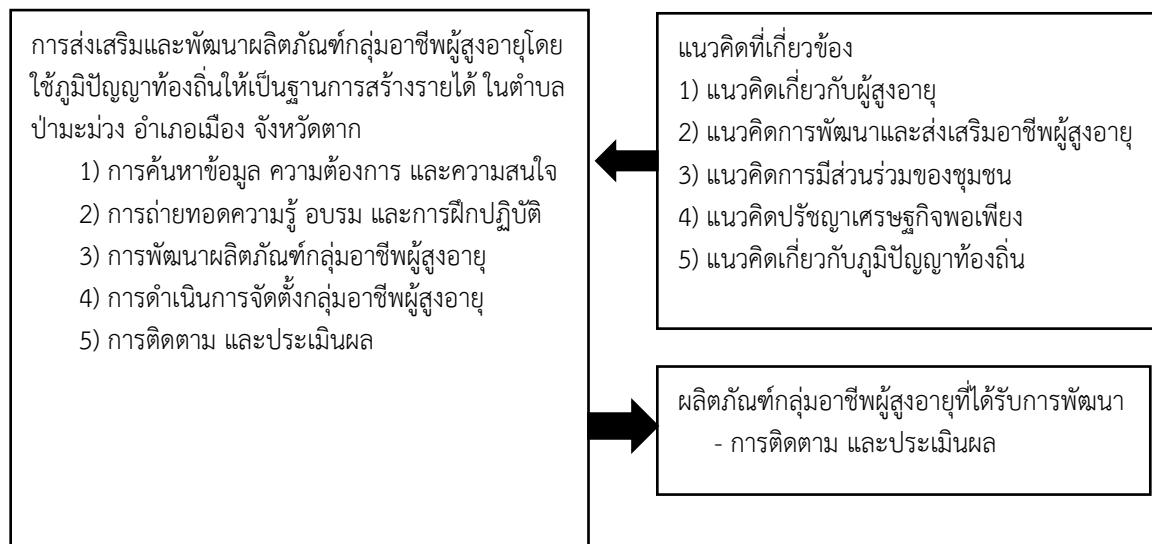
แนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงถือเป็นการสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ครอบครัว ชุมชน สังคม และประเทศชาติ ด้วยวิถีการพัฒนาที่อยู่บนพื้นฐานของวิถีชีวิตคนไทย เพื่อสร้างความเข้มแข็งในการพึ่งตนเองของสังคม และสร้างความสมดุลทุกภาคส่วน โดยให้ความสำคัญกับการนำทุนสังคม ทุนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มาใช้ประโยชน์บูรณาการเกื้อกูลกัน และส่งเสริมศักยภาพของชุมชน สังคม ให้แข็งแกร่ง โดยใช้ความรู้ ที่อยู่บนหลักความพอประมาณ ความมีเหตุผล และมีระบบภูมิคุ้มกัน นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

แนวคิดเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น

ภูมิปัญญาท้องถิ่น คือ ความรู้ ประสบการณ์ของชาวบ้านที่ถูกสั่งสม และสืบทอดกันรุ่นต่อรุ่น และตกผลึกมาเป็นองค์ความรู้ที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะท้องถิ่นผ่านกระบวนการพัฒนาให้สอดคล้องกับยุคสมัย โดยมีทั้งลักษณะที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม และสามารถถ่ายทอดจากผู้รู้ในท้องถิ่น ซึ่งภูมิปัญญาท้องถิ่นส่วนใหญ่มาจากวิถีชีวิตซึ่งสมาชิกในครอบครัวและสมาชิกในชุมชนได้ปฏิบัติสืบทอดกันมา

จากแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาสู่กรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research-PAR : PAR) โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย ระยะก่อนปฏิบัติการ เพื่อสร้างการมีส่วนร่วม ระยะปฏิบัติการ ในการร่วมตัวของสมาชิกเพื่อลงมือปฏิบัติ และระยะการประเมินผลการปฏิบัติการ เพื่อติดตามผลการปฏิบัติการ โดยมีเนื้อหาด้านการมีส่วนร่วม การศึกษาและเตรียมความพร้อม การเรียนรู้ และการจัดตั้งกลุ่มอาชีพเชิงธุรกิจเป็นประเด็นในการขับเคลื่อนเป็นหลัก โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่
2) ประสานกับผู้นำชุมชน การสำรวจสภาพทั่วไปของชุมชน การชี้แจงวัตถุประสงค์ ในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น กับ อบต. ผู้นำชุมชน และประชาชนผู้เกี่ยวข้อง

3) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร การสัมภาษณ์ การสังเกต

4) สัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่ม ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informant) ที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุในชุมชน จำนวนอย่างน้อย 10 คน ได้แก่ ผู้บริหาร และนักพัฒนาชุมชนประจำองค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง และเจ้าหน้าที่ ๆ เกี่ยวข้อง คณะกรรมการชมรมผู้สูงอายุ โดยร่วมกันวิเคราะห์ สังเคราะห์หาแนวทางการพัฒนาทุนทางวัฒนธรรมมาผลิตเป็นสินค้าชุมชน

5) การฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน ทำการคัดเลือกองค์ความรู้ที่มีเอกลักษณ์โดดเด่นของชุมชน และดำเนินการอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ โดยคัดเลือกผู้สูงอายุในชุมชนที่มีความสนใจเข้าร่วมจำนวน 25 คน เพื่อจัดตั้งกลุ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุ จนได้เป็นผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มต้นแบบของชุมชนซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติของผู้สูงอายุ คือ

- 5.1) เป็นผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป
- 5.2) เป็นผู้สูงอายุที่อยู่ในตำบลปามะม่วง หรือศึกษาในหลักสูตรของโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก
- 5.3) เป็นผู้สูงอายุที่ต้องการเข้าร่วมกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุ และสร้างผลิตภัณฑ์กลุ่มผู้สูงอายุเป็นอาชีพเสริม
- 5.4) เป็นผู้สูงอายุที่มีบทบาทด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นที่ยอมรับในชุมชน
- 6) ดำเนินการจัดตั้งกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุ ดำเนินการผลิต พัฒนาผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์เพื่อจำหน่ายต่อไป
- 7) ดำเนินการประชุมสรุปบทเรียนหลังการดำเนินงาน
- 8) ติดตามและประเมินผลภายหลังจากการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยข้อมูล จากการสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม และการทบทวนแนวคิด เอกสารที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลมาตรวจสอบความถูกต้องและทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพรรณนา (descriptive analysis) และใช้เทคนิคการสังเคราะห์เนื้อหา (content analysis) รวมทั้งตรวจสอบความพอเพียงของข้อมูลอีกครั้ง โดยการตรวจสอบแบบสามเส้า (Methodological triangulation) (สุภางค์ จันทวานิช, 2553: 129-131) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เลขที่ RMUTL-IRB 088/2023 โดยก่อนเริ่มการวิจัยผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลแก่ผู้สูงอายุที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยให้กลุ่มตัวอย่างลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย การให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นไปตามความสมัครใจ และมีสิทธิ์ที่จะถอนตัวหรือยกเลิกโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง

4. ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานสรุปได้ว่า การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ได้วางแผนการวิจัยโดยศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และสัมภาษณ์ผู้บริหารขององค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง ผู้นำกลุ่มผู้สูงอายุ และผู้ที่เกี่ยวข้อง และสำรวจความสนใจของผู้สูงอายุ

ต่อการพัฒนาอาชีพ เพื่อกำหนดหัวข้อในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างอาชีพ ได้แก่ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย จากนั้นจึงติดต่อ
ประสานงานวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ สามารถถ่ายทอดความรู้ และวางแผนการจัดกิจกรรมบูรณาการ และลงมือปฏิบัติ

1) ระยะก่อนปฏิบัติการ

สรุปข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้บริหาร ผู้นำกลุ่มผู้สูงอายุ และผู้ที่เกี่ยวข้อง พบว่า ความต้องการของผู้สูงอายุและ
ผู้เกี่ยวข้องที่มีต่อการได้รับการส่งเสริมกลุ่มอาชีพ คือการผลิตสินค้าต่อยอดจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น
ตามแนวทางหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย และมีความต้องการให้มีการอบรมความรู้ การ
รวมกลุ่มและบริหารจัดการกลุ่ม และต้องการการส่งเสริมให้จัดตั้งกลุ่มอาชีพให้กับผู้สูงอายุ ด้านการจัดหาตลาดสนับสนุนผลผลิต
ของกลุ่ม และการลงทุนเริ่มต้นโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ด้านข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อการพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุ คือ การรวมกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุยังขาดความเข้มแข็ง ควร
สนับสนุนกลุ่มอาชีพที่ทุกคนสามารถทำได้ง่ายและไม่ใช้กำลังมาก อีกทั้งจัดหาวัสดุอุปกรณ์ได้ในท้องถิ่น เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพ
และต่อยอดได้ นอกจากนี้ยังเห็นว่าควรมีการจัดหางบประมาณสนับสนุนให้มีการฝึกอบรม รวมถึงการสนับสนุนในการหาตลาด
รองรับผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอีกด้วย

2) ระยะปฏิบัติการ

จากการระดมสมองกลุ่มผู้สูงอายุและผู้เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดและขับเคลื่อนแผนการพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุนำร่องได้
ข้อสรุป คือ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย ในชื่อ “Banana Pa-ma-muang” โดยเห็นว่าสามารถดำเนินการได้ง่าย ทั้งนี้มีแหล่งความรู้
เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นในพื้นที่และใกล้เคียง คืออาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก และภาคีเครือข่าย ซึ่งยินดีเป็น
วิทยากรเข้าร่วมส่งเสริมให้ความรู้ในการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับสมาชิกกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุได้เรียนรู้และปฏิบัติจนสามารถผลิต
ได้เอง รวมทั้งมีส่วนช่วยในการวางแผน เตรียมการผลิตและจัดซื้อจัดหาวัตถุดิบ การออกแบบชื่อและฉลากตราสินค้า โดยร่วมกันเสนอ
ความคิดจนได้รับความเห็นชอบร่วมกัน และนำไปสู่การจัดกิจกรรมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อผลิตสินค้ากลุ่มอาชีพผู้สูงอายุ ณ ศูนย์
พัฒนาคุณภาพชีวิตและส่งเสริมอาชีพผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง (ศพอส) ตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ซึ่งได้รับความร่วมมือจาก
กลุ่มผู้สูงอายุ เข้าร่วมจำนวน 25 คน



ภาพที่ 1 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย

ภายหลังจากการอบรมความรู้เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์แล้ว ได้มีการดำเนินการจัดการระดมความคิดและพัฒนาบรรจุภัณฑ์
ให้มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ผู้สูงอายุ หลังจากนั้นกลุ่มผู้สูงอายุได้มีการรวมกลุ่มดำเนินการผลิตสินค้าด้วยตนเอง และนำมา
บรรจุภัณฑ์เพื่อเตรียมการจำหน่าย และมีการดำเนินการอบรมให้ความรู้ด้านการจัดตั้งกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุ การบริหารจัดการกลุ่ม
อาชีพ ตลอดจนการส่งเสริมการตลาดเพื่อหาช่องทางในการจำหน่ายต่อไป



ภาพที่ 2 ตราสัญลักษณ์และบรรจุภัณฑ์สินค้า “Banana Pa-ma-muang”

ด้านการตลาด สมาชิกในกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุมีเป้าหมายในการสร้างผลิตภัณฑ์ให้เป็นธุรกิจของชุมชน โดยระยะแรกเน้นขายให้กับคนในชุมชนโดยวางจำหน่ายที่โรงเรียนผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง ณ องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง อำเภอเมืองจังหวัดตาก ตลอดจนพื้นที่ร้านค้าเครือข่ายใกล้เคียง และมีเป้าหมายในการวางขายในร้านค้าถาวรของกลุ่มผู้สูงอายุใน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นตลาดภายในท้องถิ่นเป็นหลักก่อนตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง แล้วค่อยขยายต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ยังติดต่อกับเครือข่ายร้านค้า OTOP ของเทศบาลเมืองตาก เพื่อผลิตสินค้าส่งขายอีกช่องทางหนึ่ง และมีความต้องการอบรมความรู้ด้านการใช้สื่อโซเชียลและการขายสินค้าทางช่องทางออนไลน์ในโอกาสต่อไป

ด้านการจัดตั้งและการบริหารจัดการกลุ่มอาชีพ โดยกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้บริหาร ผู้ที่เกี่ยวข้อง และนักวิจัย ร่วมดำเนินการจัดตั้งกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุเป็นการภายในก่อน โดยมีผู้แทนของคณะกรรมการผู้สูงอายุและผู้ที่เกี่ยวข้องเป็นผู้ร่วมวางแผนและดำเนินงาน ด้านการจัดหาทุน การผลิต การตลาด การเงิน การบัญชี และการรับสมาชิกเข้าร่วมกลุ่ม มีการจัดทำจัดทำระเบียบข้อบังคับของกลุ่ม และแผนปฏิบัติงานเชิงธุรกิจแบบง่าย ๆ และมีเป้าหมายการในการดำเนินการจดทะเบียนจัดตั้งกลุ่มอย่างเป็นทางการในโอกาสต่อไป

3) ระยะเวลาประเมินผล

3.1) ด้านผลลัพธ์ของการดำเนินงาน ได้แก่ ด้านรูปธรรม คือ ผลิตภัณฑ์สินค้า “Banana Pa-ma-muang” ส่วนด้านนามธรรม คือ องค์ความรู้ที่ใช้ดำเนินการและพัฒนาในกลุ่มอาชีพเชิงธุรกิจของผู้สูงอายุให้สามารถพึ่งตนเองได้ภายหลังจากการวิจัยเสร็จสิ้น

3.2) การวิเคราะห์ผลการบริหารจัดการของกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุในเชิงธุรกิจ มีการรายงานผลให้คณะกรรมการกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุและคณะกรรมการชุมชนทราบในการประชุมประจำเดือนของกลุ่ม

3.3) สรุปผลการจำหน่ายระยะแรก (ระยะเวลา 2 เดือนแรก) สามารถจำหน่ายได้ในปริมาณเฉลี่ยเกิน 75% ต่อครั้งที่ผลิต เนื่องจากได้วางจำหน่ายในโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง ณ องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีการจัดการเรียนการสอนนักเรียนผู้สูงอายุรุ่นที่ 6 (ปีการศึกษา 2567) และนำมาจำหน่ายเพิ่มเติมในวันจ่ายเบี้ยผู้สูงอายุ หรือวันที่มีการจัดกิจกรรมในโอกาสต่าง ๆ ของชุมชน ซึ่งได้รับการตอบรับที่ดีจากคนในชุมชน รวมถึงลูกค้าทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยที่สามารถดึงดูดกลุ่มลูกค้าได้ดีอีกประการหนึ่งคือการตั้งราคาสินค้าที่ไม่แพงมากนัก ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงเกิดแรงจูงใจในการซื้อสินค้ามากยิ่งขึ้น

3.4) ผลการติดตามความเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการฝึกอบรมผลิตสินค้ากลุ่มผู้สูงอายุ “Banana Pa-ma-muang” ครั้งแรก พบว่า สมาชิกกลุ่มผู้สูงอายุสามารถดำเนินการผลิตร่วมกันได้เองโดยไม่ต้องใช้วิทยากรในการสอน เนื่องจากมีการจดบันทึกขั้นตอนการผลิต ไว้อย่างละเอียด ทำให้สามารถดำเนินการผลิตได้เอง นอกจากนั้นยังมีผู้นำกลุ่มผู้สูงอายุที่ค่อนข้างมีศักยภาพและองค์ความรู้ที่ดี สามารถให้คำแนะนำสมาชิกในกลุ่มได้เอง จึงค่อนข้างไม่มีปัญหาในการผลิตสินค้าเองในคราวต่อไป และมีการรวมกลุ่มกันผลิตเพิ่มตามเวลาที่ผลิตภัณฑ์สามารถจำหน่ายได้ใกล้หมด

3.5) ด้านการตลาด จากการนำผลิตภัณฑ์ไปฝากจำหน่าย หรือออกร้านต่าง ๆ นั้น พบว่า ภาพรวมสามารถจำหน่ายได้เฉลี่ย 60% โดยพบปัญหา คือ ยังขาดการแนะนำรายละเอียดลูกค้าและการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ที่ดี แผ่นป้ายในการให้ข้อมูลและประชาสัมพันธ์การจำหน่ายยังไม่สามารถดึงดูดผู้บริโภคได้มากนัก รวมทั้งยังขาดการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ในช่องทางสื่ออื่น ๆ เช่น สื่อออนไลน์ เป็นต้น

5. สรุปและอภิปรายผล

การส่งเสริมและพัฒนาในกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ได้ดำเนินการจัดตั้งกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุขึ้นในเบื้องต้น ซึ่งกระบวนการนี้ตั้งอยู่บนฐานการกำหนดและขับเคลื่อนแผนการพัฒนาในกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุนำร่อง คือ สร้างเวทีการเรียนรู้ส่งเสริมการรวมกลุ่ม พัฒนาเทคโนโลยี พัฒนาระบบตลาด พัฒนากิจกรรมเกี่ยวกับการศึกษา ทำการวิจัยเพื่อสนับสนุนกิจกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน จัดแหล่งเรียนรู้ สร้างหลักสูตรฝึกอบรม พัฒนาระบบข้อมูลข่าวสาร และเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารการพัฒนา เศรษฐกิจชุมชนออกสู่สังคมภายนอก (ธนศ ศรีวิชัย ลำพันธ์, 2554) (อ่าโน ผกัรัตน์ พินิจวัฒน์, 2561) ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดเวทีระดมสมองของภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้นำมากำหนดเป็นแผนการพัฒนาในกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุนำร่อง ได้ข้อสรุปกิจกรรมและสินค้าที่ต้องการ คือ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วย ในชื่อ “Banana Pa-ma-muang” ซึ่งมีเหตุผลประกอบการเลือกคือ ผู้สูงอายุสามารถ

ดำเนินการได้ไม่ยากนัก วัสดุอุปกรณ์หาง่ายในท้องถิ่น ต้นทุนการผลิตไม่มาก อีกทั้งมีแหล่งความรู้เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นในพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งเป็นไปในแนวทางการประยุกต์ใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงกับการดำเนินงาน สอดคล้องกับ อภิชาติ พันธุ์เสน และคณะ (2550) โดยการใช้หลักเศรษฐกิจพอเพียงนี้ เป็นการบริหารจัดการบนฐานการลดความเสี่ยง สร้างภูมิคุ้มกัน ให้ความสำคัญกับการพัฒนาแบบองค์รวมอย่างยั่งยืน โดยใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เน้นการทำให้คนมีงานทำและมีรายได้มาเลี้ยงตนเอง และครอบครัว มีขนาดผลิตที่เหมาะสม และการผลิตเพื่อตอบสนองตลาดภายในท้องถิ่นเป็นอันดับแรก

ทั้งนี้การดำเนินงานซึ่งได้เกิดความร่วมมือระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุ ชุมชน และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ตลอดจนภาคีเครือข่าย ร่วมส่งเสริมให้ความรู้ในการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับสมาชิกกลุ่มอาชีพผู้สูงอายุได้เรียนรู้และปฏิบัติจนสามารถผลิตได้เอง รวมทั้งมีส่วนช่วยในการวางแผน เตรียมการผลิตและจัดซื้อจัดหาวัตถุดิบ การออกแบบชื่อและฉลากตราสินค้า และการดำเนินการด้านการตลาด ถือเป็นแนวทางที่เหมาะสม สอดคล้องกับ จริญญา วงษ์พรหม และคณะ (2558) ที่กล่าวว่า สถาบันการศึกษาควรเข้ามามีบทบาท ในการสนับสนุนกลุ่มอาชีพ โดยการส่งเสริมนั้นควรเป็นอาชีพภายใต้ความต้องการของกลุ่มและตัวผู้รับการส่งเสริม ในเรื่ององค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้ทุกคนได้ใช้ศักยภาพที่มีอยู่มาสร้างคุณค่า ความมั่นคง และศักดิ์ศรีให้กับตนเอง

ส่วนด้านการตลาดจากการสรุปผลการจำหน่ายระยะแรก ก็สามารถจำหน่ายได้ในปริมาณเฉลี่ยเกิน 75% ต่อครั้งที่ผลิตของทั้ง 2 กลุ่มผลิตภัณฑ์ เนื่องจากได้วางจำหน่ายในโรงเรียนผู้สูงอายุตำบลปามะม่วง ณ องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีการจัดการเรียนการสอนนักเรียนผู้สูงอายุรุ่นที่ 6 (ปีการศึกษา 2567) และนำมาจำหน่ายเพิ่มเติมในวันจ่ายเบี้ยผู้สูงอายุ หรือวันที่มีการจัดกิจกรรมในโอกาสต่าง ๆ ของชุมชน ซึ่งได้รับการตอบรับที่ดีจากคนในชุมชน รวมถึงลูกค้าทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยที่สามารถดึงดูดกลุ่มลูกค้าได้ดีอีกประการหนึ่งคือการตั้งราคาสินค้าที่ไม่แพงมากนัก ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงเกิดแรงจูงใจในการซื้อสินค้ามากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ากลุ่มฯ เน้นการตลาดในเชิงธุรกิจชุมชนหรือแนวเศรษฐกิจพอเพียงเป็นหลัก สอดคล้องกับ ปาณวัฒน์ อุทัยเลิศ (2551) (อ้างใน ผกาวรัตน์ พินิจวัฒน์, 2561) กล่าวถึงลักษณะของธุรกิจชุมชนนั้น จะมุ่งเน้นให้เกิดความเข้มแข็งกับชุมชน ไม่มุ่งเน้นแต่การสร้างผลกำไร แต่เน้นการเกิดประโยชน์ และสร้างความเข้มแข็งของชุมชนให้สามารถแข่งขันด้านคุณภาพในการผลิตกับธุรกิจเอกชนได้ และ เอกชัย พุ่มดวง (2557) ที่พบว่า การสร้างผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นสามารถสนองความต้องการของผู้บริโภคนำมาซึ่งรายได้แก่คนในชุมชนทำให้ชุมชนเข้มแข็งพึ่งตนเองได้

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก” มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับแนวทางการพัฒนาอาชีพกลุ่มผู้สูงอายุและพัฒนาสินค้าจากภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยมุ่งเน้นการฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดความเข้าใจ ทำให้ผู้ศึกษามีความรู้จริงสามารถนำไปปฏิบัติได้ (วชิรวัชร งามละม่อม, ม.ป.ป.) ทำให้ผู้สูงอายุได้เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ หลักปฏิบัติ การสร้างกิจกรรมร่วมกับหน่วยงาน ชุมชน หรือบุคคล ที่แสดงออกถึงภูมิปัญญา วัฒนธรรม อัตลักษณ์ ชุมชน ความร่วมมือของท้องถิ่น และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในชุมชน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ช่วยให้ทุกคนสามารถที่จะเรียนรู้และเข้าใจวิถีชีวิต การปฏิบัติตน และเข้าใจสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ สุขเมธ ตันดิเวชกุล (2549: 3) เลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา ที่กล่าวว่า ทุกคนต้องรู้จักโลกที่เราอยู่ว่ามีสภาพเป็นอย่างไร จึงจะสามารถใช้ประโยชน์และปรับเปลี่ยนชีวิตให้เหมาะสม มั่นคง ยั่งยืนได้ ซึ่งอยู่ภายใต้แนวคิดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยการจัดกิจกรรมนี้มีความสอดคล้องกับสภาพชีวิตและชุมชน ทำให้ผู้สูงอายุเกิดความสนใจกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม และเห็นว่าการพัฒนาอาชีพผู้สูงอายุเป็นสิ่งที่มีความประโยชน์ รวมทั้งสามารถก่อให้เกิดรายได้และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชญานันท์ ศิริกิจเสถียร และคณะ (2561) ที่พบว่า การพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุโดยประยุกต์ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงกับความต้องการของชุมชนทำให้เกิดกิจกรรมจากภูมิปัญญา สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ สร้างรายได้ และยังทำให้เกิดความรัก ความภาคภูมิใจในท้องถิ่นตนด้วย

ผู้สูงอายุมีความสุขและพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรม เนื่องจากกิจกรรมที่สร้างขึ้นเป็นกิจกรรมที่เกิดจากการสำรวจความสนใจของผู้สูงอายุโดยตรงผ่านการตัดสินใจร่วมกัน โดยมีการวางแผน การประสานงาน การแก้ไขปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน จึงสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันได้ดี นอกจากนี้การพัฒนาอาชีพในลักษณะนี้ยังเป็นส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความสนุกสนาน และการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรง ทำให้ทุกคนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สอดคล้องกับการศึกษาของ ศิริพร รัตนประดิษฐ์ (2546) ที่พบว่า การวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการสำรวจความสนใจของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษาประสบการณ์จากสถานที่จริงที่ต้องมีการวางแผน การติดต่อประสานงาน ฯลฯ สามารถทำให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์คือ กิจกรรมมี

ความน่าสนใจ มีความสุข สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนั้นผู้เรียนยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ต่อไป ทำให้เกิดความรักความภาคภูมิใจในท้องถิ่นของตนมากขึ้น และเป็นประโยชน์ในเชิงการรวบรวมฐานข้อมูลของท้องถิ่น วิถีชีวิต ภูมิปัญญา และวัฒนธรรม ได้วิธีหนึ่งด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพผู้สูงอายุโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นฐานการสร้างรายได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลปามะม่วง อำเภอเมือง จังหวัดตาก ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ประเภททุนงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน ผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

7. เอกสารอ้างอิง

- จรรย์ญา วงษ์พรหม และคณะ. (2558). *กลไกการส่งเสริมการมีงานทำของผู้สูงอายุที่เป็นแรงงานนอกระบบ* (รายงานการวิจัย).
ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชญานันท์ ศิริกิจเสถียร และคณะ. (2561). การพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในหมู่บ้านโพธิ์พัฒนา ตำบลคณฑี อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร. *วารสารลักทอง-วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (สทมส.)*, 24(ฉบับพิเศษ), 75-85.
- ผการัตน์ พินิจวัฒน์. (2561). การส่งเสริมอาชีพให้ชุมชน: กรณีศึกษาบ้านโพธิ์ไทร ตำบลเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเลย. *วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร*, 6(3), 925-935.
- มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). (2563). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2562*. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วชิรวัชร งามละม่อม. (ม.ป.ป.). *แนวคิดการจัดกระบวนการเรียนรู้ในชุมชน*. สืบค้น 8 พฤษภาคม 2567, จาก [file.siam2web.com> trdm > article](http://file.siam2web.com/trdm/article).
- ศิริพร รัตนประดิษฐ์. (2546). *การบูรณาการการเรียนรู้เรื่อง อาชีพท้องถิ่นในรายวิชาวิถีธรรมวิถีไทย โรงเรียนศรีธนาภนิชยการเทคโนโลยี เชียงใหม่* (การค้นคว้าแบบอิสระ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวศึกษา). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). *ประกาศ เรื่อง ยุทธศาสตร์ชาติ (20 ปี) พ.ศ. 2561 – 2580*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566, จาก <https://pub.nstda.or.th/gov-dx/wp-content/uploads/2021/09/20181013-announcement-national-strategy.pdf>.
- สำนักงานสถิติจังหวัดตาก. (2564). *จำนวนประชากรในจังหวัดตาก ปี 2560*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566, จาก <https://tak.nso.go.th/>.
- สุภางค์ จันทวานิช. (2553). *วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุเมธ ตันติเวชกุล. (2549). *ใต้เบื้องพระยุคลบาท* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: มติชน.
- สุเมธ ตันติเวชกุล. (2549). *ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงพระเจ้าอยู่หัว*. กรุงเทพฯ: แสงดาว.
- องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง. (2564). *จำนวนประชากรในตำบลปามะม่วง ปี 2564*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566, จาก <https://www.pamamuang.go.th/condition>.
- องค์การบริหารส่วนตำบลปามะม่วง. (2564). *ผลิตภัณฑ์ OTOP ตำบลปามะม่วง*. สืบค้น 16 มีนาคม 2566, จาก <https://www.pamamuang.go.th/trv-Otp?page=5>.
- อภิชัย พันธุ์เสน, สรวิชญ์ เปรมชื่น, และพิเชษฐเกียรติ เดชปัญญา. (2550). *การประยุกต์พระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียงกับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- เอกชัย พุ่มดวง. (2557). *กระบวนการเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นแบบมีส่วนร่วมตามแนวเศรษฐกิจชุมชนในตำบลโคกโคเฒ่า อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี* (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

การพัฒนากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนออร์แกนิก จังหวัดตาก

กานต์ วิรุณพันธ์^{1*} ธนารักษ์ สายเปลี่ยน² อุกฤษฎ์ ธนทรัพย์ทวี³ พิชิตรี ทองดี⁴

^{1 2 3 4} สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนาตาก 41/1 หมู่7 ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000

⁴ สาขาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนาตาก 41/1 หมู่7 ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000

kant_IE@rmutl.ac.th , kant_wirunphan@hotmail.co.th , โทร.08-9666-0301

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนออร์แกนิก จังหวัดตาก โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิและค่า pH ในกระบวนการหมักและหลังสิ้นสุดกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้แบบเดิมและแบบที่พัฒนาขึ้นในการดำเนินงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบและสร้างถังหมักที่มีขนาดกว้าง*ยาว*สูง และหนา 30*54.5*26.5 และ 3.5 เซนติเมตรสามารถบรรจุเมล็ดโกโก้ได้ปริมาณสุทธิ 30 กิโลกรัม ในการดำเนินงานวิจัยจะเลือกใช้เมล็ดโกโก้พันธุ์ IM-1 เป็นวัตถุดิบในการทดลองครั้งละ 20 กิโลกรัม และใช้ไบโตนกกล้วยน้ำหว่านเป็นยีสต์ในกระบวนการหมัก ผลจากการทดลองจะพบว่ากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ที่พัฒนาขึ้นโดยการใช้ถังไม้เนื้อแข็งที่ได้จากการออกแบบและสร้างขึ้นจะสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีกว่ากระบวนการหมักแบบเดิมโดยใช้ตะกร้าไม้ไผ่ เนื่องจากถังหมักจากไม้เนื้อแข็งที่พัฒนาขึ้นมานั้นจะมีความหนาแน่นมากกว่า สามารถปิดมิดชิดทำให้อุณหภูมิภายนอกไม่สามารถส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในถังในกระบวนการหมักได้ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในการหมักอยู่ที่ 46.8 องศาเซลเซียสและค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 5.1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานในการหมักเมล็ดโกโก้ จึงสรุปได้ว่าการใช้ถังหมักจากไม้เนื้อแข็งที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะมีประสิทธิภาพด้านอุณหภูมิในการหมักเมล็ดโกโก้ได้ดีกว่าการใช้ตะกร้าหมักแบบเดิมประมาณ 10.9 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การพัฒนากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้

The Development of Cocoa Bean Fermentation Process for Organic Community Enterprise Group, Tak Province.

Kant Wirunphan^{1*} Thanarak Saiplean² Ukrit Thanasuptawee³ Pichitree Tongdee⁴

^{1 2 3 4} Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak. 41/1 Moo 7, Mai Ngam Subdistrict, Mueang District, Tak Province. 63000

kant_IE@rmutl.ac.th , kant_wirunphan@hotmail.co.th , Tel.08-9666-0301

Abstract

This research, is to the development of cocoa bean fermentation process for organic community enterprise group, Tak province. This aim is to compared the temperature and pH values in the fermentation process and after the end of the traditional and developed cocoa bean fermentation process. In carrying out this research, a fermentation tank will be designed and created with width*length*height and a thickness of 30*54.5*26.5 and 3.5 centimeters, Can hold 30 kilograms of cocoa beans at a time. In conducting the research, IM-1 cocoa beans will be used as raw materials for the experiment, 20 kilograms per experiment, and banana leaves will be used as yeast in the fermentation process. The results of the experiment, it was found that. The cocoa bean fermentation process developed using designed and created hardwood tank can control the temperature and pH better than the traditional fermentation process using bamboo baskets. This is because the hardwood fermentation tank developed are thicker. Can be completely closed, allowing the temperature outside the wood to affect the temperature inside the tank in the fermentation process. The highest average fermentation temperature was 46.8 degrees Celsius and the average pH was 5.1, which is in line with the standard criteria for cocoa bean fermentation. Therefore, it can be concluded that using a designed and created hardwood fermentation tank has a temperature efficiency in fermenting cocoa beans approximately 10.9 percent better than using a traditional fermentation basket.

Keywords: Development of the cocoa bean fermentation process.

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา

กลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มออร์แกนิก หมู่ 9 ต.ช่องแคบ อ.พบพระ จ.ตาก มีผู้ปลูกโกโก้จำนวน 111 คน มีพื้นที่รวมประมาณ 768 ไร่ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตโกโก้ที่สำคัญของจังหวัด โกโก้จะมีผลผลิตแทบทั้งปี จะมีผลผลิตจำนวนมากในช่วงหน้าฝนทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งปี เมื่อถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตส่วนใหญ่สมาชิกในกลุ่มชุมชนออร์แกนิกจะเก็บผลโกโก้มาขายให้กับผู้รับซื้อผลโกโก้ บางส่วนก็นำเมล็ดโกโก้มาหมักและตากแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงกว่าการขายผลสด ในการหมักเมล็ดโกโก้เพื่อให้ได้เมล็ดโกโก้แห้งที่มึกลิ่น รสและคุณภาพที่ดี อุณหภูมิระหว่างกระบวนการหมัก 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไม่ควรน้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส และค่า pH หลังจากสิ้นสุดกระบวนการควรอยู่ที่ 4.5 ถึง 5.5 pH เพื่อให้ได้กลิ่นและรสที่ดี จากนั้นนำไปตากแดดเป็นเมล็ดโกโก้แห้งส่งเข้าโรงงานทำช็อคโกแลตต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการหมักเมล็ดโกโก้ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มออร์แกนิก จะทำการหมักแบบเดิมโดยใช้ตะกร้าไม้ไผ่เป็นถังหมัก การใช้ตะกร้าไม้ไผ่เป็นถังหมักนั้นจะทำให้อากาศไหลผ่านได้และไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการหมักได้ ส่งผลต่อค่า อุณหภูมิและค่า pH หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมัก จึงทำให้คุณภาพของเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการหมักไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและความต้องการของโรงงาน จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะทำการพัฒนากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนดังกล่าว โดยทำการออกแบบและการจัดสร้างถังหมักจากไม้เนื้อแข็งที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร ขึ้นมา เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในการหมักไม่ให้อุณหภูมิภายนอกมากระทบและช่วยให้ค่า pH หลังการหมักเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของโรงงานต่อไป

จากปัญหาที่เกิดขึ้นคณะผู้ดำเนินการศึกษาวิจัยจึงได้ค้นคว้าศึกษาองค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า [1] อรพิน ภูมิภมร และคณะ ได้ทำการศึกษาปรับปรุงการหมักโกโก้ในท้องปฏิบัติการใช้จุลินทรีย์ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ 3 สายพันธุ์ ยีสต์และแบคทีเรียผลิตเอนไซม์เพคตินเนสและยังมีอะซิติกแบคทีเรีย 6 สายพันธุ์ จากการประเมินประสิทธิภาพการหมักโกโก้ 5 กิโลกรัม ของจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ด้วยผลการทดสอบของเมล็ดโกโก้หมักสมบูรณ์ โดยวิธีตัดทดสอบ (cut test) พบสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่หมักโกโก้ได้ดีกว่าการหมักแบบธรรมชาติ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* (KU-Y77), *Saccharomyces chevalieri* (KU-Y150) และ *Acetobacter aceti* (KU-A72) และอัตราส่วนของกล้าเชื้อที่เหมาะสมที่หมักเมล็ดโกโก้ 20 กิโลกรัม พบว่าใช้ KU-Y77:KU-Y150:KU-A72 เท่ากับ 1.5:1.0:1.0 (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก) ใช้กล้าเชื้อผสมในอัตราส่วนดังกล่าวมีเมล็ดโกโก้หมักสมบูรณ์ 81.7 ถึง 83.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หมักแบบธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 43.7 ถึง 61.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำกล้าเชื้อผสมไปทดลองหมักเมล็ดโกโก้ 40 กิโลกรัมต่อถัง โดยเกษตรกร 4 แห่ง โดยทำการหมัก 4 วันและ 6 วัน พบว่ามีค่าเมล็ดโกโก้หมักสมบูรณ์ 79 ถึง 84 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจัดอยู่ในมาตรฐานสากลเกรด 1 และยังลดระยะเวลาการหมักจาก 6 วันเป็น 4 วันได้อีกด้วย แต่การใช้กล้าเชื้อผสมจะเหมาะสมกับเกษตรกรที่มีปริมาณโกโก้ที่ใช้หมักเป็นจำนวนน้อยในแต่ละครั้งของการหมัก [2] อัมพล จุลสวัสดิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และคณะ ได้ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดโกโก้ในระหว่างกระบวนการหมัก ได้ใช้โกโก้ที่เก็บไว้ทั้งผลก่อนหมัก 4 วัน และ 7 วัน ทำการหมักในเชิงผลไม้และถั่วเป็นระยะเวลา 6 วัน ในช่วงที่มีการหมักนี้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทางฟิสิกส์ เคมี และจุลินทรีย์ ผลของการศึกษาจากการทำ Cutting Test พบว่าเมล็ดโกโก้ที่หมักในถัง มีคุณภาพดีกว่าเมล็ดที่หมักในเชิงเล็กน้อย การหมักในถังไม้ให้เมล็ดหมักสมบูรณ์ อยู่น้อยละ 54 ถึง 67 เมล็ดหมักเกือบสมบูรณ์ อยู่น้อยละ 28 ถึง 45 ส่วนการหมักในเชิงให้เมล็ดหมักสมบูรณ์และเกือบสมบูรณ์อยู่น้อยละ 50 ถึง 56 และ 43 ถึง 49 ตามลำดับในทุกการทดลองเมล็ดที่มีผิวด้านที่เป็นหินฉนวน (Slaty) มีไม่เกินร้อยละ 3 จากการ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี พบว่าเมล็ดก่อนและหลังหมักมีน้อยกว่าก่อนหมักเล็กน้อย ส่วนประกอบโปรตีนจะลดลงไปร้อยละ 1 ถึง 2 เมื่อขบวนการหมักสิ้นสุดการเก็บผลโกโก้ 4 และ 7 วัน ก่อนหมักทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 45 องศาเซลเซียส ใน 48 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับมีสภาพความเป็นกรดต่าง 4.7 ถึง 6.7 ในการหมักโกโก้ในทั้งสองภาชนะจะให้ผลไม่แตกต่างกัน ในระหว่างการหมักจุลินทรีย์ที่พบมีทั้งยีสต์และแบคทีเรีย [3] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ได้ทำการศึกษาและตีพิมพ์หนังสือเกี่ยวกับการจัดการ ความรู้เทคโนโลยีการผลิตโกโก้ โกโก้เป็นพืชอุตสาหกรรมที่สามารถนำไปแปรรูปเพิ่มมูลค่าได้หลากหลายนิยม นำไปเป็นส่วนประกอบในเครื่องดื่มอาหารและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทำให้มีความต้องการผลิตภัณฑ์โกโก้อย่างมากทั้งในและต่างประเทศ จึงนับเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจพืชหนึ่ง ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกไปทั่วทุกภาคของประเทศไทย กรมวิชาการเกษตรได้เล็งเห็นความสำคัญของโกโก้จึงได้มอบหมายให้สถาบันวิจัยพืชสวน โดยศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรเชิญบุคลากรที่ทำงาน และมีประสบการณ์เกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาพืชโกโก้ทั้งผู้เกษียณอายุราชการและผู้ที่ทำงานปัจจุบันมาร่วมให้ข้อมูล วิเคราะห์ตามกระบวนการจัดการองค์ความรู้ และนำมาเรียบเรียงจัดทำเป็นเอกสารวิชาการ การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตโกโก้ เพื่อให้ทุกคนในองค์กรสามารถเข้าถึงความรู้และพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รู้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตอบสนองต่อสังคมที่มีความต้องการข้อมูลโกโก้ มาพัฒนาการผลิตโกโก้ให้ได้คุณภาพตามความต้องการของตลาด ซึ่งเนื้อหาสาระในเอกสารกล่าวถึงที่มา และความสำคัญ สถานการณ์การผลิตและการตลาดพันธุ์โกโก้ เทคโนโลยีการผลิตโกโก้การจัดการศัตรูพืชและการป้องกันกำจัดกาเก็บเกี่ยว และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว เครื่องจักรกลทางการเกษตรและการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากโกโก้โดยมีเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร ในองค์กรศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร และ ศูนย์วิจัยพืชสวนอื่นๆที่ทำงานวิจัยโกโก้เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในการปลูกดูแลรักษา ลดความเสี่ยงในการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยและพัฒนาประสบ

ความสำเร็จ สามารถต่อยอดการพัฒนาองค์กรไปเป็นองค์กรเรียนรู้ และขยายฐานองค์ความรู้ไปสู่เกษตรกรกลุ่มเกษตรกรภาคเอกชนที่สนใจในการพัฒนาการผลิตโกโก้

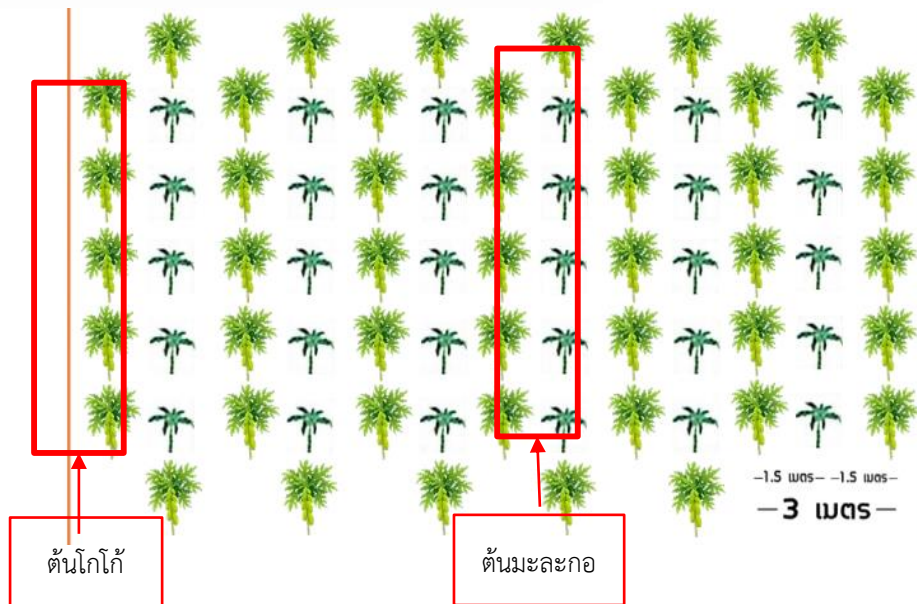
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิและค่า pH ในกระบวนการหมักและหลังสิ้นสุดกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้แบบเดิมโดยใช้ตะกร้าไม้ไผ่กับแบบที่ทำการพัฒนาโดยใช้ถังหมักจากไม้เนื้อแข็ง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับโกโก้

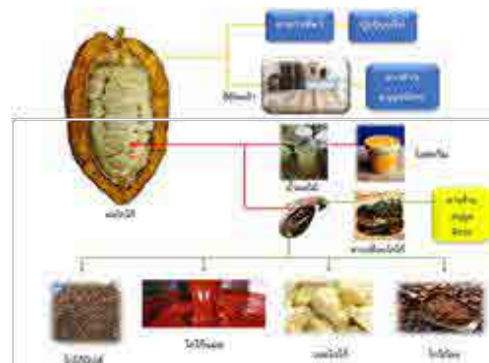
โกโก้[4][5] (Cocoa) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Theobromacacao เป็นพืชในวงศ์ STERCULIACEAE เป็นไม้ยืนต้นใบเดี่ยว ใบเรียงสลับรูปขอบขนานแกมไข่กลับหรือรูปขอบขนานดอกเดี่ยวหรือออกเป็นกระจุกที่ลำต้น และกิ่งก้านกลีบดอกสีขาวแกมเหลือง เกสรตัวผู้ที่เป็นหมันสีม่วงเข้มปลาย ยอดสีขาวผลสดรูปไข่แกมกระสวยมีผิวมันเมื่อสุกสีม่วงหรือเหลือง เมล็ดรูปกระสวยสีน้ำตาล มีแหล่งกำเนิดอยู่ในแถบกลุ่มน้ำเมซอนตอนบน ปัจจุบันพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในแอฟริกาตะวันตกร้อยละ 63 ของประเทศ ประเทศในเขตร้อนของอเมริการ้อยละ 20 ของประเทศ และเอเชียร้อยละ 17 ของทวีป ในประเทศไทยมีแหล่งปลูกโกโก้หลายจังหวัดเช่น ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง พังงาและสมุทรสงคราม เป็นต้น (สำนักงานข้อมูล สมุนไพร, 2014) โกโก้จะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอนาคตเนื่องจากทั่วโลกมีความต้องการมากนำไปผลิต ช็อกโกแลตและเครื่องสำอาง เช่น ลิปสติก ยาทาเล็บ ฯลฯ เฉลี่ยปีละ 2 หมื่นตัน ราคาเมล็ดแห้งมีแนวโน้มจะขยับขึ้นไปสูงกว่าปัจจุบันที่ราคา กิโลกรัมละ 40-50 บาท โดยเฉพาะผลผลิตโกโก้ที่ปลูกแบบเกษตรอินทรีย์หรือออร์แกนิกจะได้รับความนิยมมากเป็นพิเศษ ซึ่งถือว่าตลาดโกโก้ในไทยมีโอกาขยายตัว จึงเริ่มมีเกษตรกรให้ความสนใจปลูกโกโก้มากขึ้นด้วยเพราะราคาดี โดยพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศอยู่ที่ 5,464.39 ไร่ และพื้นที่เก็บเกี่ยว 4,090.66 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ คิดเป็นพื้นที่ 3,957.59 ไร่ ซึ่งจังหวัดที่ปลูกมากคือ น่าน เชียงราย ลำปาง ตาก เกษตรกรของจังหวัดตากที่ได้ทำการลงทะเบียนผู้ขอรับรองแปลงเกษตรอินทรีย์ เพื่อพัฒนามาตรฐานเกษตรอินทรีย์จังหวัดตากที่ได้ทำการปลูกโกโก้มี 19 ราย คิดเป็นร้อยละ 31 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนเกษตรกรที่ได้ทำการลงทะเบียนผู้ขอรับรองแปลงเกษตรอินทรีย์ เพื่อพัฒนามาตรฐานเกษตรอินทรีย์จังหวัดตาก (รายงานการประชุมการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม จังหวัดตากครั้งที่ 1/2563) [6] โกโก้กลายเป็นสินค้าทางการเกษตรที่ปลูกอยู่แบบประสมประสานกับพืชสวนอื่นกลายเป็นผลผลิตที่มีราคาดี แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดที่กำลังขยายตัว โกโก้จึงถูกให้ความสนใจ โกโก้จะมีผลผลิตแทบทั้งปีจะมีผลผลิตจำนวนมากในช่วงหน้าฝนทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งปี เมื่อเก็บผลโกโก้ที่สุกพอดีโดยดูจากสีผลที่เป็นสีเหลืองจนถึงส้ม โดยใช้กรรไกรตัดขั้วผลออกจากกิ่งไม่ควรใช้มือเด็ด เพื่อป้องกันไม่ให้ขั้ว ผลเข้า พอถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตส่วนใหญ่สมาชิกในกลุ่มชุมชนออร์แกนิกจะเก็บผลโกโก้มาขายให้กับผู้ที่รับซื้อผลโกโก้ บางส่วนก็นำผลโกโก้มาหมักและตากแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงกว่าการขายผลโกโก้สด ในกระบวนการหมักจะนำผลโกโก้สดมาแกะเมล็ดออกแล้วนำเมล็ดมาทำการหมัก เพื่อให้ได้เมล็ดโกโก้แห้งที่มีกลิ่น รส และคุณภาพที่ดี ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่เหมาะสมกับการหมักแต่ละครั้งอยู่ระหว่าง 20 กิโลกรัม อุณหภูมิระหว่างกระบวนการหมัก 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไม่ควรน้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส และค่า pH หลังจากสิ้นสุดกระบวนการควรอยู่ที่ 4.5 ถึง 5.5 pH เพื่อให้ได้กลิ่นและรสที่ดี จากนั้นนำไปตากแดดเป็นเมล็ดโกโก้แห้ง ที่จะส่งเข้าโรงงานทำช็อกโกแลต ซึ่งในขั้นตอนการหมักพบว่าการหมักแบบเดิมใช้หมักในตะกร้า ภายในตะกร้ามีใบตองกล้วยปิดรอบๆ เพื่อสร้างยีสต์[7][8] แล้วคลุมด้วยกระสอบป่านทับด้านบนของตะกร้า หมักทั้งหมด 7 วัน เหตุผลที่ต้องหมัก 7 วันเนื่องจากใช้เปรียบเทียบกับกรทดลองกับการหมักแบบเดิมและไม่ควรหมักเกิน 7 วัน เพราะจะทำให้กลิ่นและรสของช็อกโกแลตลดลงและถ้าระยะเวลาหมักสั้นเกินไปเมล็ดที่ได้จะเป็นสีม่วงและมีรสฝาดหรือขม สิ่งที่เกิดขึ้นคือตะกร้าแบบเดิมที่ใช้ในการหมักนั้นมียีสต์ไหลผ่านได้ และตะกร้าแบบเดิมไม่สามารถเก็บอุณหภูมิในการหมักได้ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดในระหว่างกระบวนการหมักอยู่ที่ 40.5 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศภายนอก ทางวิสาหกิจชุมชนออร์แกนิกจึงต้องสร้างโรงเรือนเพื่อช่วยในการรักษาอุณหภูมิในการหมัก



รูปที่ 1 รูปแบบการปลูกโกโก้แซมร่วมเงามะละกอ



รูปที่ 2 โกโก้พันธุ์ไอเอ็มวัน (IM-1)



รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์จากโกโก้และผลพลอยได้จากการแปรรูปโกโก้



(ก)

กล้วยอบๆ ถัง (ข) บรรจุเมล็ดโกโก้ลงในถัง



(ค) คลุมทับด้วยใบตองกล้วย



คลุมใบตอง



ผ้าหรือกระสอบ

(จ) พลิกกลับเมล็ดโกโก้ทุก 24 ชั่วโมง (ฉ) เมล็ดโกโก้ที่ผ่านการหมัก



(ง) คลุมทับด้วย

รูปที่ 4 ขั้นตอนการหมักเมล็ดโกโก้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

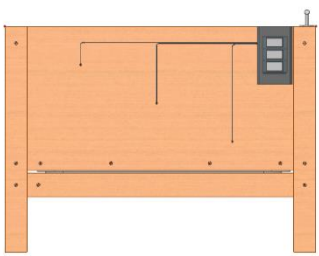
3.1 วัตถุประสงค์ วัสดุ อุปกรณ์และกลุ่มเป้าหมายในการทดลอง

1) กลุ่มเป้าหมายในการทดลองคือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนอร์แกนนิค เครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้หมู่ที่ 9 ตำบลช่องแคบ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

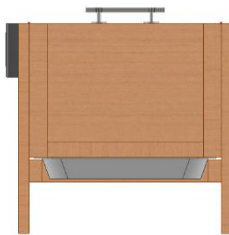
2) ในการดำเนินงานวิจัยจะใช้เมล็ดโกโก้พันธุ์ IM-1 ที่ผ่านการแกะเมล็ดออกจากฝักที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนนอร์แกนนิคใช้ในการหมักแบบเดิมเป็นวัตถุดิบหลักในการทดลองโดยจะทำการทดลองครั้งละ 20 กิโลกรัมเพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและค่า pH ในกระบวนการหมักและหลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ของกระบวนการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าไม้ไผ่หมักเปรียบเทียบกับกระบวนการหมักที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ถังไม้เนื้อแข็งที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นเป็นถังหมัก

3) ออกแบบและจัดสร้างถังหมักจากไม้เนื้อแข็งที่มีขนาดกว้าง*ยาว*สูงและหนาที่ 30*54.5*26.5 และ 3.5 เซนติเมตร สามารถบรรจุเมล็ดโกโก้ได้ปริมาณสุทธิ 30 กิโลกรัม ในการดำเนินงานวิจัยจะเลือกใช้เมล็ดโกโก้พันธุ์ IM-1 เป็นวัตถุดิบในการทดลองครั้งละ 20 กิโลกรัม ดังรูปที่ 5

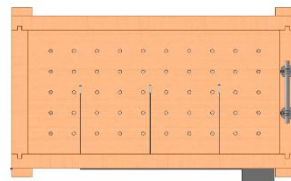
4) เทอร์โมมิเตอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและเครื่องตรวจวัดค่า pH



(ก) ภาพด้านหน้าของถังหมัก



(ข) ภาพด้านข้างของถังหมัก



(ค) ภาพด้านบนของถังหมัก

รูปที่ 5 ถังหมักเมล็ดโกโก้ที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นจากไม้เนื้อแข็ง

3.2 วิธีการทดลอง

1) ในการทดลองการหมักเมล็ดโกโก้แบบเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและแบบที่ทำการพัฒนาขึ้นมานั้น คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองกำหนดการหมักเมล็ดโกโก้ 7 วัน แบ่งการหมักออกเป็น 2 ช่วง คือ 72 ชั่วโมงแรกไม่กลับเมล็ดโกโก้และหลังจากครบ 72 ชั่วโมง จะทำการพลิกกลับเมล็ดโกโก้ทุกๆ 24 ชั่วโมงจนครบ 7 วัน บันทึกค่าอุณหภูมิกับค่า pH ทุกวันๆ ละ 3 เวลา หลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก ดังรูปที่ 6 และ รูปที่ 7

2) ใส่เมล็ดโกโก้ลงในถังพร้อมกับเสียบสายวัดอุณหภูมิตามตำแหน่งที่กำหนดไว้พอดี

3) ปิดด้วยใบตองที่เหลื่อและปิดทับอีกชั้นด้วยกระสอบป่าน 1 ใบ ปรับให้พอดีกับถังหมัก แล้วปล่อยให้กระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ทำงานช่วงระยะแรกโดยทิ้งไว้ 72 ชั่วโมง และระหว่างนั้นทำการเก็บผลเฉพาะข้อมูลค่าอุณหภูมิกับค่า pH ตามช่วงเวลาที่กำหนด หากอุณหภูมิความร้อนมากเกินไป 50 องศาเซลเซียส คลายกระสอบที่คลุมออก

4) หลังจากผ่าน 72 ชั่วโมง ช่วงแรกของกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้แล้วจะเปิดกระสอบป่านที่คลุมออกและวัดค่าอุณหภูมิกับค่า pH หลังจากนั้นตั้งถาดออกเหน้าหมักโกโก้และเปิดประตูด้านหน้าถังหมักโดยเอาเมล็ดโกโก้ใส่ใส่กะละ

5) ใส่เมล็ดโกโก้กลับเข้าถังหมักพร้อมกับวัดอุณหภูมิตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิกับค่า pH ตามช่วงเวลาที่กำหนดจากนั้นทดลองซ้ำจนกว่าจะครบ 7 วัน

6) หลังจากครบกำหนดการหมักทั้งหมด 7 วัน เก็บผลข้อมูลต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ ทำการวัดค่า pH สุดท้ายและเอาเมล็ดโกโก้จากถังหมักเพื่อไปตากแห้งต่อไป



(ก) เมล็ดโกโก้พันธุ์ IM-1



(ข) การบรรจุเมล็ดโกโก้ในถัง



(ค) การพลิกกลับเมล็ดโกโก้

รูปที่ 6 กระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ในการดำเนินงานวิจัย



(ก) อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก



(ข) ค่า pH ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก

รูปที่ 7 การตรวจวัดค่าอุณหภูมิและค่า pH ในกระบวนการหมัก

7) วิธีการเก็บผลการทดลองหมักเมล็ดโกโก้ ด้วยถังหมักเมล็ดโกโก้ โดยหมักเมล็ดโกโก้ทั้งหมด 7 วัน ใช้เมล็ดโกโก้ 20 กิโลกรัม ในการทดลองและจะเก็บข้อมูลอุณหภูมิ 3 ช่วงเวลา คือ (1) ช่วงเช้า 08.00 น. (2) ช่วงกลางวัน 12.30 น. (3) ช่วงเย็น 16.30 น. และเก็บข้อมูลค่า pH สุดท้ายหลังสิ้นสุดกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ เปรียบเทียบกันระหว่างหมักแบบเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกับกระบวนการหมักที่ทำการพัฒนาขึ้น ดังรูปที่ 8



(ก) ถังหมักและการหมักแบบเดิมของวิสาหกิจชุมชน



(ข) ถังหมักและการหมักที่ทำการพัฒนาขึ้น

รูปที่ 8 เปรียบการหมักและถังหมักจากไม้ไผ่และถังหมักจากไม้เนื้อแข็งที่ทำการพัฒนาขึ้น

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองหมักเมล็ดโกโก้ระหว่างการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้ากับการหมักที่ใช้ถังหมัก

การเก็บผลการทดลองหมักเมล็ดโกโก้ระหว่างการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้ากับการหมักที่ใช้ ถังหมัก โดยทำการทดลองหมักเมล็ดโกโก้ทั้งหมด 7 วัน ใช้เมล็ดโกโก้ 20 กิโลกรัม ในการทดลอง จะเก็บข้อมูลอุณหภูมิ 3 ช่วงเวลา คือ (1) ช่วงเช้า 08.30 น. (2) ช่วงกลางวัน 12.30 น. (3) ช่วงเย็น 16.30 น. และเก็บข้อมูลค่า pH ระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ ดังตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2

ตารางที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้

วันที่	อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ (องศาเซลเซียส)	
	การหมักตะกร้า	การหมักแบบถังไม้
1	28.9	30.4
2	31.4	33.5
3	33.2	35.1
4	34.1	36.5
5	36.2	40.8
6	38.1	45.5
7	40.2	46.8

ตารางที่ 2 ค่า pH เฉลี่ยระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้

วันที่	ค่า pH ระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้	
	การหมักตะกร้า	การหมักแบบถังไม้
1	7.1	7.1
2	5.2	5.2
3	3.1	3.5
4	4.7	4.5
5	5.2	4.9
6	5.6	5.1
7	5.7	5.1

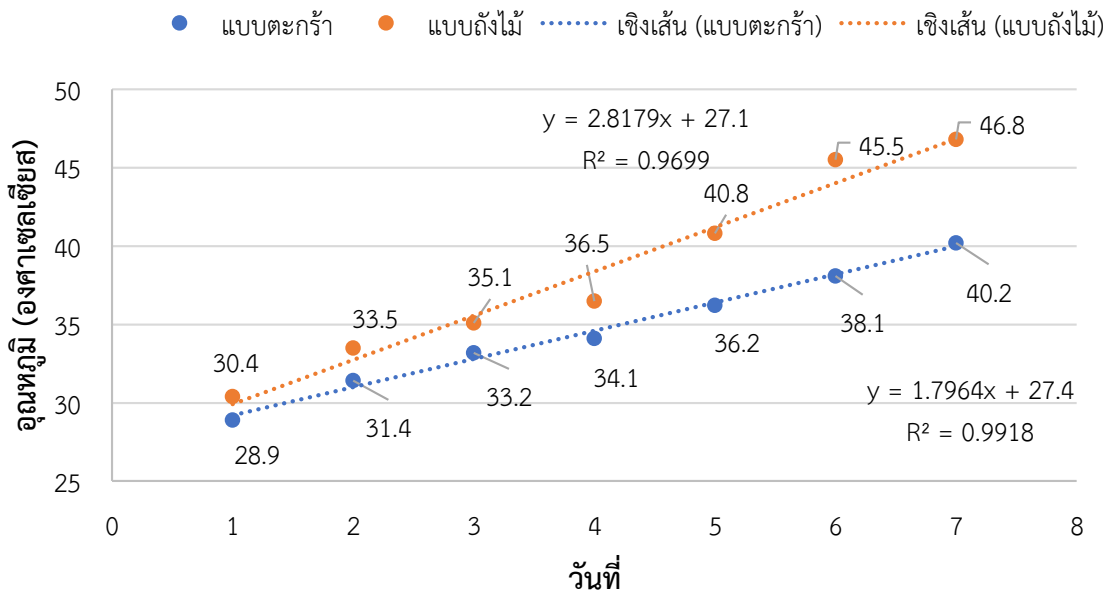
4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยกับค่า pH เฉลี่ย ของการหมักเมล็ดโกโก้แบบตะกร้ากับการหมักแบบถังไม้

จากตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 นำข้อมูลมาทำการหาผลต่างในแต่ละวันของอุณหภูมิเฉลี่ยและค่า pH เฉลี่ย ในกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้แบบเดิมตะกร้ากับการหมักแบบถังไม้ เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้แบบตะกร้ากับแบบถังไม้ ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 และรูปที่ 9 และรูปที่ 10

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้

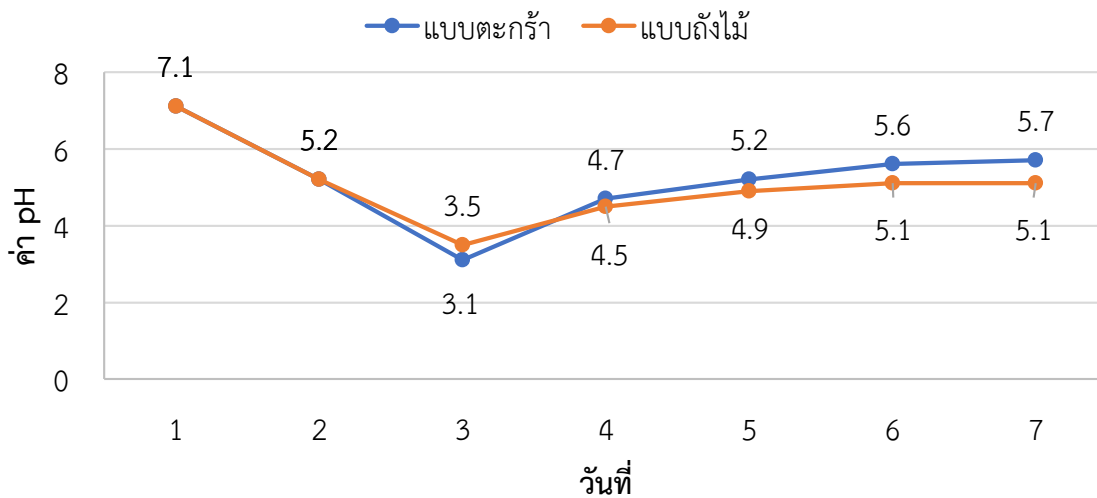
วันที่	อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ (องศาเซลเซียส)		ผลต่าง
	การหมักตะกร้า	การหมักแบบถังไม้	
1	28.9	30.4	1.5
2	31.4	33.5	2.1
3	33.2	35.1	1.9
4	34.1	36.5	2.4
5	36.2	40.8	4.6
6	38.1	45.5	7.4
7	40.2	46.8	6.6
ค่าเฉลี่ย	34.6	34.8	3.8

ภาพที่ 9 ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ



ตารางที่ 4
เปอร์เซ็นต์การ
เปลี่ยนแปลงค่า
pH เฉลี่ย
ระหว่าง
กระบวนการ
หมักเมล็ดโกโก้

วันที่	ค่า pH ระหว่างกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้		ผลต่าง
	การหมักตะกร้า	การหมักแบบถังไม้	
1	7.1	7.1	0
2	5.2	5.2	0
3	3.1	3.5	0.4
4	4.7	4.5	0.2
5	5.2	4.9	0.3
6	5.6	5.1	0.5
7	5.7	5.1	0.6
ค่าเฉลี่ย	5.2	5.1	0.3



รูปที่ 10
ค่าความ
แตกต่าง
ของค่า
pH

จากการทดลองในการหมักเมล็ดโกโก้ 20 กิโลกรัม ทำการหมัก 7 วัน และเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิกับค่า pH ของการหมักเมล็ดโกโก้ระหว่างการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าไม้ไผ่กับการหมักที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ถังหมักจากไม้เนื้อแข็งที่มีความหนา 3.5 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ที่พัฒนาขึ้นโดยการใช้อ่างหมักจากไม้เนื้อแข็งที่มีความหนาจะมีคุณภาพประสิทธิภาพดีกว่าการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าไม้ไผ่หมัก เพราะการใช้อ่างหมักที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะมีอุณหภูมิสูงสุด 46.8 องศาเซลเซียส สูงกว่าแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าไม้ไผ่หมัก และมีค่า pH เฉลี่ยสุดท้ายหลังสิ้นสุดกระบวนการอยู่ที่ 5.1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมของค่า pH ในการหมักเมล็ดโกโก้ ต่างจากการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าหมักที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของการหมักอยู่ที่ 40.2 องศาเซลเซียส และมีค่า pH เฉลี่ยสุดท้ายหลังสิ้นสุดกระบวนการอยู่ที่ 5.7 เนื่องจากการหมักโดยใช้ถังหมักที่มีความหนาของไม้ที่ 3.5 เซนติเมตร รอยต่อถึงปิดมิดชิดมีช่องว่างน้อยกว่าตะกร้า ทำให้อุณหภูมิภายนอกไม่สามารถส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในถังหมักได้ ทำให้การหมักมีอุณหภูมิที่สูงกว่าแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าหมัก จึงสรุปได้ว่าการใช้อ่างหมักจากไม้เนื้อแข็งที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะมีประสิทธิภาพด้านอุณหภูมิในการหมักเมล็ดโกโก้ได้ดีกว่าการใช้ตะกร้าหมักแบบเดิมประมาณ 10.9 เปอร์เซ็นต์

5 สรุปผลอภิปรายผล

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

- 1) ถังหมักจากไม้เนื้อแข็งที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะมีประสิทธิภาพด้านอุณหภูมิในการหมักเมล็ดโกโก้ได้ดีกว่าการใช้ตะกร้าไม้ไผ่หมักแบบเดิมประมาณ 10.9 เปอร์เซ็นต์
- 2) กระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ที่ทำการพัฒนาขึ้นโดยใช้ถังหมักไม้เนื้อแข็งที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะสามารถควบคุมอุณหภูมิสูงกว่ากระบวนการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าไม้ไผ่หมัก
- 3) กระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ที่ทำการพัฒนาขึ้นโดยใช้ถังหมักไม้เนื้อแข็งที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะช่วยให้ค่า pH เฉลี่ยในกระบวนการหมักและหลังสิ้นสุดกระบวนการหมักได้ดีกว่าและเป็นไปตามข้อกำหนดของเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการหมักได้ดีกว่ากระบวนการหมักแบบเดิมที่ใช้ตะกร้าไม้ไผ่หมัก
- 4) ความหนาของไม้ทำถังหมักมีผลโดยตรงต่อค่าอุณหภูมิและค่า pH ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการพัฒนาและเปรียบเทียบชนิดของถังหมักจากไม้ พลาสติกและสแตนเลส และรูปทรงของถังหมักที่มีผลต่อประสิทธิภาพเมล็ดโกโก้ที่ได้จากกระบวนการหมักของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนออร์แกนิก เครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้หมู่ที่ 9 ตำบลช่องแคบ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้สูงขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

- 1) ขอขอบพระคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) : งบประมาณด้าน ววน. ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2567 รหัสโครงการ: 4708823 รหัสข้อเสนอการวิจัย: 2567A17012151
- 2) ขอขอบพระคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี ตามที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการดำเนินโครงการวิจัย
- 3) ขอขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนออร์แกนิก นิค เครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้หมู่ที่ 9 ตำบลช่องแคบ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ ข้อมูลและวัตถุดิบในการดำเนินโครงการวิจัย
- 4) ขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตามกลุ่มโครงการ อ.กานต์ วิรุณพันธ์ ที่ช่วยดำเนินงานโครงการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อรพิน ภูมิภมร และคณะ. (2540). การศึกษาปรับปรุงการหมักโกโก้ในห้องปฏิบัติการ ได้ใช้จุลินทรีย์ ยีสต์ ผลิต แอลกอฮอล์ 3 สายพันธุ์. (ออนไลน์), 7 กันยายน 2565. www.kukr.lib.ku.ac.th
- [2] อัมพล จุลสวัสดิ์ และคณะ. (2536). ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดโกโก้ในระหว่างกระบวนการหมัก. ระบบบัญชีภาครัฐ. (ออนไลน์), 7 กันยายน 2565. www.kukr.lib.ku.ac.th/272886
- [3] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร (2564). การเรียนรู้เทคโนโลยีการผลิตโกโก้. (ออนไลน์), 5 กันยายน 2565. www.doa.go.th/share/attachment.php?aid=3136
- [4] ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร (2548). การพัฒนาโกโก้ในประเทศไทย. (ออนไลน์), 2 กันยายน 2565. <https://www.doa.go.th/Cacao-in-Thailand.pdf>
- [5] ภาณีต งานกรณาธิการ. (2548). การพัฒนาโกโก้ในประเทศไทย. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- [6] พรนภา ไหวหาร. (2565). ขั้นตอนการหมักเมล็ดโกโก้ จังหวัดตาก: วิสาหกิจชุมชนกลุ่มออร์แกนิกหมู่ 9 ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
- [7] เกรแฮม เอส ฟลิต และคณะ. (2557). ยีสต์จำเป็นสำหรับการหมักเมล็ดโกโก้. (ออนไลน์) 15 กันยายน 2565. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24462702/>
- [8] นิยม กำลั้งดี (2537). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ บทบาทของเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมในระหว่างการหมัก ต่อคุณภาพของเมล็ดโกโก้แห้ง. บริษัท นีโอนิคส์ จำกัด. (2558).

แนวทางการสร้างชุมชนปลอดภัยในบ้านป่าसान วิถีชีวิตธรรมดาที่ยั่งยืน

มงคลกร ศรีวิชัย¹ อนุสรรา ใจเฉลียว¹ และ นพรัตน์ เตชะพันธ์รัตนกุล^{2*}

¹ ศูนย์วิศวกรรมสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก จ.เชียงใหม่ 50300

*noparat@rmutl.ac.th, 0866796226

บทคัดย่อ

แนวทางการสร้างชุมชนปลอดภัยในบ้านป่าसान วิถีชีวิตธรรมดาที่ยั่งยืน การวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำองค์ความรู้จากโครงการแนวทางการบริหารจัดการขยะในภาคเหนือตอนบนมาปรับใช้ในชุมชนบ้านป่าसानเพื่อสร้างแนวปฏิบัติที่ดีและเป็นรูปธรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการขยะของชุมชนบ้านป่าसान องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 2) พัฒนากลไกการขับเคลื่อนการบริหารจัดการขยะตามขนาดและบริบทของชุมชนกึ่งชนบท โดยเน้นการศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันและความท้าทายในการจัดการขยะในพื้นที่ เริ่มจากการลงพื้นที่สำรวจพื้นที่เป้าหมายและประชุมชี้แจงให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่การดำเนินงาน และได้ทำการจัดตั้งคณะกรรมการด้านการจัดการขยะภายในชุมชนผ่านการลงมติของผู้นำชุมชนและคณะกรรมการหมู่บ้าน จากการดำเนินงานพบว่า ชุมชนบ้านป่าसानมีการจัดการขยะมาเป็นระยะเวลานาน จนทำให้สมาชิกในชุมชนนั้นมีการปฏิบัติด้านการจัดการขยะโดยเริ่มจากการคัดแยกในครัวเรือนจนเกิดเป็นอัตลักษณ์วิสัย ในด้านกลไกด้านการขับเคลื่อนของชุมชนพบว่าในชุมชนมีการยึดหลัก 3R เป็นหลักในการบริหารจัดการขยะ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการนำองค์ความรู้จากโครงการแนวทางการบริหารจัดการขยะในภาคเหนือตอนบนมาปรับใช้ในชุมชนบ้านป่าसान สามารถสร้างแนวปฏิบัติที่ดีและเป็นรูปธรรมในการจัดการขยะได้ โดยการจัดตั้งธรรมนูญชุมชนด้านการจัดการขยะที่มองเห็นเป็นรูปธรรมและชัดเจน รวมถึงการจัดตั้งคณะกรรมการในการบริหารจัดการขยะ ในปัจจุบันมีครัวเรือนที่มีปริมาณขยะที่นำส่งให้องค์การบริหารส่วนตำบลไปกำจัดอยู่ที่ 0.4 กิโลกรัมต่อเดือน ซึ่งสามารถเป็นแบบอย่างสำหรับชุมชนที่มีความประสงค์ที่จะเปลี่ยนแปลงชุมชนของตนเองให้กลายเป็นชุมชนที่มีการจัดการขยะที่ดี จนกลายมาเป็นวิถีชีวิตธรรมดาที่ยั่งยืน

คำสำคัญ แนวทางการบริหารจัดการขยะ, การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน, ชุมชนต้นแบบ

Guidelines for creating a zero-waste community in Ban Pa San, a sustainable and simple way of life

Mongkonkorn Srivichai¹ Anutsara Jaichaliaw¹ และ Noparat Techapunratanakul^{2*}

¹Center of Creative Engineering for Sustainable Development, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai 99 Sai
Khao, Phan, Chiang Rai, 57120

²Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, 50300

*noparat@rmutl.ac.th, 0866796226

Abstract

This research aims to apply the knowledge gained from the Upper Northern Thailand Waste Management Initiative to the Ban Pa San community in order to establish good and concrete waste management practices. The objectives are to: 1) Study the waste management practices of the Ban Pa San community, Muang Phan Subdistrict Administrative Organization, Phan District, Chiang Rai Province. 2) Develop mechanisms to drive waste management based on the size and context of semi-rural communities, focusing on the current situation and challenges of waste management in the area. The research began with field surveys in the target area and briefing sessions for stakeholders involved in the project. A community waste management committee was established through resolutions passed by community leaders and the village committee. The findings indicate that Ban Pa San has a long history of waste management, with community members practicing household waste segregation, which has become an ingrained habit. The community's driving mechanism for waste management adheres to the 3R principles (Reduce, Reuse, Recycle). The research demonstrates that adapting the knowledge from the Upper Northern Thailand Waste Management Initiative to Ban Pa San can create effective and concrete waste management practices. This includes establishing a community waste management charter and forming a waste management committee. Currently, households in Ban Pa San produce only 0.4 kilograms of waste per month that is sent to the subdistrict administrative organization for disposal, serving as a model for other communities aiming to transition to effective waste management and achieve a sustainable way of life.

คำสำคัญ Waste management guidelines, Community waste management, Model community

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

“ขยะ” ปัญหาที่ทุกคนมองเห็น และยังคงเป็นปัญหาที่อยู่คู่กับประเทศไทยมาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน เป็นลำดับสาเหตุแรกๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในแต่ละช่วงปี มีขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมากกว่า 2.1 พันล้านตัน แต่มีแค่เพียง 323 ล้านตันเท่านั้นที่ถูกนำเข้าไปสู่กระบวนการรีไซเคิล (โสมถ และ เกรียงศักดิ์, 2565) ขยะมูลฝอยในประเทศไทยโดยเฉพาะที่เกิดจากครัวเรือน มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยในปี 2563 มีขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้นประมาณ 25.37 ล้านตัน ซึ่งขยะมูลฝอยชุมชนจะถูกคัดแยก ณ ต้นทาง และนำกลับไปใช้ประโยชน์ จำนวน 8.36 ล้านตัน (ร้อยละ 33) โดยมีขยะมูลฝอยชุมชนที่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้อง 9.13 ล้านตัน (ร้อยละ 36) ส่งผลให้ขยะมูลฝอยชุมชนได้รับการกำจัดไม่ถูกต้องประมาณ 7.88 ล้านตัน (ร้อยละ 16) (สุภาพร แปะยอ, 2567) โดยปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี โดยทางรัฐบาลได้มีการหาทางออกและแก้ไขปัญหาดังที่กล่าวมานี้ จากการกำหนดแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (ปี พ.ศ. 2566-2570) หมวดหมายที่ 10 ไทยมีเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ เป้าหมายการพัฒนาที่ 3 การสร้างสังคมคาร์บอนต่ำและยั่งยืน โดยมีการให้ความสำคัญกับการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายในตัวชี้วัดที่ 3.2 ที่กล่าวว่า การนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40 ของปริมาณขยะที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ภายในปี 2570 และตัวชี้วัดที่ 3.3 ปริมาณขยะต่อหัวในปี 2570 ลดลงจากปี 2560 ร้อยละ 10 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565)

จากข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยในภูมิภาคเหนือ ของกรมควบคุมมลพิษพบว่าในปี พ.ศ. 2564 ได้มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือจำนวน 1.69 ล้านตันต่อปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) ซึ่งจากบริบทของพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จะเห็นได้ว่าลักษณะของชุมชนจะเป็นชุมชนกึ่งเมือง และชุมชนกึ่งชนบทที่อาศัยอยู่ร่วมกัน มีการหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาขยะอย่างหลากหลายส่งผลให้ในหลายพื้นที่ได้รับการแก้ไขปัญหามาทำให้ปริมาณขยะในบางพื้นที่นั้นมียังมีจำนวนที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันบางพื้นที่ก็ยังไม่ได้รับการแก้ไขเนื่องจากการดำเนินการบางอย่างนั้นทำให้ไม่ครอบคลุมทำให้ในหลายๆ พื้นที่ที่ยังต้องรับผลกระทบด้านปัญหาขยะอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับประชาชนในหลายๆ พื้นที่มักมีการจัดการขยะมูลฝอยที่ผิดลักษณะจะไม่มีการคัดแยกขยะตั้งแต่ครัวเรือนของตน จากข้อมูลการสำรวจของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1 (เชียงใหม่) ได้ทำการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอย โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป้าหมาย และการคำนวณอัตราการเกิดขยะมูลฝอยในเขตองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พบว่ามีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 1.07 กิโลกรัมต่อคนต่อวันในช่วงปี พ.ศ. 2565 (กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565) แต่ในขณะเดียวกัน ก็มีหลายพื้นที่ที่เริ่มมองเห็นความสำคัญของปัญหาขยะที่เกิดขึ้น องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายก็เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มองเห็นปัญหาและให้ความสำคัญด้านการจัดการขยะที่ว่านี้ โดยได้มีการดำเนินการจัดการขยะมาตั้งแต่ในปี 2556 จนถึงปัจจุบัน

จากอดีตจนถึงปัจจุบันองค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพานได้มีการบริหารจัดการขยะมาต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 11 ปี จนทำให้ชุมชนและครัวเรือนมีการบริหารจัดการขยะที่ครอบคลุม และลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลงไปเป็นอย่างมาก หมู่บ้านป่าสา เป็นอีกในชุมชนหนึ่งที่อยู่ในเขตปกครององค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน ที่มีการบริหารจัดการขยะต้นทางมีการคัดแยกที่ดี จึงได้รับคัดเลือกให้เป็นพื้นที่การถอดบทเรียนชุมชนต้นแบบที่มีการจัดการขยะที่ดี ของโครงการ แนวทางการบริหารจัดการขยะสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละขนาดพื้นที่ กรณีศึกษาภาคเหนือตอนบน เพราะผู้วิจัยนั้นมองเห็นว่า ในชุมชนนี้ ได้มีการปฏิบัติการบริหารจัดการขยะมาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน จนก่อให้เกิดเป็นนิสัยที่พึงปฏิบัติ กล่าวคือ ในทุกครัวเรือนนั้น มีการจัดการขยะในระดับครัวเรือนที่ดี มีการคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง การคัดแยกถุงพลาสติก และมีการจัดการขยะอินทรีย์ด้วยตนเองอย่างครบวงจร ชุมชนแห่งนี้ได้มีการปฏิบัติด้านการจัดการขยะมาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน จนนำไปสู่การเป็นวิถีชีวิตของชุมชน จะเห็นได้ว่า การจัดการขยะในชุมชนเป็นประเด็นสำคัญที่ทุกชุมชนต้องเผชิญ ในปัจจุบัน ชุมชนบ้านป่าสา มีการจัดการขยะในระดับที่ดี แต่ยังคงมีความท้าทายในการปรับปรุงระบบการจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการจัดการขยะที่เป็นมาตรฐานระดับสากล ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำองค์ความรู้จากงานวิจัยในโครงการแนวทางการบริหารจัดการขยะในภาคเหนือตอนบนที่ได้ศึกษาและวิจัยการจัดการขยะในหลายชุมชน และพบว่าองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้สามารถนำมาปรับใช้ในพื้นที่บ้านป่าสาได้อย่างเหมาะสม เพื่อพัฒนาเป็นแนวปฏิบัติที่ดีด้านการจัดการขยะ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นตัวอย่งให้กับชุมชนอื่นๆ เพื่อให้เกิดเป็นแนวปฏิบัติที่ดีด้านการจัดการขยะที่มองเห็นเป็นรูปธรรมและชัดเจน เป็นแบบอย่างสำหรับชุมชนที่มีความประสงค์ที่จะเปลี่ยนแปลงชุมชนของตนเองให้กลายมาเป็นชุมชนที่มีการจัดการขยะที่ดี จนกลายมาเป็นวิถีชีวิตธรรมดาที่ยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการขยะของชุมชนบ้านป่าसान องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน อำเภอบ้าน
จังหวัดเชียงราย
- 2) พัฒนากลไกการขับเคลื่อนการบริหารจัดการขยะตามขนาดและบริบทของชุมชนกึ่งชนบท
- 3) จัดทำโครงสร้างคณะกรรมการ และธรรมนูญชุมชนด้านการจัดการขยะในชุมชน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของขยะมูลฝอย (พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง
ฉบับที่ 2, 2560) หมวด 3/1 การจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยโดยให้อำนาจท้องถิ่นในการจัดการ เก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูล
มูลฝอย ได้จัดแบ่งประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนออกตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

- 1) มูลฝอยอินทรีย์ เป็นสิ่งที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น เศษอาหาร ผัก ผลไม้ หญ้า กิ่งไม้ ซากพืชซากสัตว์ เป็นต้น
- 2) มูลฝอยอันตราย สิ่งที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนสารอันตราย วัตถุมีพิษ วัตถุติดเชื้อ วัตถุไวไฟ เช่น
ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ กระจกสเปร์ย ขวดน้ำยาล้างห้องน้ำ เป็นต้น
- 3) มูลฝอยทั่วไป สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือข้างต้น นำมาใช้ใหม่ได้ แต่ย่อยสลายยาก ไม่คุ้มค่าในการแปรรูปกลับมาใช้
ใหม่ เช่น เศษผ้า เศษหนัง พลาสติกห่อขนม ซองขนมกึ่งสำเร็จรูป เป็นต้น

2.2 วิธีการในการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอย การจัดการขยะมูลฝอย ประกอบไปด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ การลด
ขยะ ณ แหล่งกำเนิด เพื่อให้มีปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัดหรือทำลายให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้และการคัดแยกขยะ ซึ่งถือ
เป็นมาตรการสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการขยะในขั้นตอนต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการลดการ
เกิดขยะตั้งแต่ต้นทางทำให้ปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดให้ลดเหลือน้อยที่สุดจนเป็นศูนย์ ซึ่งหัวใจสำคัญของแนวคิดขยะเหลือ
ศูนย์ คือ การจัดการขยะที่ต้นทาง เน้นการลดขยะ การใช้ซ้ำ และการคัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ก่อนนำไปกำจัด โดยสามารถ
เริ่มต้นได้ที่ตัวครัวเรือนเอง ด้วยหลักการ 3Rs ได้แก่

- 1) Reduce คือ ลดการใช้ บริโภคแบบพอเพียง ละเว้นของฟุ่มเฟือย เลือกใช้สินค้าที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก
ได้แก่ ลดการใช้ถุงพลาสติก พกแก้วน้ำส่วนตัว หันมาใช้ถุงผ้าหรือตะกร้าแทน
- 2) Reuse คือ การใช้ซ้ำ นำกลับมาใช้อีก เป็นการลดการใช้ทรัพยากรใหม่ และยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย เช่น การ
นำขวดแก้วมาใช้ซ้ำ การบริจาคเสื้อผ้าแทนการทิ้ง
- 3) Recycle คือ การนำกลับมาใช้ใหม่ การคัดแยกขยะที่สามารถรีไซเคิล เช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก และโลหะ/
อลูมิเนียม ออกจากขยะประเภทอื่น ๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

โดยหลักการ 3Rs จะสามารถดำเนินการต่อไปได้ ต้องเริ่มจากการคัดแยกขยะก่อนซึ่งเป็นอันดับแรก ในการแยกขยะ
นอกจากจะเป็นการประหยัดงบประมาณในการกำจัดขยะ ยังสามารถช่วยลดปัญหามลพิษต่างๆที่จะเกิดขึ้นตามมา ถ้าหากทุก
ชุมชนมีการปลูกฝังทัศนคติเริ่มต้นที่การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง ก็จะสามารถช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำส่งกำจัดให้มี
ปริมาณลดน้อยลง (กฤติธฤต ทองสิน, 2566)

2.3 นโยบายและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะของประเทศ ยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ.2560–
2579) (สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี, 2560) ตามวิสัยทัศน์ที่กำหนดคือ ประเทศมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืนพัฒนาตามหลักปรัชญา
เศรษฐกิจพอเพียง เป็นการพัฒนาที่สร้างความเจริญ เศรษฐกิจมีความ เติบโตโดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติแต่พอดี ไม่สร้างมลภาวะจน
เกินความสามารถในการรองรับและเยียวยาของระบบนิเวศน์ การผลิตและบริโภคเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มุ่งประโยชน์ส่วนรวม
อย่างยั่งยืนให้ ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของประชาชนทุกภาคส่วน ยึดถือปฏิบัติตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในปี 2579
ประเทศไทยเป็นระบบเศรษฐกิจสีเขียว ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับต่ำ มีพื้นที่สีเขียวใหญ่ขึ้น ประชาชนมีพฤติกรรม
ผลิตการบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่
2) พ.ศ. 2560 โดยกระทรวงมหาดไทยผ่านมติเห็นชอบจาก คณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2559 กำหนดให้รัฐมนตรีว่าการ
กระทรวงมหาดไทยมีอำนาจออก กฎกระทรวง ดังนี้

- 1) อัตราค่าธรรมเนียมเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยเป็นการเฉพาะหน้าที่และ อำนาจขององค์กร
ปกครองส่วนท้องถิ่นเกี่ยวกับการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย
- 2) ให้ผู้ที่ประสงค์จะประกอบกิจการเก็บขน กำจัด หรือหาประโยชน์จากการจัดการสิ่งปฏิกูลมูลฝอย ต้องได้รับ
อนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

3) ให้กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น มีหน้าที่เสนอแนะ แนะนำ และช่วยเหลือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในกรณีจำเป็นต้องได้รับการอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน กำหนดโทษทางอาญาสำหรับผู้ดำเนินกิจการรับทำการเก็บ ขน กู้จัดหรือหาประโยชน์จากการจัดการสิ่งปฏิกูลมูลฝอยโดย ไม่ได้รับอนุญาต รวมทั้ง กำหนดโทษทางอาญาสำหรับผู้ไม่ปฏิบัติตามกำหนดของท้องถิ่น ประกาศในพระราชกิจจานุเบกษาเล่ม 134 ตอนที่ 5ก วันที่ 15 มกราคม 2560 และมีผลบังคับใช้วันที่ 16 มกราคม 2560 เป็นต้นไป (เครือข่ายอุดมศึกษาภาคเหนือตอนบน, 2565)

3. วิธีการดำเนินงาน

แนวทางการจัดการขยะ ชุมชนปลอดขยะบ้านป่าส้าน วิถีชีวิตธรรมดาที่ยั่งยืน มีวิธีในการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1) การลงพื้นที่ประชุมชี้แจงให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่การดำเนินงาน โดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน ได้แก่ ผู้นำชุมชน ครุว์เรือน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทำการชี้แจงความสำคัญของการจัดการขยะและแผนการดำเนินงาน ในพื้นที่ชุมชนป่าส้าน ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะเป็นการดำเนินการในระยะแรกของโครงการ เพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือจากการทำการจัดประชุมแบบกลุ่มในสถานที่ที่เข้าถึงได้ง่ายได้แก่ บ้านของผู้นำชุมชน

2) ทำการจัดตั้งโครงสร้างคณะกรรมการด้านการจัดการขยะในชุมชน ซึ่งคณะกรรมการดังกล่าวต้องเป็นคณะกรรมการที่มีตัวแทนจากครุว์เรือนและผู้นำชุมชนเพื่อเข้ามากำกับดูแลและบริหารจัดการขยะในแต่ละพื้นที่คุ้มบ้าน การจัดตั้งคณะกรรมการจะทำหลังการประชุมชี้แจงรายละเอียดการดำเนินงานต่างๆแล้วเสร็จ เพื่อให้มีการบริหารจัดการอย่างมีระบบ และคณะกรรมการในพื้นที่คุ้มบ้านนั้นๆ ต่างมีความรู้จักสมาชิกในครุว์เรือนของตนเป็นอย่างดี

3) การประชุมทบทวนองค์ความรู้ในการจัดการและการคัดแยกขยะในระดับครุว์เรือน โดยทำการจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการให้แก่สมาชิกครุว์เรือนในชุมชนผ่านการให้องค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการขยะ ทำการทบทวนและให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการคัดแยกขยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกขยะให้แก่สมาชิกในชุมชน

4) จัดทำธรรมนูญชุมชนด้านการจัดการขยะ เพื่อสร้างข้อตกลงด้านการจัดการขยะในชุมชนในเกิดขึ้นเป็นรูปธรรม คณะกรรมการและตัวแทนครุว์เรือนทำการประชุมและทำการร่างข้อตกลงร่วมกันในการจัดทำธรรมนูญชุมชนเพื่อกำหนดแนวทางและกฎระเบียบ เพื่อสร้างข้อตกลงที่ชัดเจนและปฏิบัติได้จริงภายในพื้นที่ชุมชน

5) การเก็บข้อมูลปริมาณขยะของบ้านป่าส้าน เป็นระยะเวลา 3 เดือน คณะกรรมการและตัวแทนครุว์เรือน ใช้แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลที่ออกแบบไว้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณขยะบริเวณบ้านเรือนในชุมชนเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลของการดำเนินกิจกรรมที่ผ่านมา

6) การประชุมระดมสมองในชุมชนเพื่อหาแนวทางในการจัดการและหาสาเหตุการบริหารจัดการขยะในกรณีที่ครุว์เรือนที่ปริมาณขยะเกินกำหนด คณะกรรมการและครุว์เรือน จัดการประชุมแบบกลุ่มระดมสมองภายหลังจากการเก็บข้อมูลครบสามเดือน เพื่อปรับปรุงแนวทางในการจัดการขยะของชุมชนให้เหมาะสมตามบริบทพื้นที่

7) สรุปผลการดำเนินโครงการแนวทางการจัดการขยะของชุมชนบ้านป่าส้าน คณะกรรมการและตัวแทนครุว์เรือน จัดทำรายงานและประชุมสรุปผลการดำเนินโครงการ เพื่อประเมินผลและสรุปแนวทางการปรับปรุงการบริหารจัดการขยะในพื้นที่ชุมชน



รูปที่ 1 การลงพื้นที่ประชุมชี้แจงให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่การดำเนินงาน

4. ผลการดำเนินงาน

ภายหลังจากการลงพื้นที่ดำเนินงานดังกล่าวมีผลการดำเนินงานแนวทางการจัดการขยะ ชุมชนปลอดขยะบ้านป่าส้าน วิถีชีวิตธรรมชาติที่ยั่งยืน ดังต่อไปนี้

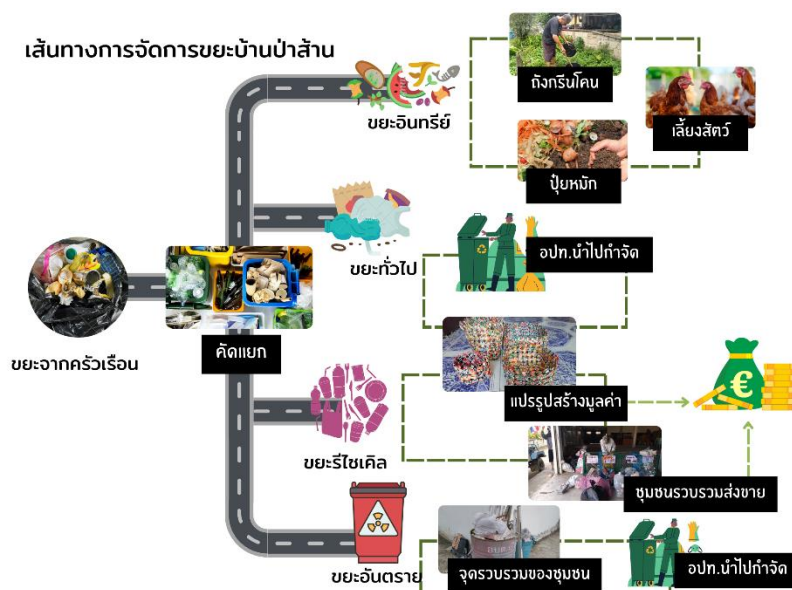
4.1 แนวทางการบริหารจัดการขยะของชุมชนบ้านป่าส้าน องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน อำเภอบ้านป่าส้าน จังหวัดเชียงราย จากการลงพื้นที่ในชุมชน พบว่าชุมชนได้มีการจัดการขยะแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลักๆ หลังผ่านการคัดแยกในครัวเรือน คือ

1) ขยะอินทรีย์ มีการจัดการโดยนำไปใส่ในถังกรีนโคน และในบางครัวเรือนมีการนำไปให้อาหารสัตว์ และทำปุ๋ยหมัก ในกรณีที่ชุมชนมีงานต่างๆ เช่น งานมงคลสมรส งานขึ้นบ้านใหม่ และงานอวมงคล เศษอาหารที่เกิดขึ้นจากงานนั้นๆ จะมีจิตอาสาเป็นคนรวบรวมเศษอาหารดังกล่าวไปทำเป็นปุ๋ยหมัก และแจกจ่ายให้ชุมชนต่อไป ซึ่งทางชุมชนมีค่าตอบแทนให้งานละ 300 บาท

2) ขยะทั่วไป บางส่วนทางชุมชนมีการรวบรวมนำส่งให้องค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้นำไปกำจัด ซึ่งทางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะมีการกำหนด วันและเวลาในการเก็บขน มีการคิดค่าบริการในการเก็บขนที่เรียกว่า การเก็บแบบอัตราค่าหัวหน้า โดยถ้าขยะมีปริมาณน้อยกว่า 15 กิโลกรัม จะคิดค่าบริการอยู่ที่ 20 บาทต่อเดือน แต่ถ้าปริมาณขยะมีน้ำหนักที่มากกว่า 15 กิโลกรัม เกิน 4 ครั้ง จะมีการคิดค่าบริการอยู่ที่ 100 บาทขึ้นไปต่อเดือน ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ส่งเสริมให้ครัวเรือนคัดแยกขยะก่อนนำไปกำจัดได้อีกวิธีหนึ่ง และขยะทั่วไปบางส่วนมีการรวบรวมนำไปรีไซเคิลสร้างเป็นมูลค่า เช่น ตะกร้าจากของกาแฟ ก็ีฟประดับจากฝาขวดน้ำ พัดจากโบลอตเตอร์ เป็นต้น

3) ขยะรีไซเคิล ทางชุมชนมีการนำขยะดังกล่าวไปรวบรวมและสร้างเป็นมูลค่าและสร้างรายได้ให้กับตนเอง

4) ขยะอันตราย ทางชุมชนมีการกำหนดจุดรวบรวมขยะอันตรายไว้ ณ ศาลาเอนกประสงค์ของชุมชน โดยองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นมีหน้าที่เป็นผู้นำไปกำจัดต่อไป



รูปที่ 2 เส้นทางการจัดการขยะบ้านป่าส้าน

4.2 ผลการพัฒนากลไกการขับเคลื่อนการบริหารจัดการขยะตามขนาดและบริบทของชุมชนกึ่งชนบท จากการลงพื้นที่ดำเนินโครงการ ได้มีการประสานงานร่วมกับชุมชน และผู้นำชุมชนในการขอความร่วมมือ ในการสร้างกลไกการขับเคลื่อนการบริหารจัดการขยะ ซึ่งมีผลการดำเนินงานได้แก่

1) การจัดตั้งโครงสร้างคณะกรรมการบริหารจัดการขยะประจำหมู่บ้าน ทางผู้ดำเนินโครงการได้มีการจัดการประชุม ผู้นำชุมชนและคณะกรรมการ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ในการลงมติการคัดเลือกคณะกรรมการด้านการบริหารจัดการขยะ จำนวน 25 ท่าน โดยคณะกรรมการแต่ละท่านมีหน้าที่ในการรับผิดชอบแต่ละคุ้มบ้านของตน โดยการดูแลสอดส่องการจัดการขยะของแต่ละครัวเรือน และการประชาสัมพันธ์การกระตุ้นการคัดแยกขยะภายในครัวเรือน

2) การจัดทำธรรมนูญด้านการจัดการขยะของชุมชน เนื่องจากชุมชนบ้านป่าสำนมีการบริหารจัดการขยะมาอย่างยาวนานอยู่แล้ว จึงทำให้ในการจัดทำธรรมนูญชุมชนในครั้งนี้ คือสิ่งที่สมาชิกในชุมชนได้ปฏิบัติกันมาอยู่แล้ว เพียงแต่มีการจัดทำขึ้นให้เกิดเป็นรูปธรรมและเป็นแบบอย่างให้แก่พื้นที่อื่นๆ ต่อไป ซึ่งธรรมนูญชุมชนด้านการจัดการขยะมีดังต่อไปนี้

- 2.1) ทำการคัดแยกขยะก่อนทิ้ง จัดการขยะให้เหลือทิ้งน้อยที่สุด
- 2.2) ทำการคัดแยกขยะอินทรีย์/ขยะเปียกในครัวเรือน
- 2.3) ห้ามผู้ใดก่อมลพิษทางเสียง ทางอากาศ ทางน้ำ ทางกลิ่น หรือทางอื่นๆ อันเป็นเหตุให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ผู้อื่น และห้ามคนในชุมชนทิ้งขยะหรือสิ่งปฏิกูลในที่หรือทางสาธารณะ หรือกระทำการอย่างหนึ่งอย่างใดที่ก่อให้เกิดความสกปรก หรือเป็นมลพิษในหมู่บ้าน
- 2.4) จัดภูมิทัศน์ที่พิกาศัยของตนเองให้น่าอยู่ หมู่บ้านมีการจัดกิจกรรมรณรงค์ทำความสะอาดและกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง และให้ทุกครัวเรือนจัดกิจกรรมทำความสะอาดและพัฒนาหมู่บ้านเป็นประจำอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง
- 2.5) มีการจัดทำแผนโครงการ โครงการ ในการจัดการขยะสิ่งปฏิกูลและการเผาเศษไม้วัชพืชทางการเกษตรอยู่ในระดับเหมาะสมตามกฎหมายและเกณฑ์ที่กำหนดร่วมกัน
- 2.6) มีการจัดการขยะถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล
- 2.7) ให้คณะกรรมการหมู่บ้าน หัวหน้าซอย ร่วมกันรณรงค์ส่งเสริมการออกกำลังกายอย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 ครั้ง
- 2.8) ให้สมาชิกในหมู่บ้านมีหน้าที่ดูแลรักษาทรัพย์สินสมบัติอันเป็นสาธารณประโยชน์ และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

3) หลักการจัดการขยะ 3R โดยชุมชนได้มีการจัดทำกิจกรรมในการจัดการขยะภายในชุมชนผ่านหลัก 3R ดังนี้

- 3.1) Reduce โดยชุมชนได้มีการประชาสัมพันธ์การลดใช้ถุงพลาสติกในงานส่วนรวม การรณรงค์การใช้ถุงผ้าหรือตะกร้าสานในการซื้อของ เปลี่ยนการใช้สิ่งแทนที่ใช้ประโยชน์ได้ และได้มีการสร้างความร่วมมือกับร้านอาหารในชุมชนคือถ้าสมาชิกในชุมชนท่านใด นำปิ่นโต หรือกล่องมาใส่อาหารเองแทนการใช้ถุง ทางร้านจะมีส่วนลดค่าอาหารให้แก่มูลค่า 2 บาท
- 3.2) Recycle ทางชุมชนได้มีการจัดทำจุดรวบรวมขยะรีไซเคิลไว้ ณ ศาลาเอนกประสงค์ ผ่านกิจกรรมขยะแลกไข่ กล่าวคือ สมาชิกในชุมชนสามารถนำขยะรีไซเคิลที่ตนไม่ใช้แล้วมาไว้ ณ จุดรวบรวมดังกล่าว เมื่อได้ปริมาณที่เหมาะสมแล้วมีการส่งขายและนำเงินดังกล่าวมาซื้อไข่และแจกจ่ายให้กับสมาชิกในชุมชนอีกต่อไป และได้มีการจัดตั้งกองทุนขยะ ในชุมชนจนปัจจุบัน กองทุนดังกล่าว สามารถนำรายได้ไปซื้ออุปกรณ์อำนวยความสะดวกให้แก่สมาชิกในชุมชนคือ เก้าอี้ที่ใช้ในการประชุม และซื้อที่ดินเพื่อใช้งานสำหรับสมาชิกในชุมชนต่อไป มีการจัดตั้งกิจกรรมผ้าป่าขยะ และธนาคารขยะรีไซเคิลภายในชุมชน

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการลงพื้นที่ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการขยะของบ้านป่าสำน และพัฒนาโครงการขับเคลื่อนการบริหารจัดการขยะ จะเห็นได้ว่า คณะกรรมการ หรือธรรมนูญชุมชนด้านการจัดการขยะที่ได้จัดทำขึ้นมา ล้วนแต่เป็นสิ่งที่ชุมชนได้มีการปฏิบัติมาเป็นระยะเวลานานอยู่แล้ว ซึ่งแนวทางในการจัดการขยะที่ยั่งยืนนั้นควรเริ่มจากการที่สมาชิกในชุมชนเกิดการตระหนักเรื่องการจัดแยกขยะก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วาริณนิตา วิจิตรวงศ์วาน และวิจิตรา ศรีสอน (2565) ที่กล่าวว่าแนวคิดขยะเหลือศูนย์ (Zero Waste) ควรเริ่มจากการเปลี่ยน Mindset ของคนในพื้นที่ให้เกิดการตระหนักรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะก่อน เมื่อชุมชนเกิดการตระหนัก ก็จะนำไปสู่การมีส่วนร่วม การสนับสนุนทางสังคม และมีจิตสำนึกต่อการจัดการขยะมูลฝอย ส่งผลให้สมาชิกในชุมชนเกิดความเข้าใจและมีวิธีคิด และแนวทางในการปฏิบัติที่จะเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนได้ (นภัส น้ำใจตรง, 2562) โดยทางชุมชนบ้านป่าสำนมีการจัดการขยะโดยการมุ่งเน้นหลัก 3R นั่นก็คือ ในแต่ละครัวเรือน เมื่อได้รับถุงพลาสติกจากร้านค้าจะมีการนำถุงมาล้าง ตากให้แห้งและนำมาใช้ใหม่ (Reuse) การลดใช้ถุงพลาสติกในงานส่วนรวม (Reduce) การจัดทำโครงการขยะแลกไข่ การนำฝาขวดน้ำมาทำเป็นเครื่องประดับ (Recycle) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สาสี อินทร์เจริญ (2565) ที่กล่าวว่า ภาพรวมที่ชุมชนสามารถช่วยลดแหล่งที่มาของขยะมูลฝอยได้มากที่สุดคือ หลัก 3R รองลงมาคือการทำให้เกิดการรีไซเคิลขยะมูลฝอยในชุมชนหรือในครัวเรือน จากการดำเนินการอย่างต่อเนื่องและยาวนาน ดังที่กล่าวมาส่งผลให้ปัจจุบัน หมู่บ้านป่าสำน องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายกลายมาเป็นชุมชนที่ปลอดขยะ และได้เข้าร่วมการประกวดชุมชนปลอดขยะ (Zero Waste) และได้รับรางวัลชมเชยลำดับที่ 5 ในระดับประเทศเมื่อปี 2566 จากในอดีตหมู่บ้านที่มีปัญหาลูกน้ำยุงลายสาเหตุจากขยะที่ทิ้งในชุมชน ผู้กรปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จนสมาชิกในชุมชน

เกิดการซึมซับและมีมุมมองทัศนคติที่ดีต่อการจัดการขยะ จนกลายมาเป็นวิถีชีวิตประจำวันในแต่ละครัวเรือน ที่มีการตระหนกอยู่ เสมอว่า ก่อนที่จะทิ้งขยะ ต้องมีการคัดแยกขยะก่อนทุกครั้ง ในปัจจุบันมีครัวเรือนที่มีปริมาณขยะที่นำส่งให้องค์การบริหารส่วน ตำบลไปกำจัดอยู่ที่ 0.4 กิโลกรัมต่อเดือน ปริมาณขยะที่กล่าวมานี้ แสดงให้เห็นถึงความตระหนักและการมีวิสัยทัศน์ด้านการ จัดการขยะที่ดีของชุมชนนำไปสู่การจัดการขยะที่ยั่งยืนในปัจจุบัน

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2564). ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของภูมิภาค ภาคเหนือ. เข้าถึงได้จาก https://thaimsw.pcd.go.th/report_region.php?year=2564&geography=1
- กฤติธฤต ทองสิน, วชิรศักดิ์ เขียนวงศ์ และจุฬาลักษณ์ จารุจฑารัตน์. (2566). นวัตกรรมส่งเสริมการจัดการขยะภายใน ชุมชนอย่างยั่งยืน กรณีศึกษา: ชุมชนตากสินสัมพันธ์ แขวงบางยี่เรือ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร. วารสารก้าวทันโลก วิทยาศาสตร์. 23(1): R56-R71.
- กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2565). รายงาน สถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ.2565. กรุงเทพฯ
- เครือข่ายอุดมศึกษาภาคเหนือตอนบน. (2565). โครงการแนวทางการบริหารจัดการขยะสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละ ขนาดพื้นที่ กรณีศึกษาภาคเหนือตอนบน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.
- นภัส น้ำใจตรง และนรินทร์ สังข์รักษา. (2562). พฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนในตำบลกระทู้มลิ้ม อำเภอสาม พรวาน จังหวัดนครปฐม. วารสารชุมชนวิจัย. 13(2): 179-190.
- พระราชบัญญัติ. (2560). พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2560. เข้าถึงได้จาก <https://www.ratchakittha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/A/005/1.PDF>
- วาริณนิศา วิจิตรวงศ์วาน และวิจิตรรา ศรีสอน. (2565). แนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนต้นแบบบ้านรางพลับ ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ด้วยแนวคิดขยะเหลือศูนย์. วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรม ท้องถิ่น. 8(4): 253-268.
- สาลิ อินทร์เจริญ, กมลรัตน์ นุ่นคง, วิลาวรรณ ศรีพล, สุพัตรา ใจเหมาะ, วสุธร ตันวัฒน์กุล และกฤษดาภ รัตนสังธรรม. (2565). การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนที่ต้นทางของเทศบาลในจังหวัดตรัง. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ. 4(3): 32-42.
- สุภาพร แปะยอ. (2567). การพัฒนารูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีส่วนร่วมของชุมชน กรณีศึกษาชุมชนตำบลเหล่ากออำเภอ ม่วงสามสิบจังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิชาการชุมชน. 10(2): 110-124.
- โสภณ สุวรรณรัตน์ และเกรียงศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. (2565). รูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างยั่งยืนบนฐานวิถีชีวิตใหม่: กรณีศึกษาจังหวัดเลย. วารสารวิชาการธรรมทรรศน์. 22(2): 311-326.
- สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี. (2560). ร่างยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ.2560-2579). กรุงเทพฯ
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13. (พ.ศ. 2566-2570). กรุงเทพฯ

การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรส กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจชุมชน บ้านแม่กลอง ตำบลแม่กลอง อำเภออู่เมียง จังหวัดตาก

กานต์ วิรุณพันธ์^{1*} ธนารักษ์ สายเปลี่ยน² อุกฤษฏ์ ธนทรัพย์ทวี³ สมชาย บุญพิทักษ์⁴

^{1,2,3}สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนาตาก 41/1 หมู่7 ต.ไม่งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000

⁴สาขาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนาตาก 41/1 หมู่7 ต.ไม่งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000

kant_IE@mutl.ac.th , kant_wirunphan@hotmail.co.th , โทร.08-9666-0301

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรส กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านแม่กลอง ตำบลแม่กลอง อำเภออู่เมียง จังหวัดตาก จุดประสงค์เพื่อปรับปรุงการผ่านเตรียมแผ่นกล้วยเพื่อนำไปทอดและการลดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้ว ในการดำเนินงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบและสร้างเครื่องผ่านกล้วยและเครื่องเหี่ยงสลัดน้ำมันเพื่อนำมาใช้งานทดแทนการทำงานแบบเดิม ในการดำเนินงานจะใช้กล้วยน้ำหว้าพันธุ์พื้นเมืองเป็นวัตถุดิบในปริมาณ 1 กิโลกรัม ต่อครั้ง ในการทดลองจะหาความเร็วรอบและเวลาที่เหมาะสมในการผ่านกล้วยและการลดปริมาณน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการทำงานแบบเดิมและแบบที่พัฒนา ผลการทดลองจะพบว่าค่าความเร็วรอบและเวลาที่เหมาะสมในการผ่านแผ่นกล้วยฉาบที่ 250 รอบต่อนาที และเวลา 1.23 นาที ตามลำดับ แผ่นกล้วยฉาบที่ได้จะมีความหนาโดยเฉลี่ย 3 มิลลิเมตร จะใช้เวลาน้อยกว่าการผ่านกล้วยด้วยแรงงานคน 59.14 เปอร์เซ็นต์ แต่ลักษณะแผ่นกล้วยที่ผ่านการผ่านด้วยเครื่องจะเป็นแผ่นยาวตามผลกล้วยจะน้อยกว่าการทำงานด้วยคนประมาณ 10.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเครื่องผ่านกล้วยยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยสามารถผ่านกล้วยได้ถึง 48.78 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยสามารถเพิ่มปริมาณได้มากขึ้นกว่าการใช้แรงงานคน ถึง 59.14 เปอร์เซ็นต์ ในการลดปริมาณน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้ว จะพบว่าความเร็วรอบและเวลาที่เหมาะสมในการเหี่ยงสลัดน้ำมันคือ 1,450 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ตามลำดับ จะช่วยลดปริมาณน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วได้ถึง 76.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยทั่วไปปริมาณน้ำมันในอาหารทอดจะอยู่ในช่วง 40 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาน้อยกว่าการลดน้ำมันแบบเดิมได้ถึง 4 นาที และสามารถช่วยลดปริมาณน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตแบบเดิมได้ถึง 65.31 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มผลผลิตแก่วิสาหกิจชุมชน ช่วยให้ผลิตภัณฑ์กล้วยฉาบเลิศรสสามารถเก็บไว้ได้นาน ลดการเกิดกลิ่นเหม็นหืนและทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

คำสำคัญ : การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรสบ้านแม่กลอง

The Efficiency Improving of Lert-ros Banana Chips Production Process Community Enterprise Group. Case study of Ban Mae Klong Umphang District, Tak Province.

Kant Wirunphan^{1*} Thanarak Saiplean² Ukrit Thanasuptawee³ Somchai Boonpitak⁴

^{1 2 3} Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak. 41/1 Moo 7, Mai Ngam Subdistrict, Mueang District, Tak Province. 63000

⁴ Department of Industrial Design, Faculty of Fine Arts and Architecture, Rajamangala University of Technology Lanna Tak. 41/1 Moo 7, Mai Ngam Subdistrict, Mueang District, Tak Province. 63000

kant_IE@rmutl.ac.th , kant_wirunphan@hotmail.co.th , Tel.08-9666-0301

Abstract

This research is to the efficiency improving of lert-ros banana chips production process community enterprise group; case study of Ban Mae Klong Umphang district, Tak province. The aim to improve the preparation of banana slices for frying and to reduce oil from fried banana chips. In carrying out this research, a banana slicer and an oil salad centrifuge will be designed and created to replace the traditional work. In operations, will used local Namwa bananas as raw materials amount of 1 kilogram per times. In the experiment, will find the appropriate speed and time for slicing bananas and reduce amount of oil from fried bananas and compared with the operation between the traditional work. The results of the experiment, it was found that. The optimum speed and time for slicing bananas were 250 rpm and time 1.23 minutes, respectively. The resulting banana chips have an average thickness of 3 millimeters. It takes 59.14 percent less time than slicing a banana with manual labor. But the appearance of bananas sliced by machine into long strips along the banana fruit is approximately 10.8 percent less than when manually sliced. In addition, the banana slicer can increase work efficiency by being able to slice bananas up to 48.78 kilograms per hour. It can increase the amount more than using human labor up to 59.14 percent. The reduce amount of oil from banana chips that have been fried. It will be found that the appropriate speed and time for salad centrifuge the oil are 1,450 rpm and time 1 minute, respectively. It will help reduce the amount of oil from fried bananas by up to 76.85 percent, which in general, the amount of oil in fried food is in the range of 40 percent. It takes up to 4 minutes less than traditional oil reduction and can help reduce the amount of oil from fried bananas compared to the traditional production process by up to 65.31 percent. This research, will help increase the productivity of community enterprises. It helps the delicious banana chips product to be stored for a long time and reduce rancidity and improve product quality.

Keywords: The efficiency improving of the Lert-ros Ban Mae Klong banana chips production process.

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา

การส่งเสริมการสร้างรายได้ด้วยการจัดกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเป็นการเสริมสร้างให้คนในชุมชนเข้มแข็ง สามารถพึ่งพาตนเอง นำทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นสินค้าเพื่อเพิ่มมูลค่าและก่อให้เกิดรายได้ของคนในชุมชน กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกล้วยเลิศรสบ้านแม่กลอง ซึ่งเป็นกลุ่มวิสาหกิจที่เกิดจากการรวมตัวของคนในชุมชนประมาณ 100 คน และมีนางกฤษณมาศ ภิวงษ์ ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 2 บ้านแม่กลองเก่า ตำบลแม่กลอง อำเภอยี่มูผาง จังหวัดตาก เป็นประธานกลุ่ม และได้ขึ้นทะเบียน OTOP โดยมีรหัสผู้ประกอบการ OTOP 6308000064 ได้รวมตัวกันผลิตสินค้าจากชุมชนโดยได้นำกล้วยหักมุก กล้วยไข่และกล้วยน้ำหว้า มาทำการแปรรูปเป็นกล้วยฉาบในนามของกล้วยเลิศรสบ้านแม่กลอง ซึ่งในกระบวนการผลิตสินค้าของชุมชนนั้นจะประกอบด้วย การปลูกกล้วย การฝานกล้วยเป็นแผ่นเตรียมทอด การทอดกล้วยฉาบ การพักให้น้ำมันสะเด็ดออกจากกล้วยฉาบ และการบรรจุในถุงอาหารเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป ดังรูปที่ 1 ซึ่งจะพบว่าในกระบวนการทำงานหรือกระบวนการผลิตทั้งหมดจะใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งจะส่งผลต่อความเมื่อยล้า ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต ส่งผลให้ผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่ำ ไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคหรือการส่งออก ดังรูปที่ 2 อีกอย่างกระบวนการที่จะทำให้น้ำมันสะเด็ดออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมานั้นใช้เวลานานและมีประสิทธิภาพต่ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำมันตกค้างสูง มีความชื้นสูง ส่งกลิ่นเหม็นหืน เก็บไว้ได้ไม่นาน จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะทำการพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรสบ้านแม่กลอง กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านแม่กลอง ตำบลแม่กลอง อำเภอยี่มูผาง จังหวัดตาก เพื่อให้การเตรียมแผ่นกล้วยฉาบมีประสิทธิภาพดีขึ้น เพื่อลดการใช้แรงงานและลดเวลาในการผลิตลง ช่วยลดปริมาณน้ำมันที่ตกค้างออกไปและช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้นสามารถเก็บไว้ได้นาน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นคณะผู้ดำเนินการวิจัยจึงได้ค้นคว้าศึกษาองค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า [1] ทนงศักดิ์ วรรณทร์และคณะ ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องฉีกกล้วยน้ำว้า เพื่อเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นกล้วยฉาบและกล้วยอบเนย โดยเครื่องฉีกกล้วยน้ำว้าสามารถฉีกได้สองลักษณะตามทิศทางการป้อนได้แก่ แนวตั้ง แนวนอนซึ่งมีส่วนประกอบคือ ส่วนที่ 1 ชุดส่งกำลังประกอบด้วยมอเตอร์ 1 เฟส 4 แรงม้า ใช้ไฟ 220 โวลต์ และล้อสายพานกับสายพาน ส่วนที่ 2 ชุดฉีกกล้วยเป็นจานใบมีดมีใบมีดติดอยู่ 2 ใบ ส่วนที่ 3 ชุดลำเลียงกล้วยน้ำว้ามี 2 ลักษณะ คือในลักษณะกล้วยลงในแนวตั้ง 4 ช่องและกล้วยลงในลักษณะแนวนอน 2 ช่อง โดยการป้อนแบบ 1 นาที เครื่องฉีกกล้วยน้ำว้าได้เฉลี่ย 4.4 กิโลกรัม และเครื่องใหม่ฉีกกล้วยน้ำว้าได้ 4.98 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับแล้วเครื่องใหม่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 21.91 เปอร์เซ็นต์ และการทดลองเพื่อหาความหนาของกล้วยน้ำว้าที่ขนาด 1.5-2.5 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที โดยมีการคัดเลือกกล้วยน้ำว้าที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาทดลอง ในการทดลองตามลักษณะแนวตั้งปริมาณกล้วยที่ฉีกได้ตามความหนาเฉลี่ย 92.40 % และปริมาณกล้วยที่ฉีกไม่ได้ตามความหนาเฉลี่ย 7.60 เปอร์เซ็นต์ และตามลักษณะแนวนอนปริมาณที่ฉีกได้ตามความหนาเฉลี่ย 87.60 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณที่ฉีกไม่ได้ตามความหนาเฉลี่ย 12.40 เปอร์เซ็นต์ [2] กฤษณา รวยริน และคณะ ได้ศึกษาการสร้างเครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่น มหาวิทยาลัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่นและหาประสิทธิภาพของเครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่น โดยจัดสร้างเครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่นให้แก่กลุ่มผู้แปรรูปหน่อไม้ ณ ที่ตั้ง 83 หมู่ 11 ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอมืองปาน จังหวัดลำปาง ในการทดลองจะอาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1.2 แรงม้า 220 โวลต์ 1450 รอบต่อนาที ขับส่งกำลังผ่านล้อสายพาน V-Belts ร่อง B เพื่อทดสอบความเร็วรอบเป็น 171 รอบต่อนาที ใบมีดสแตนเลส หั่นหน่อไม้ขนาด 2 ± 1 มิลลิเมตร โดยจะทำการทดลองครั้งละ 1 กิโลกรัม จำนวน 10 ครั้ง จากนั้นนำหน่อไม้มาชั่งปริมาณ หาอัตราการการผลิตและเวลาในการทำงานของเครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่นและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่น จากการทดลองเครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่น ขนาด 2 ± 1 มิลลิเมตร สามารถหั่นหน่อไม้ได้ปริมาณเฉลี่ยที่ 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในการหั่นหน่อไม้ 1 กิโลกรัม เครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่น ใช้เวลาเฉลี่ยที่ 12.2 วินาที ที่ปริมาณ 0.95 กิโลกรัม หรือ 90 เปอร์เซ็นต์ และผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องหั่นหน่อไม้แบบแผ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 4.6 หรือ 92 เปอร์เซ็นต์ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด [3] ไพศาล ทองสงค์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก(คลองหก) อำเภอยี่มูผาง จังหวัดปทุมธานี การออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันหมูฝอยต้นแบบ เครื่องต้นแบบประกอบไปด้วยโครงเครื่องมีขนาด $900 \times 900 \times 1200$ มิลลิเมตร ถึงเครื่องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 800 มิลลิเมตร ลึก 500 มิลลิเมตร ตะแกรงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 200 มิลลิเมตร ลึก 25 มิลลิเมตร และระบบควบคุมการทำงานโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เป็นเครื่องต้นกำลังในการหมุนเหวี่ยงสกัดน้ำมัน

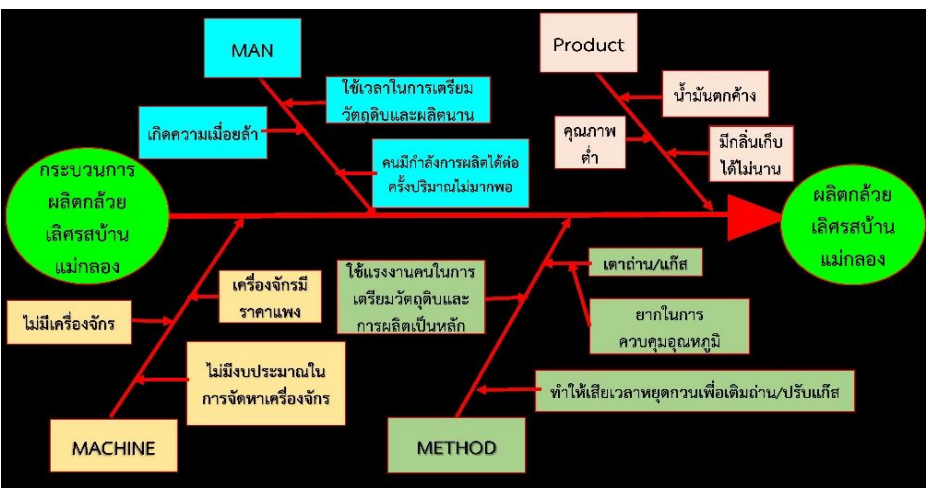
และใช้ใบเวอร์ขนาด 1800 วัตต์ เพื่อเป่าลมร้อนในการอบหมูฝอยการทดสอบการทำงานพบว่าที่ความเร็วรอบเท่ากับ 700 รอบต่อนาที และเวลาสลัดน้ำมันหมูฝอย 10 นาที มีปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2.08 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าปริมาณน้ำมันเท่ากับ 10.18 เปอร์เซ็นต์ สามารถสลัดน้ำมันหมูฝอยได้สูงสุดที่ 93 กิโลกรัมต่อวัน [4]อุทัย ผ่องศรีมี และคณะกรมการส่งเสริมการวิจัย ได้สร้างเครื่องเครื่องสลัดน้ำมันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องสลัดน้ำมันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด และเพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องสลัดน้ำมันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด ผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด เช่น เห็ดนางฟ้าทอด หมูทอด ปลาสดทอด กุ้งทอด กล้วยทอด ทูเรียนทอด และผักทอดเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปแล้วนำมาบรรจุภัณฑ์จะพบว่าผลิตภัณฑ์ประเภททอดมีน้ำมันคายตัวออกและมีกลิ่นหืนเครื่องสลัดน้ำมันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดที่พัฒนาขึ้นใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและความเร็วรอบเครื่องคกที่น้ำหนักของผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 3-4 กิโลกรัม เวลาที่ใช้ในการสลัด 1.30-2.30 นาที ผลการศึกษาพบว่าเครื่องสลัดน้ำมันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดมีสมรรถนะและประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี [5]ศิริกัญญา อาสา ได้สร้างเครื่องสลัดน้ำมันพริกทอดต้นแบบจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีเครื่องสลัดน้ำมันพริกทอดต้นแบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้ใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อนำอาหารและความเร็วรอบคกที่ 1,500 รอบต่อนาที พัฒนาขึ้นเพื่อลดเวลาการทำงานในกระบวนการผลิตพริกทอดและลดปริมาณน้ำมันคางในพริกทอดซึ่งเครื่องสลัดน้ำมันพริกทอดต้นแบบมีลักษณะที่ประกอบด้วยโครงสร้างเครื่องมีขนาดกว้าง*ยาว*สูง เท่ากับ 54*50*60 เซนติเมตร มีมวล 50 กิโลกรัม ต้นกำลังของมอเตอร์ 1/4 แรงม้า และแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ด้านในตัวเครื่องติดตั้งชุดตะแกรงสลัดน้ำมันโดยใช้มอเตอร์เป็นเครื่องต้นกำลังส่งไปยังเพลลาเพื่อทำการหมุนเหวี่ยงชุดตะแกรงที่อยู่ด้านในของตัวเครื่องด้วยความเร็วรอบในการหมุนเหวี่ยง 1,500 รอบต่อนาที สามารถบรรจุพริกทอดได้สูงสุด 2 กิโลกรัม ใช้เวลาในการสลัดน้ำมัน 5 นาที หรือมีกำลังผลิตสูงสุดประมาณ 11.60 [6]ประชา ยืนยงกุล ได้จัดทำโครงการนี้เป็นกรออกแบบและสร้างเครื่องสลัดน้ำมันออกจากกล้วยทอด ใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์.50 เฮิร์ตซ์ มอเตอร์ 160 วัตต์ เครื่องทำงานโดยมอเตอร์ไฟฟ้าส่งกำลังไปยังเพลลา ซึ่งติดตั้งกับถังสลัด เครื่องสลัดจะอาศัยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ชนิดปรับความถี่กระแสไฟฟ้าเป็นตัวปรับความเร็วรอบในการทำงาน สามารถสลัดน้ำมันออกจากกล้วยทอดกรอบได้ 2 ชนิด คือ กล้วยดิบทอดกรอบและกล้วยสุกทอดกรอบ ความเร็วรอบที่เหมาะสมของกล้วยดิบทอดกรอบ คือ 800 รอบต่อนาที ใช้เวลา 60 วินาที และกล้วยสุกทอดกรอบที่ 1400 รอบต่อนาที ใช้เวลา 120 วินาที เกษตรกรสามารถนำเครื่องนี้ไปใช้ในกระบวนการแปรรูปผลผลิต ส่งเสริมการแปรรูปกล้วย ทำให้กล้วยทอดกรอบเก็บรักษาได้นานขึ้น ไม่อมน้ำมัน ไม่มีกลิ่นหืน เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้ เนื่องจากเครื่องต้นแบบสลัดน้ำมันออกจากกล้วยทอดกรอบ ได้นำอุปกรณ์ปรับความถี่ กระแสไฟฟ้า (อินเวอร์เตอร์) มาใช้เพื่อปรับหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของมอเตอร์ซึ่งมีราคาแพงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงควรมีการพัฒนาโดยการสร้างมอเตอร์ใหม่ความเร็วรอบคกที่ 2 ความเร็วรอบ ซึ่งจะช่วยให้เครื่องมีราคาถูกเกษตรกรสามารถนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปผลผลิต ซึ่งเป็นการเผยแพร่เทคโนโลยีเทคโนโลยีชุมชนและเป็นการส่งเสริมแปรรูปกล้วยทำให้เก็บกล้วยทอดกรอบ เก็บรักษาได้นานขึ้น ไม่อมน้ำมัน ไม่มีกลิ่นหืน เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มแม่บ้าน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรสบ้านแม่กลอง กรณีศึกษากลุ่มชุมชนบ้านแม่กลอง อำเภออุ้มผาง จังหวัดตากที่ ส่งผลต่อการเพิ่มคุณภาพและผลผลิตของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1 กรอบกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรสบ้านแม่กลอง



รูปที่ 2 แบบจำลองการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรสของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านแม่กลอง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกล้วยและกล้วยฉาบ

กล้วย[7] เป็นพรรณไม้ล้มลุก ในสกุล Musa มีหลายชนิดในสกุล บางชนิดก็ออกหน่อแต่บางชนิดก็ไม่ออกหน่อ ใบแบนยาวใหญ่ ก้านใบตอนล่างเป็นกาบยาวหุ้มห่อซ้อนกันเป็นลำต้นออกดอกที่ปลายลำต้นเป็น ปลีและมักยาวเป็นงวงมีลูกเป็นหวีๆ รวมเรียกว่าเครือพืชบางชนิดมีลำต้นคล้ายปาล์ม ออกใบเรียงกันเป็นแถวทำนองพัดคล้ายใบกล้วย เช่นกล้วยพัดที่ว่าความจริงแล้วเป็นพืชในสกุลอื่นที่มีใช้ทั้งปาล์มและกล้วย การจำแนกกล้วยตามวิธีการที่นำมาบริโภคสามารถแบ่งกล้วยออกเป็น 2 กลุ่มคือ กล้วยกินสด เป็นกล้วยที่เมื่อสุกสามารถนำมารับประทานได้ทันทีโดยไม่ต้องนำมาทำให้สุกด้วยความร้อนเพราะเมื่อสุกเนื้อจะนิ่มมีรสหวาน เช่น กล้วยไข่ กล้วยหอมทองกล้วยหอมเขียวและกล้วยที่ใช้ประกอบอาหารเป็นกล้วยที่เมื่อดิบมีแป้งมากเนื้อค่อนข้างแข็งเมื่อสุกยังมีส่วนของแป้งอยู่มากกว่ากล้วยกินสดมากเนื้อจึงไม่ค่อยนิ่มรสไม่หวานต้องนำมาต้ม เผา ปิ้ง เชื่อม จึงจะทำให้อร่อยรสชาติดีขึ้น ดังรูปที่ 3



(ก) ปลีของกล้วย



(ข) ผลของกล้วย

รูปที่ 3 ลักษณะของปลีและผลของกล้วย

2.2 ปัจจัยที่บ่งชี้ถึงเสื่อมเสียของอาหารทอด

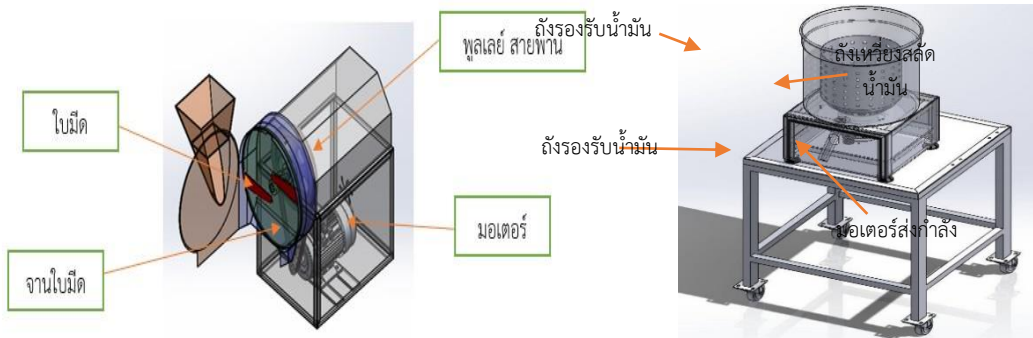
ซึ่งปัจจัยที่บ่งชี้ถึงเสื่อมเสียของอาหารทอด[8] ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของอาหารทอดมีความสัมพันธ์กับการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากเป็นคุณลักษณะที่สามารถรับรู้ได้โดยตรงด้วยการบริโภค โดยทั่วไปผู้ผลิตจะควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทอดด้วยการวัดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทอดประกอบด้วย ปริมาณความชื้นทั้งหมด สีและลักษณะปรากฏ ปริมาณน้ำมันในอาหาร กลิ่นรส เนื้อสัมผัส การวัดค่าความกรอบอย่างง่ายสำหรับผู้ประกอบการรายเล็ก คือ วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการชิมโดยผู้ประกอบการจะต้องฝึกฝนตนเองให้มีความสามารถในการชิม จดจำคุณภาพที่ดีที่สุด และระดับคุณภาพขั้นต่ำที่ยอมรับได้ รวมถึงมีการออกแบบฟอร์มบันทึกการวัดผลการประเมินหรือถ่ายรูปลักษณะปรากฏไว้เป็นมาตรฐานอ้างอิง ในการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์อาหารทอดเพื่อหาอายุการเก็บรักษา (Shelf life) ต้องชิมผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิห้องปกติและเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นตามระยะเวลาต่างๆ มาชิมเทียบกัน โดยชิมตามระยะเวลาที่เก็บไว้ เช่น ทุก 1 สัปดาห์ จนกว่าจะถึงระดับคุณภาพที่ไม่ยอมรับ จะถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นหมดอายุ การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารทอด ผลิตภัณฑ์อาหารทอดที่ผลิตไว้เมื่อเก็บไปได้ระยะเวลาหนึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค กระบวนการเสื่อมเสียหลัก 2 กระบวนการที่เกิดขึ้นคือ การสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากการดูดซับความชื้นในบรรยากาศ และการเกิดกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งมีออกซิเจนและแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และกลุ่มเป้าหมายในการทดลอง

- 1) กลุ่มเป้าหมายในการทดลองคือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตกล้วยฉาบเลิศรสบ้านแม่กลอง ตำบลแม่กลอง อำเภอกอฉก จังหวัดตาก
- 2) ในการดำเนินงานวิจัยจะใช้กล้วยน้ำหว้าพันธุ์พื้นเมืองที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนนิยมใช้ในการผลิตกล้วยฉาบเลิศรสเป็นวัตถุดิบหลักในการทดลองโดยจะทำการทดลองครั้งละ 1 กิโลกรัมเพื่อเปรียบเทียบเวลาในการทำงาน ประสิทธิภาพของการทำงาน และคุณภาพหรือขนาดของแผ่นกล้วยฉาบที่ผ่านการผ่านระหว่างกระบวนการผลิตแบบเดิมที่ใช้แรงงานคนเป็นหลักเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้น
- 3) ออกแบบและจัดสร้างเครื่องผ่านกล้วยเพื่อทดแทนการทำงานของคน โดยเครื่องจะส่งกำลังด้วยมอเตอร์ AC 220 โวลต์ 3 เฟส 1 แรงม้า ส่งกำลังผ่านชุดใบมีดผ่านแบบ 2 ใบตัด โดยใช้อินเวอร์เตอร์ 220/380 โวลต์เป็นตัวควบคุม ดังรูปที่ 4
- 4) ออกแบบและจัดสร้างเครื่องเหวี่ยงสลัดน้ำมันที่มีขนาดความจุ 4 กิโลกรัม ส่งกำลังด้วยมอเตอร์ AC 220 โวลต์ 1 เฟส 1 แรงม้า เพื่อเหวี่ยงสลัดลดปริมาณน้ำมันออกจากบุงที่ผ่านการทอดมาแล้ว ดังรูปที่ 5
- 5) นาฬิกาจับเวลาเพื่อบันทึกค่าเวลาในการทำงานในกระบวนการผลิตแบบเดิมและกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้น
- 6) เครื่องชั่งตวงถนียม 3 ตำแหน่งเพื่อบันทึกค่าปริมาณน้ำมันก่อน-หลังการเหวี่ยงสลัดน้ำมัน
- 7) กระทะและชุดเตาแก๊สสำหรับทอดแผ่นกล้วยฉาบที่ผ่านการผ่านมาแล้ว
- 8) วัสดุที่สัมผัสกับอาหารจะเลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิม สแตนเลส เกรด 304

9) วัสดุที่เป็นโครงเครื่องไม่ได้สัมผัสกับอาหารจะเลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 25.4*50.8*1.2 มม.



รูปที่ 4 เครื่องฝานกล้วยที่ออกแบบและสร้างขึ้น

รูปที่ 5 เครื่องเหวี่ยงสไลด์น้ำมันที่ออกแบบและสร้างขึ้น

3.2 วิธีการทดลอง

1) นำกล้วยน้ำหว้าพันธุ์พื้นเมืองที่มีความสุกห่ามๆ ปริมาณ 1 กิโลกรัม มาทำการปอกเปลือกกล้วยออกบางๆ แยกกล้วยในน้ำเพื่อล้างทำความสะอาดผิวและพักให้สะเด็ดน้ำ ดังรูปที่ 6



(ก) กล้วยน้ำหว้าสุกห่ามๆ



(ข) การบอกกล้วยและแช่น้ำทำความสะอาด

รูปที่ 6 การจุ่มแช่บุงก่อนในน้ำและการบีบน้ำออกจากบุงก่อน

2) ตั้งกระทะน้ำมันด้วยไฟปานกลางสำหรับทอดกล้วยฉาบที่ผ่านการฝานมาแล้ว

3) นำกล้วยน้ำหว้าที่ผ่านการปอกเปลือกและล้างทำความสะอาดมาฝานลงในกระทะทอดด้วยใบมีดฝานแบบ 3 ใบมีด ด้วยแรงงานคนโดยมีความหนา 3.0 มิลลิเมตร และนำไปทอดต่อไป ดังรูปที่ 7



(ก) ชูตใบมีดฝานกล้วยด้วยคน



(ข) การฝนกล้วยฉาบด้วยแรงงานคน



(ค) แผ่นกล้วยฉาบที่ผ่านการผานด้วยแรงงานคน (ง) แผ่นกล้วยฉาบที่ถูกผานลงในกระทะทอด

รูปที่ 7 กระบวนการผานกล้วยฉาบด้วยแรงงานคนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

4) นำกล้วยน้ำหว้าที่ผ่านการปลอกเปลือกและล้างทำความสะอาดมาผานด้วยเครื่องผานกล้วยที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้น มีความหนา 3.0 มิลลิเมตร โดยเครื่องจะส่งกำลังด้วยมอเตอร์ AC 220 โวลต์ 3 เฟส 1.5 แรงม้า 1,450 รอบต่อนาที โดยใช้โอเวอร์เตอร์ 220/380 โวลต์เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบที่เหมาะสมในการผานกล้วยที่ 250 รอบต่อนาที ชุดใบมีดผานจะมี 2 ใบมีดยึดบนแผ่นหน้าจานและทำมาจากวัสดุสแตนเลส SUS 304 จากนั้นนำกล้วยฉาบที่ผ่านการผานไปทอดต่อไป ดังรูปที่ 8



(ก) การเตรียมกล้วยเพื่อผานด้วยเครื่อง



(ข) การผานกล้วยน้ำหว้าด้วยเครื่อง



(ค) ลักษณะแผ่นกล้วยฉาบที่ผานด้วยเครื่อง



(ง) ทอดกล้วยที่ผ่านการผานด้วยเครื่อง

รูปที่ 8 กระบวนการผานกล้วยฉาบด้วยเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้น

5) ตักกล้วยฉาบที่ผ่านการผานด้วยแรงงานคนและนำมาทอดด้วยไฟปานกลางออกจากกระทะซึ่งน้ำหนักรวม จากนั้นวางไว้บนภาชนะที่มีกระดาษซับมันให้สะเด็ดออกจนหมด บันทึกผลด้านน้ำหนักก่อน-หลัง และเวลาในกระบวนการแบบเดิมในการลดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้ว ดังรูปที่ 9 (ข)

6) ตักกล้วยฉาบที่ผ่านการผานด้วยเครื่องผานกล้วยที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นและนำมาทอดด้วยไฟปานกลางออกจากกระทะ ใส่ในถุงผ้า ทำการชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำถุงผ้าใส่ในถังเหวี่ยงสลัดน้ำมันของเครื่องที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้น โดยทำการตั้งความเร็วรอบที่ 1,450 รอบต่อนาที และตั้งเวลาในการทำงาน 1 นาที เพื่อให้ระบบการทำงานของเครื่องหยุดทำงาน จากนั้นนำถุงผ้าที่บรรจุกล้วยฉาบไปทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกผลด้านน้ำหนักก่อน-หลังการเหวี่ยงสลัดน้ำมัน และเวลาในการทำงาน ดังรูปที่ 9 (ค)



(ก) การทอดกล้วยฉาบ



(ข) การใช้กระดาษดูดซับน้ำมันแบบกระบวนการผลิตแบบเดิมด้วยการใช้กระดาษดูดซับน้ำมัน



(ค) การลดน้ำมันในกล้วยฉาบด้วยเครื่องเหวี่ยงสลัดน้ำมันที่ออกแบบและสร้างขึ้น



(ง) ลักษณะแผ่นกล้วยฉาบที่ได้

รูปที่ 9 กระบวนการลดปริมาณน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้ว

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยด้านการฟานกล้วยน้ำหว้าพันธุ์พื้นเมือง

ในการทดลองการฟานกล้วยน้ำหว้าพันธุ์พื้นเมืองเพื่อนำมาทอดเป็นกล้วยฉาบนั้น ผลการวิจัยจะเป็นการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างกระบวนการเดิมที่ใช้แรงงานคนทั้งหมดกับกระบวนการที่ทำการพัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องฟานกล้วยที่ทำการออกแบบและจัดสร้างขึ้นนั้น จะใช้กล้วยน้ำหว้าพันธุ์พื้นเมืองท่ามๆ ปริมาณ 1 กิโลกรัม ผลการวิจัยมีดังนี้

ตารางที่ 1 เวลาที่ใช้ในการฟานกล้วยปริมาณ 1 กิโลกรัม แรงงานคน 1 คน กับเครื่องฟานกล้วยที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้น

การทดลองครั้งที่	การฟานกล้วยน้ำหว้าด้วยคน 1 คน			การฟานกล้วยน้ำหว้าด้วยเครื่อง		
	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความหนาแผ่นกล้วยจากการฟาน (มิลลิเมตร)	% กล้วยฟานตามความยาวได้เต็มใบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความหนาแผ่นกล้วยจากการฟาน (มิลลิเมตร)	% กล้วยฟานตามความยาวได้เต็มใบ
1	4.5	3.15	99.5	1.25	2.95	89.5
2	4.8	3.05	99.0	1.20	3.05	88.5
3	4.9	3.00	99.5	1.28	3.00	87.5
4	5.1	2.95	99.5	1.19	3.05	89.0
5	5.2	2.90	99.0	1.24	2.95	88.0
ค่าเฉลี่ย	4.9	3.01	99.3	1.23	3.0	88.5

จากการวิจัย เครื่องฝานกล้วยฉาบที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นสามารถช่วยลดเวลาในการฝานกล้วย ประหยัดแรงงาน และสามารถที่จะช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตกล้วยฉาบเลิศรสของวิสาหกิจชุมชนได้ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ หลักการทำงานของเครื่องโดยใช้มอเตอร์กระแสไฟฟ้า AC 220 โวลต์ ซึ่งเป็นการออกแบบให้ง่ายแก่การนำไปใช้งาน เช่น การนำไปใช้งานในครัวเรือนทั่วไป ภายในชุมชนหมู่บ้านที่มีการใช้กระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ จึงสะดวกแก่การนำไปใช้งาน ระบบส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ โดยมีขนาดกำลังของมอเตอร์ 1.5 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที และใช้อินเวอร์เตอร์ 220/380 โวลต์ ส่งกำลังไปขับชุดจานใบมีดที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที ส่วนในหลักการควบคุมเครื่องจะใช้คนในการควบคุมเครื่องเพียงคนเดียวเท่านั้น โดยเครื่องจะสามารถฝานกล้วยได้อย่างต่อเนื่อง ผลการทดลองในการฝานกล้วยระหว่างการนำเครื่องที่ได้จัดสร้างขึ้นกับการฝานกล้วยด้วยแรงงานคนในปริมาณ 1 กิโลกรัม ต่อการฝานหนึ่งครั้งทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง พบว่าเครื่องฝานที่จัดสร้างขึ้นใช้เวลาเฉลี่ย 1.23 นาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการนำแรงงานคน โดยเวลาในการใช้แรงงานคนเฉลี่ยที่ 3.01 นาที จะเห็นได้ว่าเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถฝานกล้วย 1 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ยน้อยกว่าคนเท่ากับ 1.78 นาที หรือ 59.14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เครื่องที่จัดสร้างขึ้นยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ โดยภายใน 1 ชั่วโมง เครื่องจะสามารถฝานกล้วยได้ 48.78 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้น 59.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการทำงานของคน

4.2 ผลการวิจัยด้านการลดปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้ว

ในการทดลองการลดปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วเพื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการเดิมที่ใช้การวางพักกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วในภาชนะและใช้กระดาษดูดซับน้ำมันออกกับกระบวนการที่ทำการพัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องเหี่ยงสลัดน้ำมันที่ทำการออกแบบและจัดสร้างขึ้นนั้นจะใช้กล้วยฉาบที่ผ่านการฝานมาแล้วในปริมาณ 1 กิโลกรัม และนำมาทอด ผลการวิจัยมีดังนี้

ตารางที่ 2 เวลาและความเร็วรอบของการเหี่ยงสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกล้วยฉาบทอดที่ลดลง(เปอร์เซ็นต์)

น้ำหนักกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วที่ลดลง(เปอร์เซ็นต์)				
ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	เวลา (นาที)			เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	1	2	3	
800	50.25	54.34	58.75	54.45
1,000	60.16	64.45	65.56	63.39
1,200	70.24	73.55	75.95	73.25
1,450	76.85	79.35	80.55	78.92

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักและปริมาณของน้ำมันที่ตกค้างและหายไปจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดแล้วระหว่างกระบวนการทำงานแบบเดิมโดยใช้กระดาษดูดซับเป็นเวลา 5 นาที และกระบวนการที่พัฒนาขึ้นใหม่โดยใช้เครื่องเหี่ยงสลัดน้ำมันที่ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ในเวลา 1 นาที

การทดลองครั้งที่	การลดปริมาณน้ำมันด้วยกระดาษดูดซับ			การลดน้ำมันด้วยเครื่องเหี่ยงสลัด		
	น้ำหนักกล้วยฉาบที่ผ่านการทอด (กิโลกรัม)	น้ำหนักกล้วยฉาบหลังการดูดซับด้วยกระดาษ (กิโลกรัม)	น้ำหนักกล้วยฉาบหลังการดูดซับด้วยกระดาษ (กิโลกรัม)	น้ำหนักกล้วยฉาบที่ผ่านการทอด (กิโลกรัม)	น้ำหนักกล้วยฉาบหลังการเหี่ยงสลัดด้วยเครื่อง (กิโลกรัม)	น้ำหนักกล้วยฉาบหลังการเหี่ยงสลัดด้วยเครื่อง (กิโลกรัม)
1	1.957	1.450	25.91	1.957	0.500	74.45
2	1.750	1.225	30.00	1.750	0.355	79.71

3	1.800	1.305	27.50	1.800	0.390	78.33
4	1.905	1.505	21.00	1.905	0.475	75.07
5	1.855	1.325	28.57	1.855	0.433	76.67
ค่าเฉลี่ย	1.857	1.362	26.66	1.857	0.431	76.85

จากการวิจัย การออกแบบและสร้างเครื่องเหวี่ยงสลัดน้ำมันขึ้นมานั้น พบว่าความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างอยู่มีค่าน้อยลง จากการทดลองที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที ที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที สามารถลดปริมาณน้ำมันเฉลี่ยได้ถึง 54.45 เปอร์เซ็นต์ 1,000 รอบต่อนาที ที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที สามารถลดปริมาณน้ำมันเฉลี่ยได้ถึง 63.39 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที ที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที สามารถลดปริมาณน้ำมันเฉลี่ยได้ถึง 73.25 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบต่อนาที ที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที สามารถลดปริมาณน้ำมันเฉลี่ยได้ถึง 78.92 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ผลทางกายภาพของแผ่นกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วนำมาผ่านกระบวนการเหวี่ยงสลัดน้ำมัน พบว่ากล้วยฉาบที่มีคุณภาพดีตามมาตรฐานนั้นต้องมีน้ำมันคงเหลือและมีลักษณะตรงตามที่ทางวิสาหกิจชุมชนต้องการไม่มีแผ่นแตกมากเกินไปโดยการนำกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดแล้วมาขนาดกว้าง ยาว หนา คือที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบต่อนาที ที่เวลาเหวี่ยงสลัดน้ำมัน 1 นาที สามารถลดปริมาณน้ำมันได้ถึง 76.85 เปอร์เซ็นต์

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลและอภิปรายผลของกระบวนการผ่านกล้วยเพื่อนำไปทอด

- 1) ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการผ่านแผ่นกล้วยฉาบของเครื่องที่ทำการออกแบบและจัดสร้างขึ้นที่ 250 รอบต่อนาที
- 2) เครื่องผ่านแผ่นกล้วยฉาบที่ทำการออกแบบและจัดสร้างขึ้นมานั้นจะใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยน้อยกว่าคน 59.14 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการทำงานด้วยแรงงานคนนั้นก่อให้เกิดความเมื่อยล้าเกิดขึ้นได้
- 3) เครื่องผ่านแผ่นกล้วยฉาบที่ทำการออกแบบและจัดสร้างขึ้นมานั้นจะช่วยเพิ่มผลผลิตหรือปริมาณแผ่นกล้วยฉาบในเวลา 1 ชั่วโมง 48.78 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้น 59.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการทำงานของคน
- 4) ความเร็วรอบและเวลาที่เหมาะสมในการเหวี่ยงสลัดน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วของเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นที่ 1,450 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
- 5) เครื่องเหวี่ยงสลัดน้ำมันที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น จะสามารถลดเวลาในการลดปริมาณน้ำมันออกจากกล้วยฉาบที่ผ่านการทอดมาแล้วได้ถึง 4 นาที เมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตแบบเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน
- 6) เครื่องเหวี่ยงสลัดน้ำมันที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น จะสามารถลดเวลาในการลดปริมาณน้ำมันออกจากกล้วยฉาบผ่านการทอดมาแล้วได้ถึง 76.85 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

พัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำพริกบุกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าสองยางให้ครบทุกกระบวนการด้วยเครื่องจักรเพื่อลดการใช้แรงงานคน ลดเวลาในการทำงาน ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

- 1) ขอขอบพระคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) : งบประมาณด้าน ววน. ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566 รหัสโครงการ: 185822 รหัสข้อเสนอการวิจัย: 66A170000028
- 2) ขอขอบพระคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการดำเนินโครงการวิจัย
- 3) ขอขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกล้วยฉาบเลิศรสบ้านแม่กลอง ต.แม่กลอง อ.อัมพวา จ.ตาก ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ ข้อมูล และวัตถุดิบในการดำเนินโครงการวิจัย
- 4) ขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สาขาวิชา วิศวกรรม อ.กานต์ วิรุณพันธ์ ที่ช่วยดำเนินงานโครงการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ทนงค์ดี วรอินทร์. (2551). *เครื่องเคี้ยวกล้วยน้ำว้า*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก.
- [2] กฤษณา รวยรื่นและคณะ (2560). *การสร้างเครื่องท่อนหน่อไม้แบบแผ่น*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก.
- [3] ไพศาล ทองสงค์และคณะ (2561). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันหมูฝอย*. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2561.
- [4] อุทัย ผ่องรัศมี. (2558). *เครื่องสกัดน้ำมันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด*. (ออนไลน์), 10/8/2563. <http://intech.pbru.ac.th/me/files/TOSMFFF.pdf>.
- [5] ศิริภิญญา อาสาและคณะ (2563) *การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันพริกทอด*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (2021): กรกฎาคม-ธันวาคม 2564.
- [6] ประชา ยืนยงกุลและคณะ (2548). *การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันออกจากกล้วยทอด*. ศูนย์ข้อมูลการวิจัย Digital "วช."
- [7] กรมวิชาการเกษตร(ประเทศไทย) (2557). *ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกล้วย*. (Online), https://www.doa.go.th/hort/?page_id=52843
- [8] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2559). *คุณภาพและการเสื่อมเสียของอาหารทอด*. (ออนไลน์), 16/8/2563. <https://bsc.dip.go.th/th/category/production2/qs-firefooddead>

งานประจำสู่งานวิจัย

การศึกษาความเครียดของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคเหนือ

ตะวัน วาทกิจ

คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำบลบางเขน อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

tawan@rmutl.ac.th, โทรศัพท์ 084-1515459

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเครียดของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่ง เพื่อให้ทราบถึงสภาวะการณ์ความเครียดของนักศึกษาในปัจจุบัน โดยวิธีการสำรวจภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Analysis) ซึ่งเป็นวิธีการวิจัยเชิงพรรณนาที่ใช้เพื่ออธิบายลักษณะของประชากรในจุดเวลาเฉพาะ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2566 ที่สมัครใจให้ข้อมูลได้สแกนคิวอาร์โค้ด (QR Code) เพื่อตอบแบบสอบถาม โดยมีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 765 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 เป็นแบบวัดความเครียดสวนปรุง (SPST -20) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง มีแผนการเรียนในด้านวิทยาศาสตร์ แหล่งที่มาของรายได้หลักของนักศึกษา คือ ผู้ปกครอง การเดินทางมามหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่เดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ส่วนตัว นักศึกษาส่วนใหญ่มีอุปสรรคเล็กน้อยหรือเล็กน้อยถึงปานกลางในการเรียน และใช้เวลา 5 – 8 ชั่วโมงต่อวันในการเรียนหรือทบทวนเนื้อหาการเรียน สำหรับความเครียด พบว่า โดยรวมมีค่าเฉลี่ยรายข้อของคะแนนความเครียดอยู่ระหว่าง 1.89 – 4.16 โดยพบว่า ข้อคำถามที่มีคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กังวลกับเรื่องสารพิษหรือมลภาวะในอากาศ น้ำ เสียง และดิน ($\bar{X} = 4.16$, S.D. = 1.23) เงินไม่พอใช้จ่าย ($\bar{X} = 4.10$, S.D. = 0.85) และรู้สึกคับข้องใจ ($\bar{X} = 3.85$, S.D. = 1.25) และเมื่อวัดคะแนนรวมความเครียดจากแบบวัดความเครียดสวนปรุง นักศึกษาส่วนใหญ่ถึง ร้อยละ 43.92 มีความเครียดในระดับสูง (ช่วงคะแนน 42 – 61 คะแนน) กล่าวคือ ได้รับความเดือดร้อนจากสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์รอบตัว ทำให้วิตกกังวล กลัว รู้สึกขัดแย้ง หรืออยู่ในสถานการณ์ที่แก้ไขจัดการปัญหานั้นไม่ได้ ปรับความรู้สึกด้วยความลำบาก ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน

คำสำคัญ ความเครียด, นักศึกษาระดับปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยกลุ่ม 2, แบบวัดความเครียดสวนปรุง

The study of Undergraduate Students Stress in a Group 2 University in the North Region

Tawan Watakit

Faculty of Business and Liberal of Arts, Rajamangala University of Technology Lanna,
Muang Chiang Mai, Chiang Mai 50300

tawan@mutl.ac.th, Tel. 084-1515459

Abstract

The purpose of this research is to study the stress of students at a second group university. To know the current stressful situation of students. by cross-sectional survey method which was a descriptive research method used to describe the characteristics of a population at a specific point in time. The data was collected from the samples only once during October 2023. The samples consisted of undergraduate students enrolled in the first semester of the academic year 2023 who voluntarily gave their information and scanned the QR Code to answer the questionnaires. There was sample of 765 people in this study. The tool used in this research was the questionnaire, divided into 2 parts: Part 1 was the personal information of the respondents. Part 2 was the Suan Prung Stress Scale (SPST - 20). It was found that the majority of respondents were female and study plan was science. The main source of income for these students was received by their parents, traveled to university by personal motorcycle. Most students have electronic devices to support their learning and spend 5 - 8 hours a day for studying or reviewing course material. For stress, it was found that the average stress score for each item was between 1.89 - 4.16. It also was found the top 3 questions with the highest scores were worries about toxins or pollution in the air, water, noise, and soil ($\bar{x} = 4.16$, S.D. = 1.23), not having enough money to spend ($\bar{x} = 4.10$, S.D. = 0.85) and feeling anxiety ($\bar{x} = 3.85$, S.D. = 1.25) and when measuring the total stress score from the Suan Prung Stress Scale found 43.92 percent of students had experience high levels of stress (score range 42 - 61 points) This indicates they were disturbed by various factors or events in their surroundings, causing anxiety, fear, conflict, or situations they find difficult to manage or resolve. This emotional strain can significantly impact their daily life.

Keywords: Stress, Undergraduate Students, Group-2 University, Suan Prung Stress Scale.

1. บทนำ

ชีวิตนักศึกษาเต็มไปด้วยสีสัน ความท้าทาย และโอกาสมากมาย แต่ในขณะเดียวกัน นักศึกษาก็ต้องเผชิญกับแรงกดดันและปัญหาต่างๆ มากมายในการใช้ชีวิต ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการใช้ชีวิตส่วนตัว รวมถึงปัญหาการเรียนในมหาวิทยาลัย ซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะ "ความเครียด" ดังเช่น ผลสำรวจพฤติกรรมสุขภาพของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี 9,050 คน จากมหาวิทยาลัย 15 แห่งทั่วประเทศ พบว่า นักศึกษาที่จำนวนมากเคยโดนทำร้ายจิตใจจากเพื่อนในมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ ยังพบว่าความเครียดจากเรียนในนักศึกษามีความชุกสูงถึงร้อยละ 20 จากกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำการสำรวจ (ศิริเชษฐ์ สังขะมาน, 2565) และยังพบอีกว่า นักศึกษาสายวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเครียดสูง โดยมีการสำรวจคุณภาพของสุขภาวะทางจิตซึ่งผลสำรวจดังกล่าวชี้ให้เห็นสุขภาวะทางจิตของนักศึกษา ไม่ว่าจะเป็นความเครียดในการเรียนการสอนที่เกิดจากอาจารย์ เช่น จากการใช้วาจาที่รุนแรง การสอนที่ยาก รวมถึงการอธิบายยกตัวอย่างที่คลุมเครือ ซึ่งก่อให้เกิดความเครียดในการเรียน ตลอดจนระบบการศึกษาและหลักสูตรที่ไม่เอื้อต่อนักศึกษา มีการบีบอัดเนื้อหาวิชาที่มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อน ยากต่อการทำความเข้าใจในระยะเวลาที่จำกัด สำหรับปัญหาที่ก่อให้เกิดความเครียดในชีวิตยังเกี่ยวข้องกับการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ เพื่อนใหม่ และสังคมภายในคณะ ซึ่งก่อให้เกิดความขัดแย้งหรือความกดดันที่ทำให้รู้สึกไม่สบายใจ ตลอดจนงานที่ได้รับมอบหมายภาระงานและข้อกำหนดชั่วโมงการทำงานที่มากเกินไป ทำให้นักศึกษาไม่มีเวลาพักผ่อนที่เพียงพอ เกิดความเครียดสะสม รู้สึกเหนื่อยล้า ทั้งนี้สภาวะความเครียดสะสมส่งผลต่อสุขภาพจิตโดยรวม และยิ่งขยายผลไปสู่ภาวะการหมดไฟในการเรียน ภาวะความพึงพอใจในตนเองต่ำ โรคซึมเศร้า โรควิตกกังวล และโรคตื่นตระหนก อันนำไปสู่อัตราการพักการศึกษาไปจนถึงการฆ่าตัวตายที่สูงขึ้น (ศุภานัน เจนธีรวงศ์, 2566) จึงเป็นปัญหาเร่งด่วนและต้องได้รับการแก้ไขอย่างจริงจังจากทางมหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยกลุ่มสองเป็นมหาวิทยาลัยที่เน้นการพัฒนาเทคโนโลยีและส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อพัฒนากำลังคนที่มีทักษะด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ตลอดจนส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนา นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ตอบสนองต่อความต้องการของภาคเอกชนและภาคประชาชน ดังนั้น มหาวิทยาลัยกลุ่มสองที่ถูกจัดกลุ่มมหาวิทยาลัยตามกลยุทธ์การพัฒนาอุดมศึกษาเชิงยุทธศาสตร์ โดยกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จึงมีคณะและสาขาวิชาที่เน้นหนักไปทางวิทยาศาสตร์ และการเรียนการสอนส่วนใหญ่ก็เน้นไปยังนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ มีงานวิจัยหลายชิ้นชี้ว่า ความชุกของนักศึกษาแผนการเรียนด้านวิทยาศาสตร์มีความเครียดในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 70.41 โดยปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับความเครียด คือ ด้านการเรียน การสอบ ความสัมพันธ์กับผู้คนในมหาวิทยาลัย และสิ่งแวดล้อม (สุวิจักขณ์ อุ่นทวีทรัพย์, ธนภฤต เตียววานากุล, วรทยา โสมภีร์, ไชยวัฒน์ เทียนเครือ, 2564) รวมถึงอีกการศึกษาหนึ่งที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จำนวนมากถึง 23,489 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคกลาง ในการศึกษาพบข้อมูลที่ยืนยันว่า นักศึกษาของมหาวิทยาลัยดังกล่าว ส่วนใหญ่มีความเครียดระดับสูงมากกว่าปกติ ถึงร้อยละ 60.62 โดยในกลุ่มนี้ ยังเป็นผู้ที่มีความเครียดในระดับมาก สูงถึงร้อยละ 26.70 หรืออาจกล่าวได้ว่า นักศึกษาเกินครึ่งหนึ่งมีความเครียดสูงกว่าปกติ และมีนักศึกษจำนวนมากถึง 1 ใน 4 เป็นผู้มีความเครียดในระดับมาก (วารุณี มีมุงบุญ, 2562) ดังนั้น นักศึกษาในมหาวิทยาลัยกลุ่มสองที่เน้นการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์จึงมีแนวโน้มที่จะมีความเครียดสูง

ดังนั้น การศึกษาความเครียดในนักศึกษาจึงเป็นสิ่งที่จะต้องมีการศึกษา เพราะความเครียดอาจส่งผลกระทบต่อทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิตของนักศึกษา นอกจากนี้ความเครียดยังอาจทำให้

นักศึกษาที่มีความยากลำบากในการจัดสรรเวลาในการทำงานหรือการวางแผนการเรียน ตลอดจนส่งผลทำให้ทำให้นักศึกษาสูญเสียสมาธิ ทำให้นักศึกษาไม่สามารถตั้งใจฟังบรรยายหรือเข้าใจเนื้อหาการเรียนรู้อื่นๆในชั้นเรียนได้ตามปกติ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการศึกษาของนักศึกษา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความเครียดของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคเหนือ เพื่อให้ทราบถึงสภาวะการณความเครียดของนักศึกษาในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยให้มหาวิทยาลัยสามารถจัดการให้บริการทางจิตวิทยาและให้การช่วยเหลือที่เหมาะสมต่อนักศึกษาได้อย่างถูกต้อง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความเครียด (Stress) มาจากภาษาละติน คำว่า Strictus หรือ “Stric” หมายถึง แรงกดดันที่มีต่อร่างกายและมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย โดยมีผู้ให้ความหมายของ “ความเครียด” ไว้หลากหลาย เช่น เซลเย (Selye, 1956) กล่าวว่า ความเครียดเป็นภาวะหนึ่งในระบบชีวิตของบุคคล ซึ่งแสดงให้เห็นได้โดยมีกลุ่มอาการเฉพาะเกิดขึ้น อันเป็นภาวะที่ร่างกายมีปฏิกิริยาสนองตอบต่อสิ่งที่มาคุกคามปฏิกิริยานี้แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายเพื่อปรับตัวต่อสิ่งคุกคามนั้น ลาซารัส และโพลด์แมน (Lazarus; & Folkman, 1984) เชื่อว่า ความเครียดเป็นผลจากความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม โดยบุคคลเป็นผู้ประเมินว่าความสัมพันธ์นั้นจะเป็นโทษหรือมีผลเสียต่อสุขภาพของบุคคลนั้นหรือไม่ ซึ่งการตัดสินใจความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ต้องอาศัยการประเมินด้วยสติปัญญา นอกจากนี้ ไรซ์ (Rice, 1999) ได้แบ่งความหมายของความเครียดออกเป็น 2 แนวทาง คือ 1) ความเครียดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายนอก หมายถึง เหตุการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุสร้างสภาวะความเครียดให้บุคคลรู้สึกถูกกดดันหรือคุกคาม และ 2) ความเครียดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายใน หมายถึง กระบวนการจัดการภายในจิตใจของบุคคลที่เกิดสภาวะความกดดัน กังวล ขัดแย้งภายใน หรือคับข้องใจ ซึ่งเป็นเรื่องของการปรับตัวด้านอารมณ์กระบวนการตีความกระบวนการตัดสินใจ การป้องกันตนเอง และกระบวนการปรับตัวของบุคคล โดยกระบวนการดังกล่าวอาจส่งเสริมการพัฒนาทางด้านจิตใจ และวุฒิภาวะ หรืออาจทำให้เกิดความบีบคั้นทางจิตใจก็ได้

สำหรับประเภทของความเครียดสามารถแบ่งประเภทของความเครียด ออกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) แบ่งตามแหล่งกำเนิดของความเครียด แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ความเครียดทางร่างกาย (Physiological Stress) มักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและระดับเลือด ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนไอโอปทาลามัส เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบกล้ามเนื้อ ระบบหายใจ ระบบทางเดินหายใจ และระบบอื่น ๆ ของร่างกาย (McEwen, 2007) และประเภทที่สองเป็น ความเครียดทางอารมณ์และจิตใจ (Emotional & Psychological Stress) เป็นการที่บุคคลตอบสนองออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ และจิตใจ เกิดอาการแปรปรวนทางจิตใจ (Lazarus, 1991) เช่น ความว้าวุ่น อารมณ์กวัดแกว่ง การขาดสติ มีความวิตกกังวล ขาดความมั่นใจ ไม่กล้าตัดสินใจ เป็นต้น

2) แบ่งตามระยะที่เกิดอาการเครียด แบ่งได้เป็น 2 ประเภท (Goldschmidt et al, 2014) คือ ประเภทที่ 1 ความเครียดชนิดเรื้อรัง (Chronic Stress) เป็นภาวะความเครียดเช่นนี้มักเกิดขึ้นเป็นเวลานานจากปัญหาเรื้อรังที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขบางครั้งความเครียดชนิดนี้จะถูกเรียกว่า “ความเครียดแฝง” ซึ่งเป็นความเครียดที่บุคคลถูกกระตุ้น หรือถูกคุกคามจากสิ่งต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอันยาวนาน ผลของการคุกคามจึงมองไม่เห็นเด่นชัด เช่น การเจ็บป่วยเรื้อรัง ปมด้อยของร่างกาย การที่ต้องรับหน้าที่ความรับผิดชอบที่มีภารกิจหนักหน่วงเป็นระยะเวลาอันยาวนาน เป็นต้น ประเภทที่ 2 คือ ความเครียดชนิดฉับพลัน (Acute or

Emergency Stress) เป็นความเครียดที่ร่างกายและจิตใจถูกควบคุมจากความเครียดนั้นในทันทีทันใด เกิดในระยะเวลาสั้น ๆ และเห็นผลในทันที มักเกิดจากเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝัน โดยบุคคลจะตอบสนองต่อความเครียดชนิดนี้ด้วยระบบ "ต่อสู้หรือหนี" (fight-or-flight response) เช่น การเกิดอุบัติเหตุกระแทกหั่น ภัยธรรมชาติ การถูกทำร้ายร่างกาย การสอบ การสัมภาษณ์งาน ทั้งนี้ ความเครียดชนิดฉับพลัน มักจะหายไปเองเมื่อเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดความเครียดสิ้นสุดลง อย่างไรก็ตาม หากความเครียดชนิดฉับพลันนั้นรุนแรงหรือเกิดขึ้นบ่อยครั้งอาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพจิต เช่น โรควิตกกังวล หรือโรคเครียดหลังเหตุการณ์สะเทือนใจ (PTSD)

ทั้งนี้ ความเครียดเป็นธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต หากบุคคลมีความเครียดที่เหมาะสม ก็จะเป็นประโยชน์ เพราะความเครียดที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นแรงผลักดันให้มนุษย์มีกระบวนการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้น ตลอดจนเป็นพลังในการพัฒนาความสามารถ ความรู้ หรือทักษะการใช้ชีวิตให้ดียิ่งขึ้น และสามารถช่วยให้บุคคลค้นพบศักยภาพใหม่ๆ ให้พ้นจากขอบเขตเดิมที่ทำได้ อย่างไรก็ตาม ในหลาย ๆ สถานการณ์ในชีวิตก็สามารถทำให้เกิดความเครียดในระดับสูงมากเกินไปจนเกินความพอดี หรือมากกว่าความสามารถของบุคคลผู้นั้นในการรับมือหรือจัดการกับความเครียดที่ตนเองเผชิญอยู่ได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ ซึ่งก่อให้เกิดผลทางลบต่อร่างกายและจิตใจของบุคคล

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาระดับความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคเหนือ

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2566 จำนวน 7,769 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 11 กันยายน 2566 สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคเหนือ)

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2566 และผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์อาจารย์ผู้สอนในภาคการศึกษาดังกล่าว ขอให้ให้นักศึกษาที่สมัครใจให้ข้อมูลได้สแกนคิวอาร์โค้ด (QR Code) เพื่อตอบแบบสอบถาม โดยมีหนังสือขอความยินยอมการให้ข้อมูลอยู่ในหน้าแรก ซึ่งนักศึกษาต้องกดยืนยันก่อนจึงจะผ่านเข้าไปตอบข้อคำถามได้ มีนักศึกษาที่สมัครใจเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น จำนวน 765 คน ซึ่งมากกว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) กำหนด ทั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้สูตรการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของทาโร่ ยามาเน่ เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจและเป็นงานวิจัยที่ผู้วิจัยรู้ขนาดของประชากรอย่างแน่ชัด (Finite population) จึงสามารถใช้สูตรของทาโร่ ยามาเน่ ได้อย่างเหมาะสมในการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยพบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำของการศึกษานี้ คือ 380.41 คน หรือ 381 คน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรก เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่สอง เป็นแบบวัดความเครียดสวนปรุง (Suanprung Stress Test-20: SPST -20) (สุวัฒน์ มหัตถนิรันดร์กุล, วนิดา พุ่มไพศาลชัย, ทิมพ์มาศ ตาปัญญา, 2540) เป็นแบบวัดความเครียดที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยแบบวัด

ความเครียดนี้มีข้อคำตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยแบบวัดดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับคนไทยอย่างยิ่ง เนื่องจากสร้างขึ้นมาจากกรอบแนวคิดทางด้านชีวภาพ จิตใจ และสังคม โดยเครื่องมือดังกล่าวมีการสร้างที่เป็นมาตรฐานสากล กล่าวคือ มีการทดสอบหาความตรงสภาพในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 523 คน ซึ่งเป็นคนไทย โดยมีเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ คือ ค่าความเครียดของกล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) และมีการแบ่งระดับความเครียดของแบบวัดความเครียดนี้เป็น 5 ระดับ คือ เครียดต่ำ เครียดปานกลาง เครียดสูง เครียดรุนแรง โดยใช้คะแนนปกติ (Normalized T-score) ในการแบ่งโดยอิงตามค่า EMG ที่ใช้เป็นมาตรฐาน และใช้สถิติวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อสกัดตัวปัจจัยให้เหลือข้อคำถามน้อยลง ซึ่งข้อคำถามที่เหลือจะต้องมีความเชื่อมั่นมากกว่า 0.7 และยังคงสัมพันธ์กับค่า EMG จึงจะสามารถนำมาใช้ในงานศึกษาวิจัยเชิงสำรวจได้

สำหรับเกณฑ์การแปลผลของแบบวัดความเครียดสวนปรง (SPST -20) แบ่งออกเป็น 4 ช่วงระดับคะแนน และสามารถแปลผลได้ ดังนี้

ระดับคะแนน 0 – 23 คะแนน มีความเครียดอยู่ในระดับน้อยและหายไปได้ในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นความเครียดที่เกิดขึ้น ได้ในชีวิตประจำวันและสามารถปรับตัวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ความเครียดในระดับนี้ถือว่ามีประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน เป็นแรงจูงใจที่นำไปสู่ความสำเร็จในชีวิตได้

ระดับคะแนน 24 – 41 คะแนน มีความเครียดในระดับปานกลางเกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากมีสิ่งคุกคามหรือเหตุการณ์ที่ทำให้เครียด อาจรู้สึกวิตกกังวลหรือกลัว ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ความเครียดระดับนี้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือเป็นผลเสียต่อการดำเนินชีวิต

ระดับคะแนน 42 – 61 คะแนน มีความเครียดในระดับสูง เป็นระดับที่ท่านได้รับความเดือดร้อนจากสิ่งต่าง ๆ หรือ เหตุการณ์รอบตัว ทำให้วิตกกังวล กลัว รู้สึกขัดแย้ง หรืออยู่ในสถานการณ์ที่แก้ไข จัดการปัญหานั้นไม่ได้ ปรับความรู้สึกด้วยความลำบากจะส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน และการเจ็บป่วย เช่น ความดันโลหิตสูง เป็นผลในกระเพาะอาหาร ฯลฯ หากท่านไม่สามารถจัดการคลายเครียดด้วยตนเองได้ ควรปรึกษากับผู้ให้ การ ปรึกษาในหน่วยงานต่าง ๆ

ระดับคะแนน 62 คะแนนขึ้นไป มีความเครียดในระดับรุนแรง เป็นความเครียดในระดับสูงที่เกิดต่อเนื่องหรือท่านกำลังเผชิญกับวิกฤตของชีวิต เช่น เจ็บป่วยรุนแรง เรือร้าง สูญเสียคนรัก ทรัพย์สิน หรือ สิ่ง ที่รัก ความเครียดระดับนี้ส่งผลทำให้เจ็บป่วยทางกายและสุขภาพจิต ชีวิตไม่มีความสุข ความคิดฟุ้งซ่าน การตัดสินใจไม่ดี ยับยั้งอารมณ์ไม่ได้ ความเครียดระดับนี้ถ้าปล่อยไว้จะเกิดผลเสียทั้งต่อตนเองและคนใกล้ชิด ควรได้รับการช่วยเหลืออย่างรวดเร็ว

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือวัดขั้นนี้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ต้องการทำการศึกษ จำนวน 30 คน ได้ค่าอัลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach Alpha) เท่ากับ 0.78

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2566 ในมหาวิทยาลัยกลุ่มสอง แห่งหนึ่งในภาคเหนือ โดยมีการดำเนินการ ดังนี้ 1) คำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่ต้องใช้ในงานวิจัยขั้นนี้ 2) จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม โดยมีอยู่ 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลส่วนบุคคล และตอนที่ 2 เป็นแบบวัดความเครียดสวนปรง

(SPST -20) เพื่อใช้ประเมินและวิเคราะห์ความเครียดของกลุ่มตัวอย่าง โดยจัดทำแบบสอบถามนี้ไว้ในรูปแบบของคิวอาร์โค้ด 3) ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์อาจารย์ผู้สอนของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือ ในการขอให้ นักศึกษาที่สมัครใจให้ข้อมูลได้ตอบแบบถามโดยการสแกนคิวอาร์โค้ด 4) หลังจากผู้วิจัยได้ข้อมูลจากแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ผล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อใช้ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของข้อมูล เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายและแนวทางการศึกษาความเครียดของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยกลุ่มสองไว้ ดังนี้ ความเครียดเป็นสภาวะทางจิตใจและร่างกายที่ตอบสนองต่อความกดดัน ซึ่งความกดดันเหล่านั้นอาจมากกว่าความสามารถในการรับมือของบุคคล จึงทำให้เกิดภาวะของความตึงเครียดทางด้านอารมณ์และจิตใจ โดยความเครียดสามารถเกิดได้จากสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิต และส่งผลกระทบต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตของบุคคลได้

สำหรับผลการศึกษาความเครียดของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคเหนือ มีผลการศึกษา ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย เพศ แผนการเรียน แหล่งที่มาของรายได้หลัก การเดินทางมามหาวิทยาลัย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สนับสนุนการเรียน และจำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยในการเรียนหรือทบทวนเนื้อหาการเรียน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตัวแปร	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	285	37.25
หญิง	361	47.19
เพศทางเลือก	119	15.56
แผนการเรียน		
ด้านวิทยาศาสตร์	438	57.25
ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	327	42.75
แหล่งที่มาของรายได้หลัก		
ผู้ปกครอง	638	83.40
การทำงานพาร์ทไทม์	119	15.15
อื่น ๆ (ประกอบธุรกิจออนไลน์, เปิดร้านขายอาหาร เป็นต้น)	8	1.05
การเดินทางมามหาวิทยาลัย		
รถจักรยานยนต์ส่วนตัว	458	59.87
รถยนต์ส่วนตัว	145	18.95

รถโดยสารไม่ประจำทาง (รถแดง)	50	6.54
เดิน	27	3.53
อื่น ๆ (มากับเพื่อน, โดยสาร Grab เป็นต้น)	85	11.11
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สนับสนุนการเรียนรู้ (คอมพิวเตอร์, โทรศัพท์ [Smart phone], แท็บเล็ต [Tablet] เป็นต้น)		
มี	724	94.64
ไม่มี	41	5.36
จำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยในการเรียนหรือทบทวนเนื้อหาการเรียน		
น้อยกว่า 5 ชั่วโมง/วัน	232	30.33
5 - 8 ชั่วโมง/วัน	459	60.00
มากกว่า 8 ชั่วโมง/วัน	74	9.67

จากตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 765 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 361 คน คิดเป็นร้อยละ 47.19 ส่วนใหญ่มีแผนการเรียนในด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 438 คน คิดเป็นร้อยละ 57.25 สำหรับแหล่งที่มาของรายได้หลักของนักศึกษา คือ ผู้ปกครอง จำนวน 638 คน คิดเป็นร้อยละ 83.40 การเดินทางมามหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่เดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ส่วนตัว จำนวน 458 คน คิดเป็นร้อยละ 59.87 นักศึกษาส่วนใหญ่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สนับสนุนการเรียนรู้ (คอมพิวเตอร์, โทรศัพท์ [Smart phone], แท็บเล็ต [Tablet] เป็นต้น) จำนวนมากถึง 724 คน คิดเป็นร้อยละ 94.64 และนักศึกษาก่อนใหญ่ ใช้เวลา 5 – 8 ชั่วโมงต่อวันในการเรียนหรือทบทวนเนื้อหาการเรียน

ตอนที่ 2 เป็นแบบวัดความเครียดสวนปรุง (Suanprung Stress Test-20: SPST-20) จำนวน 20 ข้อคำถาม ซึ่งเป็นแบบวัดความเครียดที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยแบบวัดความเครียดนี้เป็นแบบวัดความเครียดที่พัฒนาขึ้น โดยสุวัฒน์ มหัตนรินทร์กุล วนิตา พุ่มไพศาลชัย และพิมพ์ มาศ ตาปัญญา ซึ่งเป็นแบบวัดความเครียดที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับคนไทย โดยมีการพัฒนาจากกรอบแนวคิดทางด้านชีวภาพ จิตใจ และสังคมของความเครียด มีข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ สำหรับการให้คะแนนแบบสอบถาม ทำโดยให้ผู้ตอบอ่านคำถามแล้วสำรวจดูว่าในระยะ 6 เดือนที่ผ่านมา มีเหตุการณ์ในข้อใดเกิดขึ้นกับผู้ตอบบ้าง ถ้าข้อไหนไม่ได้เกิดขึ้นให้ข้ามไป ไม่ต้องตอบ แต่ถ้ามีเหตุการณ์ในข้อใดเกิดขึ้นกับผู้ตอบ ให้ผู้ตอบประเมินว่า มีความรู้สึกอย่างไรต่อเหตุการณ์นั้น โดยให้ค่า คะแนน 1 - 5 เรียงจาก 1 ไม่รู้สึกเครียด 2 เครียดเล็กน้อย 3 เครียดปานกลาง 4 เครียดมาก และ 5 เครียดมากที่สุด โดยผลของค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถามถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลจากแบบวัดความเครียดสวนปรุง

ข้อที่	ข้อคำถาม	\bar{X}	S.D.
1	กลัวทำงานผิดพลาด	3.81	1.20
2	ไปไม่ถึง.....	3.73	0.96
3	ครอบครัวมีความขัดแย้งกันในเรื่อง.....	2.80	1.42

4	เป็นกังวลกับเรื่องสารพิษหรือมลภาวะในอากาศ น้ำ เสียง และดิน	4.16	1.23
5	รู้สึกว่าต้อง.....	3.67	0.94
6	เงินไม่พอใช้จ่าย	4.10	0.85
7	กล้ามเนื้อตึงหรือปวด	3.25	1.24
8	ปวดหัวจาก.....	2.77	1.42
9	ปวดหลัง	2.30	1.13
10	ความอยากอาหารเปลี่ยนแปลง	2.83	1.26
11	ปวดศีรษะ.....	2.98	1.89
12	รู้สึกวิตกกังวล	3.26	1.43
13	รู้สึกคับข้องใจ	3.85	1.25
14	รู้สึก.....	3.68	1.75
15	รู้สึก.....	3.25	0.84
16	ความจำไม่ดี	2.69	0.82
17	รู้สึก.....	3.17	1.78
18	ตั้งสมาธิลำบาก	3.52	1.24
19	รู้สึก.....	2.92	0.83
20	เป็นหวัดบ่อยๆ	1.89	1.13

จากตารางที่ 2 รายละเอียดของข้อมูลจากแบบวัดความเครียดสวนปรุง พบว่า นักศึกษาผู้ตอบแบบสอบถามมีค่าเฉลี่ยของคำตอบในแบบวัดความเครียดสวนปรุงอยู่ระหว่าง 1.89 – 4.16 คะแนน โดยพบว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ข้อที่ 4 เป็นกังวลกับเรื่องสารพิษหรือมลภาวะในอากาศ น้ำ เสียง และดิน ($\bar{x} = 4.16$, S.D. = 1.23) ข้อที่ 6 เงินไม่พอใช้จ่าย ($\bar{x} = 4.10$, S.D. = 1.25) และข้อที่ 13 รู้สึกคับข้องใจ ($\bar{x} = 3.85$, S.D. = 1.25) สำหรับข้อคำถามที่มีคะแนนต่ำที่สุด 3 อันดับแรก คือ ข้อที่ 20 เป็นหวัดบ่อยๆ ($\bar{x} = 1.89$, S.D. = 1.13) ข้อที่ 9 ปวดหลัง ($\bar{x} = 2.30$, S.D. = 1.13) และข้อที่ 16 ความจำไม่ดี ($\bar{x} = 2.69$, S.D. = 0.82)

นอกจากนี้ แบบวัดความเครียดสวนปรุง (SPST-20) จำนวน 20 ข้อคำถาม มีระดับคะแนนรวมไม่เกิน 100 คะแนน โดยคะแนนรวมสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ 1) ระดับคะแนน 0 – 23 เครียดน้อย 2) ระดับคะแนน 24 – 41 เครียดปานกลาง 3) ระดับคะแนน 42 – 61 เครียดในระดับสูง และ 4) ระดับคะแนน 62 ขึ้นไป เครียดในระดับรุนแรง โดยผู้วิจัยได้นำคะแนนรวมของนักศึกษาผู้ตอบแบบสอบถามมาแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนรวมของแบบวัดความเครียดสวนปรงในนักศึกษา

คะแนนรวม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับคะแนน 0 – 23 คะแนน	89	11.63
ระดับคะแนน 24 – 41 คะแนน	267	34.91
ระดับคะแนน 42 – 61 คะแนน	336	43.92
ระดับคะแนน 62 คะแนนขึ้นไป	73	9.54

จากตารางที่ 3 คะแนนรวมของแบบวัดความเครียดสวนปรงในนักศึกษา พบว่า นักศึกษาผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ จำนวน 336 คน คิดเป็นร้อยละ 43.92 มีความเครียดในระดับสูง กล่าวคือ ได้รับความเดือดร้อนจากสิ่งต่าง ๆ หรือ เหตุการณ์รอบตัว ทำให้วิตกกังวล กลัว รู้สึกขัดแย้ง หรืออยู่ในสถานการณ์ที่แก้ไขจัดการปัญหานั้นไม่ได้ ปรับความรู้สึกด้วยความลำบากจะส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน และการเจ็บป่วย และนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถาม จำนวนน้อยที่สุด คือ 73 คน คิดเป็นร้อยละ 9.54 มีค่าระดับคะแนน 62 คะแนนขึ้นไป กล่าวคือ เป็นความเครียดในระดับรุนแรง อาจเป็นความเครียดในระดับสูงที่เกิดต่อเนื่อง หรือกำลังเผชิญกับวิกฤตของชีวิต ความเครียดระดับนี้ส่งผลทำให้เจ็บป่วยทางกายและสุขภาพจิต ความเครียดระดับนี้ถ้าปล่อยไว้จะเกิดผลเสียทั้งต่อตนเองและคนใกล้ชิด

5. สรุปและอภิปรายผล

ความเครียดของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยกลุ่มสองแห่งหนึ่งในภาคเหนือ เป็นการศึกษาวิจัยโดยวิธีการสำรวจภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Analysis) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2566 จำนวน 7,769 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) มีกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 765 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 เป็นแบบวัดความเครียดสวนปรง (SPST -20) พบว่า จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 765 คน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 361 คน คิดเป็นร้อยละ 47.19 ส่วนใหญ่มีแผนการเรียนในด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 438 คน คิดเป็นร้อยละ 57.25 แหล่งที่มาของรายได้หลักของนักศึกษา คือ ผู้ปกครอง จำนวน 638 คน คิดเป็นร้อยละ 83.40 การเดินทางมามหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่เดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ส่วนตัว จำนวน 458 คน คิดเป็นร้อยละ 59.87 นักศึกษาส่วนใหญ่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สนับสนุนการเรียน จำนวนมากถึง 724 คน คิดเป็นร้อยละ 94.64 และนักศึกษาส่วนใหญ่ใช้เวลา 5 – 8 ชั่วโมงต่อวันในการเรียนหรือทบทวนเนื้อหาการเรียน นอกจากนี้ยังพบว่า นักศึกษาผู้ตอบแบบสอบถามมีคะแนนค่าเฉลี่ยรายข้อในแบบวัดความเครียดสวนปรงอยู่ระหว่าง 1.89 - 4.16 โดยพบว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ข้อที่ 4 เป็นกังวลกับเรื่องสารพิษหรือมลภาวะในอากาศ น้ำ เสียง และดิน ($\bar{x} = 4.16$, S.D. = 1.23) ข้อที่ 6 เงินไม่พอใช้จ่าย ($\bar{x} = 4.10$, S.D. = 0.85) และข้อที่ 13 รู้สึกคับข้องใจ ($\bar{x} = 3.85$, S.D. = 1.25) และยังพบอีกว่า นักศึกษาผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ จำนวน 336 คน คิดเป็นร้อยละ 43.92 มีความเครียดในระดับสูง กล่าวคือ เริ่มได้รับความเดือดร้อนจากสิ่งต่าง ๆ หรือ เหตุการณ์รอบตัว ทำให้

วิตกกังวล กลัว รู้สึกขัดแย้ง หรืออยู่ในสถานการณ์ที่แก้ไขจัดการปัญหานั้นไม่ได้ ปรับความรู้สึกด้วยความกล้าบากลจะส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน และการเจ็บป่วย

สำหรับการอภิปรายผลการวิจัย มีดังนี้ การที่นักศึกษาส่วนใหญ่มีความเครียดมากที่สุดในเรื่องสารพิษหรือมลภาวะในอากาศ น้ำ เสียง และดิน เนื่องจากมหาวิทยาลัยแห่งนี้ตั้งอยู่ในจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือ ซึ่งเป็นหนึ่งในจังหวัดที่ได้รับผลกระทบอย่างสูงจากค่ามลภาวะทางอากาศ ค่าฝุ่น pm 2.5 ที่เกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนดเป็นระยะเวลายาวนานหลายเดือน ทำให้เรื่องมลภาวะทางอากาศอยู่ในความสนใจและส่งผลกระทบต่อประชาชนและผู้ที่อยู่อาศัยในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้น ค่าฝุ่น PM 2.5 ในจังหวัดเชียงใหม่จึงเป็นเรื่องที่อยู่ในความสนใจของนักศึกษาเหล่านี้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องโรคทางเดินหายใจที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศและปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เชียงใหม่ ในช่วงปี พ.ศ. 2554–2563 ซึ่งเป็นหนึ่งในจังหวัดของภาคเหนือของประเทศไทย (Chalita Jainonthee, Ying-Lin Wang, Colin W. K. Chen and Karuna Jainonthee, 2022) ที่ได้รับผลกระทบอย่างหนักจากมลพิษทางอากาศ โดยในงานวิจัยดังกล่าว เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับโรคทางเดินหายใจ 2 ประเภท คือ ใช้หวัดจากการที่ภูมิต้านทานต่ำลง และปอดบวมในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งถือเป็นเมืองที่มีมลพิษทางอากาศมากที่สุดในประเทศไทย ในช่วงฤดูร้อน สำหรับเรื่องค่าใช้จ่ายไม่เพียงพอ เป็นปัญหาทางเศรษฐกิจที่พบได้บ่อยในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีความเหลื่อมล้ำด้านรายได้สูงเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ซึ่งดูได้จากดัชนีจีนิ (Gini Index) เป็นเครื่องมือวัดความเหลื่อมล้ำที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ทั้งนี้ ธนาคารโลก (World Bank) ระบุว่า ประเทศไทยมีค่าดัชนีจีนิอยู่ในระดับสูงที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง-แปซิฟิก (วาราดา ทองจำนงค์, 2566) ยิ่งไปกว่านั้น นักศึกษาที่มาจากครอบครัวที่เศรษฐฐานะต่ำมักจะต้องกู้ยืมเงินมาใช้จ่ายกับค่าธรรมเนียมการศึกษา ค่าอุปกรณ์การเรียน และค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้ปัญหาค่าใช้จ่ายไม่เพียงพอสำหรับนักศึกษาก่อให้เกิดความเครียดในนักศึกษาโดยมีการศึกษาที่ใกล้เคียงกันในประเทศสหรัฐอเมริกาที่พบว่า นักศึกษาที่ผู้ปกครองมีรายได้ต่ำ ประมาณครึ่งหนึ่งของนักศึกษาเหล่านี้ต้องกู้ยืมเงินเพื่อชำระค่าธรรมเนียมการศึกษา ทำให้มีนักศึกษาหลายคนมีภาระหนี้จำนวนมากก่อนที่จะสำเร็จการศึกษา โดยนักศึกษาที่มีรายได้ต่ำและนักศึกษาผิวสี มักกู้ยืมเงินกู้ยืมในปริมาณมากและบ่อยกว่า แม้ว่าพวกเขาจะเข้าเรียนในสถาบันที่มีค่าธรรมเนียมการศึกษาที่ไม่สูงนัก นอกจากนี้ นักศึกษาที่มีหนี้สินหลายๆ อาจพบปัญหาในการชำระหนี้กู้ยืม หรือเป็นภาระในการศึกษาต่อในอนาคตอีกด้วย (Baker, A. R., Benjamin D. A., and Anne M., 2017) สำหรับความเครียดที่เกิดขึ้นจากความคับข้องใจ เป็นสภาวะทางจิตที่เกิดขึ้นเมื่อมีความขัดแย้งระหว่างความต้องการหรือความคาดหวังที่ไม่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น 1) ความกดดันจากการเรียน คือ การต้องเผชิญกับปริญญา นิพนธ์ การสอบ หรืองานที่ต้องทำส่งนั้นอาจทำให้นักศึกษารู้สึกไม่มั่นใจหรือกังวล 2) ปัญหาส่วนตัว คือ ปัญหาที่เกี่ยวกับครอบครัว ความรัก หรือเพื่อนในมหาวิทยาลัยก็สามารถทำให้เกิดความเครียดจากความคับข้องใจได้ นอกจากนี้ นักศึกษายังมีโอกาสประสบความเครียดจาก 3) การจัดการเวลา เนื่องจากการจัดการเวลา และสมดุลในชีวิตที่มหาวิทยาลัยอาจทำให้นักศึกษารู้สึกไม่มีเวลาพักผ่อน รวมถึงความคับข้องใจจาก 4) การปรับตัวกับสภาพแวดล้อมใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนการสอนที่มีระบบแตกต่างจากเดิม การทำงานกับกลุ่มเพื่อนใหม่ ตลอดจนการเคลื่อนย้ายที่อยู่อาศัย ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเครียดได้ (Ramón-Arbués E, Gea-Caballero V, Granada-López JM, Juárez-Vela R, Pellicer-García B, Antón-Solanas I., 2020) ทั้งนี้ ยังพบอีกว่า นักศึกษาผู้ตอบแบบ สอบถามส่วนใหญ่ สูงถึงร้อยละ 43.92 มีความเครียดในระดับสูง กล่าวคือ นักศึกษารู้สึกว่าได้รับความเดือดร้อนจากสิ่งต่าง ๆ หรือ เหตุการณ์รอบตัว ทำให้วิตกกังวล กลัว รู้สึกขัดแย้ง หรือ

อยู่ในสถานการณ์ที่แก้ไขจัดการปัญหานั้นไม่ได้ ปรับความรู้สึกด้วยความลำบากซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน สิ่งนี้สอดคล้องกับทิศทางการวิจัยจำนวนมาก (Bovornpot Choompunuch, Wanich Suksatan, Jiraporn Sonsroem, Siripong Kutawan, and Atittiya In-udom, 2021; วัชรินทร์ จงกลสถิต, 2558; ชวิศา แก้วอนันต์, วนิศรา มาชนะนา, ศิรินันท์ ปุยะโท, 2562) ที่พบว่า นักศึกษาระดับปริญญาตรีในประเทศไทยจำนวนมากกำลังเผชิญความเครียดในระดับสูง อย่างไรก็ตาม ความเครียดเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอกเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่ขึ้นอยู่กับการตีความหรือการประเมินสถานการณ์ของบุคคล โดยกระบวนการประเมินสถานการณ์นี้ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การประเมินเบื้องต้น (Primary Appraisal) เป็นการประเมินเหตุการณ์เบื้องต้นว่า สถานการณ์ที่เผชิญอยู่นี้ เป็นสถานการณ์ธรรมดา ทำหาย หรือคุกคาม กับตัวของบุคคล และการประเมินขั้นที่สอง (Secondary Appraisal) จะเป็นการประเมินทรัพยากรเฉพาะตัวบุคคลในการรับมือกับสถานการณ์ที่บุคคลกำลังเผชิญว่าบุคคลสามารถจัดการกับสถานการณ์นั้นได้ดีหรือไม่ โดยเหตุการณ์ที่บุคคลมองว่าเป็นภัยคุกคาม มักจะก่อให้เกิดความเครียดได้มากกว่าเหตุการณ์ที่บุคคลมองว่าเป็นความท้าทาย ดังนั้น จึงควรส่งเสริมให้นักศึกษาทักษะการมองโลกในแง่ดี มีทัศนคติในเชิงบวกต่อสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัวและควรหาโอกาสสนับสนุนให้นักศึกษามีแหล่งข้อมูลในการแสวงหาความช่วยเหลือเมื่อนักศึกษาเกิดความเครียดในระดับสูงหรือในระดับรุนแรง

ข้อเสนอแนะการนำไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษานี้ พบว่า นักศึกษาจำนวนมากในมหาวิทยาลัยกลุ่มสองมีความเครียดในระดับสูง ดังนั้น จึงควรพัฒนาแนวทางการดูแลและส่งเสริมสุขภาพจิตของนักศึกษาในสถาบันการศึกษา โดยการประเมินและคัดกรองนักศึกษาที่มีความเครียดในระดับสูง ให้ได้รับการช่วยเหลือ ประคับประคองให้นักศึกษาสามารถจัดการกับปัญหาหรือความเครียดที่เกิดขึ้น เช่น การจัดกิจกรรมกลุ่มที่ช่วยสนับสนุนการเสริมสร้างทักษะในการบริหารความเครียด นอกจากนี้ ยังควรนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้วางแผนในการพัฒนานโยบายการศึกษาที่สนับสนุนการพัฒนาทักษะของบุคลากร ไม่ว่าจะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ผู้สอนให้มีทักษะความสามารถในการให้ความช่วยเหลือกับนักศึกษาที่มีความเครียดหรือมีปัญหาทางจิตใจได้อย่างเหมาะสม

6. เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

ชวิศา แก้วอนันต์, วนิศรา มาชนะนา, ศิรินันท์ ปุยะโท. (2562). ความเครียดและการจัดการความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 13(2), 159-174.

วัชรินทร์ จงกลสถิต. (2558). ความเครียดของนักศึกษาทันตแพทย์ มหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง. วารสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 23(1), 1-10.

วาราดา ทองจำนงค์. (2566). World Bank เผยไทยเหลื่อมล้ำด้านรายได้ ‘สูงสุด’ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง-แปซิฟิก. สืบค้น 18 เมษายน 2567 จาก <https://thestandard.co/world-bank-thailand-gini-coefficient/>

- วารุณี มีมิ่งบุญ. (2562). การศึกษาความเครียดของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2561 ภาคเรียนที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี : กองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิจักขณ์ อุ่นทวีทรัพย์, ธนกฤต เตียววนากุล, วรทยา โสมภีร์, ไชยวัฒน์ เทียนเครือ. (2564). ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาแพทย์ศูนย์แพทยศาสตรศึกษาชั้นคลินิก โรงพยาบาลราชบุรี. วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย. 66(2), 159-172.
- ศิริเชษฐ์ สังขะมาน. (2565). เจาะลึกระบบสุขภาพ; เปิดข้อมูลนักศึกษาไทยเกือบ 1 ใน 3 เครียดสูง กระตุ้นไบโพลาร์-ซึมเศร้า สืบค้น 20 กันยายน 2566 จาก <https://www.hfocus.org/content/2022/11/26516>
- ศุภานัน เจนธีรวงศ์. (2566). นศ.แพทย์-ทันตะ-เภสัชฯ ชี้ 5 ปัญหาทำ "สุขภาพจิต" พัง ส่อพักการเรียน-ฆ่าตัวตาย จัด "กาวใจ" ถกทางออกขง สธ. สภาวิชาชีพ คณะ ร่วมแก้ปม. สืบค้น 20 กันยายน 2566 จาก <https://mgronline.com/qol/detail/9660000101969>
- สุวัฒน์ มหัตนรินทร์กุล, วนิดา พุ่มไพศาลชัย, พิมพมาศ ตาปัญญา. (2540). การสร้างแบบวัดความเครียดสวนปรง. วารสารสวนปรง. 13 (3), 1-20.

ภาษาอังกฤษ

- Baker, A. R., Benjamin D. A., and Anne M. (2017). The Impact of Student Loans on College Access, Completion, and Returns. *Sociology Compass*. 11(6), 1–11.
- Bovornpot Choompunuch, Wanich Suksatan,corresponding, Jiraporn Sonsroem, Siripong Kutawan, and Atittiya In-udom. (2021). Stress, adversity quotient, and health behaviors of undergraduate students in a Thai university during COVID-19 outbreak. *Belitung Nursing Journal*, 7(1), 32-40.
- Goldschmidt, A. B., Wonderlich, S. A., Crosby, R. D., Engel, S. G., Lavender, J. M., Peterson, C. B., Mitchell, J. E. (2014). Ecological momentary assessment of stressful events and negative affect in bulimia nervosa. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 82, 30 –39.
- Jainonthee, C., Wang, Y.-L., Chen, C. W. K., & Jainontee, K. (2022). Air pollution-related respiratory diseases and associated environmental factors in Chiang Mai, Thailand, in 2011–2020. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 16(10), 341.
- Lazarus, R. S. (1991). The cognitive psychology of stress. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(5), 1111-1121.
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. New York: Springer Publishing Company.
- McEwen, B. S. (2007). The physiology of stress. *Nature Medicine*., 13(8), 833-839.

Ramón-Arbués E, Gea-Caballero V, Granada-López JM, Juárez-Vela R, Pellicer-García B, Antón-Solanas I. The Prevalence of Depression, Anxiety and Stress and Their Associated Factors in College Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(19), 7001.

Rice, P. L. (1999). *Stress and Health* (2nd ed.). California: Brookes/Cole.

Selye, H. (1956). *The stress of life*. New York: McGraw-Hill.

Yamane, T. (1987). *Statistics: An Introductory Analysis*. Harper & Row.

การวิเคราะห์การบุกรุกเว็บไซต์จากข้อมูล Access Log บนพื้นฐาน OWASP Top 10 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

¹ นายประเสริฐ เทพภาพ , ² ผศ.ประเสริฐ ลือโจง , ³ ผศ.วิโรจน์ ปงลังกา
⁴ นายภาณุเดช ทิพย์อักษร

¹ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ : 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

² สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ : 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

³ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย : 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา : 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

teppap@rmutl.ac.th, 053921444 ต่อ 1612

บทคัดย่อ

เว็บไซต์คือสื่อแนะนำเสนอข้อมูลที่มีความนิยมเป็นจำนวนมาก แต่มีรายงานการบุกรุกเพื่อเปลี่ยนแปลงชุดข้อมูลเว็บไซต์เป็นจำนวนมากเช่นกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบตามเกณฑ์ของ OWASP Top 10 เพื่อระบุพฤติกรรมที่น่าสงสัยโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์ การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยใช้ภาษา Python และการสร้างรายงานทำโดยใช้ Microsoft Power BI วิธีการวิจัยประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โดยใช้ Regular Expressions (regex) เพื่อตรวจหาลักษณะการโจมตี และการสร้างรายงานใน Power BI เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล วิธีการที่พัฒนาขึ้นสามารถระบุและจำแนกประเภทการโจมตีได้อย่างชัดเจน เช่น การโจมตีแบบ Local File Inclusion (LFI), Cross-Site Scripting (XSS) และ SQL Injection (SQLi) ข้อมูลที่ตรวจพบถูกบันทึกลงในไฟล์ CSV และแสดงผลโดยใช้ Power BI เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถติดตามและป้องกันการโจมตีได้อย่างรวดเร็ว การศึกษานี้เน้นถึงความแม่นยำและประสิทธิภาพของระบบในการตรวจจับภัยคุกคามต่างๆ ได้ในระยะเวลาอันสั้น

คำสำคัญ การบุกรุกเว็บไซต์, การวิเคราะห์ล็อกไฟล์, OWASP Top 10, ความปลอดภัยเว็บไซต์, การตรวจจับภัยคุกคามไซเบอร์

Website Intrusion Analysis from Access Log Data Based on OWASP Top 10 of Rajamangala University of Technology Lanna

^{1*} Mr. Prasert Teppap , ² Asst. Prof. Prasert Luekhong , ³ Asst. Prof. Wirot Ponglangka
⁴ Mr. Panudech Tipaksorn

¹ Office of Academic Resources and Information Technology: 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang District,
Chiang Mai Province 50300

² Office of Academic Resources and Information Technology: 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang District,
Chiang Mai Province 50300

³ Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai : 99 Moo 10, Sai Khao Subdistrict, Phan District, Chiang Rai Province
57120

⁴ Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna : 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang
District, Chiang Mai Province 50300

teppap@rmutl.ac.th, 053921444 ext. 1612

Abstract

Websites are a widely popular medium for presenting information, yet there have been numerous reports of intrusions aimed at altering website data. This research aims to develop a monitoring system based on the OWASP Top 10 criteria to identify suspicious behaviors by analyzing data from website access logs. The data analysis is conducted using Python, and the report generation is carried out using Microsoft Power BI. The research methodology includes collecting data from the web servers of Rajamangala University of Technology Lanna, employing Regular Expressions (regex) to detect attack patterns, and generating reports in Power BI to illustrate data relationships. The developed method can clearly identify and classify attack types such as Local File Inclusion (LFI), Cross-Site Scripting (XSS), and SQL Injection (SQLi). Detected data is recorded in CSV files and visualized using Power BI, enabling administrators to promptly monitor and prevent attacks. This study highlights the accuracy and efficiency of the system in detecting various threats in a short timeframe.

Keywords: website intrusion, log file analysis, OWASP Top 10, website security, cyber threat detection

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การบุกรุกเว็บไซต์และระบบสารสนเทศเป็นภัยคุกคามที่ร้ายแรงและเพิ่มมากขึ้นต่อองค์กรทั่วโลก รวมถึงสถาบันการศึกษาเช่นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ผู้ไม่ประสงค์ดีพยายามเจาะระบบเพื่อขโมย ทำลาย หรือดักจับข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเสียหายทั้งด้านการเงิน ชื่อเสียง และความน่าเชื่อถือของสถาบัน การรักษาความปลอดภัยของระบบสารสนเทศจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรักษาหลักการสำคัญตามมาตรฐาน ISO 27001 (Evang, ม.ป.ป., 2022; Singh และคณะ, ม.ป.ป.) ได้แก่ ความลับ (Confidentiality), ความถูกต้อง (Integrity), และความพร้อมใช้งาน (Availability) การตรวจจับและป้องกันการโจมตีเป็นส่วนหนึ่งของการรักษาหลักการเหล่านี้ การดำเนินการนี้ต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์เพื่อระบุพฤติกรรมที่น่าสงสัย ซึ่งช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตอบสนองต่อภัยคุกคามได้ทันเวลาที่

Open Web Application Security Project (OWASP) (Mahesh และคณะ, 2023) ได้จัดทำรายการ "OWASP Top 10" ซึ่งเป็นประเภทภัยคุกคามด้านความปลอดภัยเว็บไซต์ที่พบบ่อยที่สุด รายการนี้ครอบคลุมภัยคุกคามต่างๆ เช่น Broken Access Control, Cryptographic Failures, Injection และอื่นๆ การตรวจสอบและป้องกันภัยคุกคามเหล่านี้เป็นวิธีการสำคัญในการเพิ่มความปลอดภัยให้กับระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัย ในการดำเนินงานที่ผ่านมาการวิเคราะห์และตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัยจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์เป็นไปด้วยความล่าช้าเนื่องจากต้องดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลหลากหลายชุด แต่ละชุดมีข้อมูลหลายล้านบรรทัดต่อวัน ทำให้การตรวจสอบด้วยมนุษย์มีความผิดพลาดสูง จึงไม่สามารถป้องกันการโจมตีได้อย่างทันเวลาที่ นอกจากนี้ข้อมูลที่มีเป็นลักษณะของข้อความ ทำให้ไม่เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลแต่ละบรรทัด

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์ (Access Log) (Muse และคณะ, 2023) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โดยใช้ภาษา Python เพื่อการตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัยและสอดคล้องกับ OWASP Top 10 จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาสร้างรายงานด้วยเครื่องมือ Microsoft Power BI ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใจและติดตามสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้จะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการระบุและตอบสนองต่อภัยคุกคามด้านความปลอดภัยที่อาจเกิดขึ้นกับเว็บไซต์และระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. กรอบแนวคิดของงานวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์ (Access Log) โดยใช้หลักการจาก Open Web Application Security Project (OWASP) Top 10 เพื่อสร้างเครื่องมือที่สามารถตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัยตามมาตรฐานความปลอดภัยไซเบอร์ระดับสากล โดยกรอบแนวคิดของงานวิจัยประกอบด้วยการใช้ ISO 27001 ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลด้านการจัดการความปลอดภัยของข้อมูล โดยมีหลักการสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ ความลับ (Confidentiality), ความถูกต้อง (Integrity), และความพร้อมใช้งาน (Availability) (CIA Triad) ที่เป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบเพื่อเสริมสร้างการป้องกันภัยคุกคามจากการโจมตีเว็บไซต์

แนวคิดหลักในการพัฒนาระบบวิเคราะห์การโจมตี คือการนำข้อมูลจาก Access Log มาวิเคราะห์เพื่อตรวจจับภัยคุกคามที่อาจเกิดขึ้น โดยการใช้ Regular Expressions (Regex) เพื่อระบุรูปแบบการโจมตี และการใช้ Microsoft Power BI (Jaipurkar และคณะ, 2023) เพื่อสร้างรายงานที่แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟและแผนภูมิ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลและตอบสนองต่อภัยคุกคามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2. ความปลอดภัยของข้อมูล (Information Security)

ความปลอดภัยของข้อมูลเป็นสาขาหนึ่งในวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่มุ่งเน้นการปกป้องข้อมูลจากภัยคุกคามต่างๆ เช่น การบุกรุก การโจรกรรมข้อมูล และการทำลายข้อมูล แนวคิดหลักของความปลอดภัยของข้อมูลประกอบด้วยการรักษาความลับ (Confidentiality) ความสมบูรณ์ (Integrity) และความพร้อมใช้งาน (Availability) หรือที่รู้จักกันในชื่อ CIA Triad (Alshathri และคณะ, 2022)

- 2.2.1. การรักษาความลับ (Confidentiality): หมายถึงการป้องกันไม่ให้ข้อมูลถูกเข้าถึงโดยผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาต ข้อมูลควรจะถูกเข้ารหัสและมีมาตรการการเข้าถึงที่เข้มงวด
- 2.2.2. ความสมบูรณ์ (Integrity): หมายถึงการปกป้องข้อมูลจากการถูกเปลี่ยนแปลงหรือถูกแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งรวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการใช้งานการตรวจจับการเปลี่ยนแปลง
- 2.2.3. ความพร้อมใช้งาน (Availability): หมายถึงการทำให้ข้อมูลและระบบสามารถเข้าถึงและใช้งานได้ตลอดเวลา ซึ่งรวมถึงการป้องกันการโจมตีประเภท DoS (Denial of Service) (Gera และคณะ, 2021) และการบำรุงรักษา ระบบให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

2.3. การวิเคราะห์ไฟล์ล็อก (Log File Analysis)

การวิเคราะห์ไฟล์ล็อกเป็นกระบวนการที่สำคัญในการรักษาความปลอดภัยของระบบสารสนเทศ โดยข้อมูลที่บันทึกในไฟล์ล็อกสามารถใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์เหตุการณ์ที่ไม่ปกติหรือผิดปกติได้ (Wang, 2023) ขั้นตอนหลักในการวิเคราะห์ไฟล์ล็อกประกอบด้วย

- 2.3.1. การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) การรวบรวมข้อมูลจากไฟล์ล็อกของระบบต่างๆ เช่น เว็บเซิร์ฟเวอร์ ฐานข้อมูล และแอปพลิเคชัน
- 2.3.2. การประมวลผลข้อมูล (Data Processing) การแยกแยะและจัดกลุ่มข้อมูลที่ได้มาเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์
- 2.3.3. การวิเคราะห์ (Analysis) การใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ เช่น การวิเคราะห์สถิติ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการจับคู่รูปแบบ (Pattern Matching) เพื่อระบุเหตุการณ์ที่น่าสงสัยหรือผิดปกติ (Kini และคณะ, 2022)
- 2.3.4. การรายงาน (Reporting) การสร้างรายงานและแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใจและติดตามสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4. ไฟล์บันทึกการเข้าถึง (Access Log)

ไฟล์บันทึกการเข้าถึง (Access Log) เป็นบันทึกที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเข้าถึงระบบหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น เว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน โดยไฟล์นี้สามารถให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับกิจกรรมของผู้ใช้และรูปแบบการเข้าถึง โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ไฟล์บันทึกการเข้าถึง จำนวน 1 ล้านแถว ซึ่งสามารถใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์เหตุการณ์ที่ไม่ปกติได้ ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นถึงการเข้าถึงทรัพยากรต่างๆ บนเว็บไซต์ เช่น หน้าเว็บ (/index.html, /about.html), ไฟล์ภาพ(/images/logo.png), และไฟล์อื่นๆ (/robots.txt)

```
127.0.0.1 - - [10/Jun/2024:13:55:36 +0000] "GET /index.html HTTP/1.1" 200 1024
192.168.1.1 - - [10/Jun/2024:13:56:45 +0000] "POST /login.php HTTP/1.1" 302 512
20.0.18.5 - - [10/Jun/2024:13:57:21 +0000] "GET /images/logo.png HTTP/1.1" 200 2048
203.0.113.5 - - [10/Jun/2024:13:58:02 +0000] "GET /about.html HTTP/1.1" 200 1536
198.51.100.2 - - [10/Jun/2024:13:58:45 +0000] "GET /contact.html HTTP/1.1" 404 512
198.51.100.2 - - [10/Jun/2024:13:59:12 +0000] "GET /robots.txt HTTP/1.1" 200 64
```

จากตัวอย่างไฟล์ Access.log ดังข้างบน ประกอบด้วยข้อมูลหลายประเภท เช่น

- 2.4.1. ที่อยู่ IP (IP Address): ที่อยู่ IP ของผู้ใช้ที่เข้าถึงเว็บไซต์ เช่น 127.0.0.1, 192.168.1.1
- 2.4.2. ตัวระบุผู้ใช้ (User Identifier): โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องหมายขีด - หากไม่มีการระบุข้อมูลนี้
- 2.4.3. ตัวระบุผู้ใช้ที่ถูกรับรอง (User Authentication): โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องหมายขีด - หากไม่มีการระบุข้อมูลนี้
- 2.4.4. เวลาและวันที่ (Timestamp): วันที่และเวลาที่มีการเข้าถึง เช่น [10/Jun/2024:13:55:36 +0000]
- 2.4.5. คำขอ (Request): วิธีการที่ใช้ในการเข้าถึง เช่น GET หรือ POST, ทรัพยากรที่ถูกขอ เช่น /index.html, และเวอร์ชันของ HTTP ที่ใช้ เช่น HTTP/1.1

2.4.6. สถานะการตอบสนอง (Response Status): รหัสสถานะการตอบสนองของเซิร์ฟเวอร์ เช่น 200 สำหรับการตอบสนองที่สำเร็จ, 302 สำหรับการเปลี่ยนทาง, และ 404 สำหรับการไม่พบทรัพยากร (*HTTP Messages*, ม.ป.ป.)

2.4.7. ขนาดของข้อมูลที่ส่งกลับ (Response Size): ขนาดของข้อมูลที่ส่งกลับในไบต์ เช่น 1024, 512
ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นถึงการเข้าถึงทรัพยากรต่างๆ บนเว็บไซต์ เช่น หน้าเว็บ (/index.html, /about.html), ไฟล์ภาพ (/images/logo.png), และไฟล์อื่นๆ (/robots.txt)

2.5. OWASP Top 10

OWASP Top 10 คือรายงานที่จัดทำขึ้นโดย Open Web Application Security Project (OWASP) เพื่อระบุและจัดอันดับช่องโหว่ที่พบได้บ่อยและมีความรุนแรงสูงสุดในเว็บแอปพลิเคชัน รายงานนี้ช่วยให้ผู้พัฒนาและผู้ดูแลระบบสามารถระบุและจัดการกับช่องโหว่เหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รายงาน OWASP Top 10 ล่าสุดในปี 2021 (Choiriyah & Qomariasih, 2023) มีการปรับปรุงจากเวอร์ชันก่อนหน้า โดยระบุช่องโหว่ดังนี้

2.5.1. Broken Access Control (ควบคุมการเข้าถึงที่บกพร่อง)

ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงฟังก์ชันหรือข้อมูลที่เขาไม่ควรเข้าถึงได้ เช่น ผู้ใช้ทั่วไปเข้าถึงหน้าผู้ดูแลระบบโดยไม่ต้องยืนยันตัวตน

2.5.2. Cryptographic Failures (ความล้มเหลวในการเข้ารหัส)

การส่งข้อมูลสำคัญ เช่น รหัสผ่านหรือข้อมูลบัตรเครดิต โดยไม่ใช้การเข้ารหัสหรือใช้การเข้ารหัสที่ไม่ปลอดภัย เช่น SSL/TLS เวอร์ชันเก่า

2.5.3. Injection (การแทรกโค้ดอันตราย)

การแทรกโค้ด SQL ผ่านทางช่องกรอกข้อมูลของเว็บ (SQL Injection) (Qbea'h และคณะ, 2022) ทำให้ผู้โจมตีสามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลได้

2.5.4. Insecure Design (การออกแบบที่ไม่ปลอดภัย)

การออกแบบแอปพลิเคชันที่ไม่มีการพิจารณาถึงความปลอดภัย เช่น ไม่มีระบบตรวจสอบสิทธิ์และการเข้าถึงข้อมูล

2.5.5. Security Misconfiguration (การตั้งค่าความปลอดภัยที่ไม่ถูกต้อง)

การตั้งค่าเซิร์ฟเวอร์หรือแอปพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้โจมตีเข้าถึงข้อมูลสำคัญ เช่น เปิดใช้งานฟังก์ชัน debug ในแอปพลิเคชัน production

2.5.6. Vulnerable and Outdated Components (ส่วนประกอบที่มีช่องโหว่และล้าสมัย)

การใช้ไลบรารีหรือเฟรมเวิร์กที่มีช่องโหว่ที่รู้จักและยังไม่ได้รับการอัปเดต

2.5.7. Identification and Authentication Failures (การยืนยันตัวตนที่ล้มเหลว)

การใช้รหัสผ่านที่อ่อนแอหรือไม่มีการยืนยันตัวตนแบบสองขั้นตอน (Two-Factor Authentication)

2.5.8. Software and Data Integrity Failures (ความล้มเหลวในการรักษาความสมบูรณ์ของซอฟต์แวร์และข้อมูล)

การดาวน์โหลดซอฟต์แวร์หรืออัปเดตจากแหล่งที่ไม่ปลอดภัย ทำให้ผู้โจมตีแทรกโค้ดอันตรายได้

2.5.9. Security Logging and Monitoring Failures (ความล้มเหลวในการบันทึกและติดตามความปลอดภัย)

ไม่มีการบันทึกหรือติดตามกิจกรรมที่น่าสงสัยในระบบ ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบและตอบสนองต่อเหตุการณ์ความปลอดภัยได้ทันที

2.5.10. Server-Side Request Forgery (SSRF) (การปลอมแปลงคำขอฝั่งเซิร์ฟเวอร์)

ผู้โจมตีส่งคำขอไปยังเซิร์ฟเวอร์เป้าหมายผ่านแอปพลิเคชันที่มีช่องโหว่ ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลภายในระบบได้

2.6. การใช้ภาษา Python ในการวิเคราะห์ข้อมูล (Python for Data Analysis)

Python เป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นและเป็นที่ยอมรับในการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากมีไลบรารีและเครื่องมือที่หลากหลายสำหรับการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล (Bhardwaj และคณะ, 2023) เช่น

- 2.6.1. pandas: ไลบรารีสำหรับการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตาราง
- 2.6.2. NumPy: ไลบรารีสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และการจัดการข้อมูลในรูปแบบ array
- 2.6.3. Scikit-learn: ไลบรารีสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่รวมเอาอัลกอริธึมต่างๆ ไว้มากมาย
- 2.6.4. matplotlib และ seaborn: ไลบรารีสำหรับการสร้างกราฟและการแสดงผลข้อมูล
- 2.7. การสร้างรายงานด้วย Microsoft Power BI (Reporting with Microsoft Power BI)
Microsoft Power BI เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างรายงานและการแสดงผลข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสืบค้นและแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้
 - 2.7.1. การเชื่อมต่อกับแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย: Power BI สามารถเชื่อมต่อกับแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ฐานข้อมูล SQL, Excel, และบริการคลาวด์ต่าง ๆ
 - 2.7.2. การสร้างแดชบอร์ดและรายงานแบบ Interactive: ผู้ใช้สามารถสร้างแดชบอร์ดและรายงานที่สามารถโต้ตอบได้ ทำให้สามารถสืบค้นข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบที่ต้องการได้
 - 2.7.3. การแชร์และเผยแพร่รายงาน: Power BI มีฟังก์ชันสำหรับการแชร์และเผยแพร่รายงานให้กับผู้ใช้คนอื่นๆ ในองค์กร

การนำแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมารวมกันในงานวิจัยนี้ จะช่วยให้การพัฒนาระบบสามารถบรรลุเป้าหมายในการตรวจจับและป้องกันภัยคุกคามความปลอดภัยของเว็บไซต์และระบบสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์ (access.log) โดยใช้ภาษา Python เพื่อการตรวจจับเหตุการณ์ที่น่าสงสัยและสอดคล้องกับ OWASP Top 10 จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาสร้างรายงานด้วยเครื่องมือ Microsoft Power BI เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใจและติดตามสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การดำเนินการวิจัยนี้แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

```
import pandas as pd
from datetime import datetime

def parse_log_entry(entry, domain):
    try:
        parts = entry.split(' ')
        if len(parts) < 10:
            raise ValueError("Entry does not have enough parts")
        ip = parts[0]
        timestamp = datetime.strptime(parts[3][1:], '%d/%b/%Y:%H:%M:%S')
        method = parts[5][1:]
        url = parts[6]
        status = parts[8]
        response_size = parts[9]
        user_agent = ' '.join(parts[11:])
        return {
            'IP': ip,
            'Timestamp': timestamp,
            'Domain': domain,
            'Method': method,
            'URL': url,
            'Status': status,
            'ResponseSize': response_size,
            'UserAgent': user_agent,
            'AttackType': None
        }
    except (IndexError, ValueError) as e:
        print(f"Skipping malformed log entry: {entry.strip()} - Error: {e}")
        return None
```

3.1. การเก็บ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้มาจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์ (access.log) จำนวน 1 ล้านแถว ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการเข้าถึงต่างๆ เช่น ที่อยู่ IP, เวลาและวันที่, วิธีการเข้าถึง, ทรพียากรที่เข้าถึง, สถานะการตอบสนอง, และขนาดของ

ข้อมูลที่ส่งกลับ การเก็บรวบรวมข้อมูลนี้จะทำให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ โดยการอ่านไฟล์บันทึกการเข้าถึงจากโพลเดอร์ที่กำหนดและแปลงข้อมูลเป็นรายการบันทึก (log entries)

3.2. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ข้อมูลจะถูกเตรียมและแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ ซึ่งรวมถึงการจัดการข้อมูลที่ขาดหายไป การกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็น และการจัดรูปแบบข้อมูลให้เป็นมาตรฐาน การแปลงนี้ใช้ภาษา Python และไลบรารี pandas

3.3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ขั้นตอนนี้จะใช้ภาษา Python และไลบรารีที่เกี่ยวข้อง เช่น pandas, NumPy, และ Scikit-learn ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากไฟล์บันทึกการเข้าถึง กระบวนการวิเคราะห์ประกอบด้วย

```
import re

sql_injection_pattern = re.compile(r"(\bselect\b|\binsert\b|\bupdate\b|\bdelete\b|\bdrop\b|\bunion\b|\bexec\b|\bexecute\b|--|/|*|*/|xp_cmdshell|sp_|0x[a-f0-9]{2,})", re.IGNORECASE)
xss_pattern = re.compile(r"<script.*?>.*?</script>|<img.*?>|<iframe.*?>|<div.*?>|onerror=.*?|onclick=.*?|onload=.*?|alert\(.*?\)|document\.cookie'", re.IGNORECASE)

def identify_attack_type(entry):
    if sql_injection_pattern.search(entry['URL']) and not re.search(r'\.(png|jpg|jpeg|gif|css|js|svg|ico|bmp|tiff)$', entry['URL'], re.IGNORECASE):
        return 'SQLi'
    if xss_pattern.search(entry['URL']):
        return 'XSS'
    return None
```

รูปที่ 2

แสดงโค้ดของ Python ในการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Access.log

การตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัย: ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุพฤติกรรมที่ไม่ปกติหรือตรงกับลักษณะการโจมตีใน OWASP Top 10 โดยใช้ regular expressions (regex) เพื่อตรวจจับลักษณะของการโจมตี เช่น SQL Injection, XSS, LFI เป็นต้น

3.4. การสร้างรายงาน (Reporting)

ผลการวิเคราะห์จะถูกนำมาสร้างรายงานด้วยเครื่องมือ Microsoft Power BI ซึ่งจะช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใจและติดตามสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รายงานนี้จะประกอบด้วยข้อมูลเชิงสถิติ กราฟ และแผนภูมิต่างๆ ที่แสดงถึงพฤติกรรมการเข้าถึงและการโจมตีที่ตรวจพบ

```
suspicious_entries.to_csv(output_file, index=False,
columns=['Timestamp', 'AttackType', 'URL', 'IP', 'Domain', 'Method',
'Status', 'ResponseSize', 'UserAgent'])
print(suspicious_entries[['Timestamp', 'AttackType', 'TruncatedURL',
'IP', 'Domain', 'Method']])
```

รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการบันทึกข้อมูลลง CSV

ผลการตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัยถูกนำมาสร้างรายงานในรูปแบบ CSV รายงานนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใจและติดตามพฤติกรรม การเข้าถึง และการโจมตีที่ตรวจพบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการสร้างรายงานนี้เราใช้เครื่องมือ Microsoft Power BI ในการสร้างกราฟและแผนภูมิต่างๆ โดยรายงานนี้ประกอบด้วยข้อมูลเชิงสถิติและกราฟที่แสดงถึงจำนวนและประเภทของการโจมตีที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด

3.5. การทดสอบและปรับปรุงระบบ (Testing and Improvement)

ระบบที่พัฒนาขึ้นจะถูกทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความถูกต้องของการตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัย การทดสอบนี้จะใช้ข้อมูลจริงจากไฟล์บันทึกการเข้าถึง ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- 3.5.1. การเตรียมข้อมูลทดสอบ ข้อมูลทดสอบจะถูกเลือกมาจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงที่ยังไม่ได้ใช้ในการพัฒนาระบบ ข้อมูลนี้จะถูกตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่ามีความหลากหลายของพฤติกรรมกรการเข้าถึง
- 3.5.2. การประเมินผลการตรวจจับ ผลการตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัยจะถูกเปรียบเทียบกับ การตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความถูกต้องของระบบ ซึ่งจะใช้วิธีการวัดประสิทธิภาพต่างๆ เช่น ความแม่นยำ (Accuracy), ความสามารถในการตรวจจับ (Detection Rate), และอัตราการแจ้งเตือนเท็จ (False Positive Rate)

การทดสอบนี้จะใช้ฟังก์ชัน identify_attack_type ที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัยในข้อมูลบันทึก โดยยึดตามข้อมูลของ OWASP TOP10 และจะเปรียบเทียบกับผลลัพธ์กับการตรวจสอบด้วยตนเองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ

```
# ฟังก์ชันที่ใช้ตรวจจับประเภทการโจมตี
log_df['AttackType'] = log_df.apply(lambda entry:
identify_attack_type(entry), axis=1)
```

รูปที่ 4 แสดงฟังก์ชันที่ใช้ในการตรวจจับประเภทการโจมตี

- 3.5.3. การปรับปรุงระบบ จากผลการทดสอบ ระบบจะถูกปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความผิดพลาด ซึ่งอาจรวมถึงการปรับปรุงกฎการตรวจจับหรือการเพิ่มเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ๆ การปรับปรุงนี้จะใช้ข้อมูลผลลัพธ์จากการทดสอบเพื่อตรวจหาจุดที่ยังมีข้อบกพร่องและแก้ไขให้ดีขึ้น
- 3.6. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล
 - คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลในครั้งนี้เป็นคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook Computer) โดยมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้
 - 3.6.1. หน่วยประมวลผลกลาง AMD Ryzen 5 รุ่น 5600H with Readon Graphics ความเร็วของสัญญาณนาฬิกา 3.30 GHz จำนวน 6 แกน 12 เธรด
 - 3.6.2. หน่วยความจำหลัก (RAM) 16 GB
 - 3.6.3. หน่วยความจำรอง NVMe SSD 512GB

4. ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบนี้ได้สร้างเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมกรการเข้าถึงเว็บไซต์และการตรวจจับภัยคุกคามด้านความปลอดภัยจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงทั้งหมด 1 ล้านแถว โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนามีดังนี้

- 4.1. การจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่บันทึกในไฟล์ CSV ประกอบด้วยฟิลด์ที่สำคัญหลายฟิลด์ ได้แก่ Timestamp, IP Address, Domain, Method, URL, Status, Response Size, User Agent, และ Attack Type ซึ่งฟิลด์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์และติดตามพฤติกรรมกรการเข้าถึงเว็บไซต์และการโจมตี โดยใช้เวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล 72.31 วินาที และสามารถแจกแจงรูปแบบการโจมตีได้เช่น ตัวอย่างเช่น

 - Timestamp: ใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มและช่วงเวลาที่เกิดการโจมตี เช่น การตรวจสอบช่วงเวลาที่มีการโจมตีมีความถี่สูง
 - Attack Type: ระบุประเภทของการโจมตี เช่น SQL Injection, XSS, และ LFI ซึ่งช่วยในการจำแนกประเภทของการโจมตีและวางมาตรการป้องกันที่เหมาะสม
 - URL: เป็นการระบุคำสั่งหรือพารามิเตอร์ที่ใช้ในการโจมตี
 - IP Address: ช่วยในการระบุแหล่งที่มาของการโจมตี เช่น การตรวจสอบแหล่งที่มาของการโจมตีที่เป็นภัย
 - Method: ระบุประเภทของการโอนย้ายข้อมูลเช่น GET และ POST

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลจากไฟล์บันทึกการเข้าถึงเว็บไซต์ (access.log) จำนวน 1 ล้านแถว โดยใช้ภาษา Python เวอร์ชัน 3.12.4 บนระบบปฏิบัติการ Microsoft windows 11 แบบ 64 บิต สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและ Microsoft Power BI desktop เวอร์ชัน 2.130.930.0 64-bit (June 2024) สำหรับการสร้างรายงาน ผลลัพธ์จากการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1. การพัฒนาระบบและการตรวจจัดการโจมตี

ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการตรวจจับและวิเคราะห์พฤติกรรมที่น่าสงสัยตามหลักการของ OWASP Top 10 เช่น SQL Injection (SQLi), Cross-Site Scripting (XSS), และ Local File Inclusion (LFI) โดยใช้ Regular Expressions (regex) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการโจมตีที่ซับซ้อน ข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมและวิเคราะห์จะถูกนำมาใช้ในการสร้างรายงานใน Power BI ซึ่งช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถมองเห็นภาพรวมของการโจมตีและพฤติกรรมการเข้าถึงเว็บไซต์ได้อย่างชัดเจน

5.2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล

เมื่อนำระบบที่พัฒนามาทดสอบและเปรียบเทียบกับวิธีการตรวจจัดการโจมตีแบบดั้งเดิม พบว่า ระบบที่พัฒนา มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เครื่องมือหรือวิธีการตรวจจับภัยคุกคามอื่นๆ ตัวอย่างเช่น การใช้ Regular Expressions ในการตรวจจัดการโจมตีซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็วกว่าวิธีการแบบ Manual และมีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลจำนวนมากได้ดีขึ้น Power BI ช่วยในการนำเสนอข้อมูลเชิงสถิติและกราฟที่เข้าใจง่าย ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถตัดสินใจและดำเนินการป้องกันการโจมตีได้อย่างทันท่วงที

5.3. การอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ ISO 27001:2022 โดยเฉพาะในหลักการของ CIA Triad (Confidentiality, Integrity, Availability) ซึ่งเป็นหลักการสำคัญในการรักษาความปลอดภัยของระบบสารสนเทศ

- Confidentiality (ความลับ): การตรวจจับและวิเคราะห์พฤติกรรมที่น่าสงสัยช่วยรักษาความลับของข้อมูลโดยการป้องกันการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาต
- Integrity (ความถูกต้อง): การตรวจจัดการโจมตีช่วยปกป้องข้อมูลจากการเปลี่ยนแปลงหรือการทำลายที่ไม่พึงประสงค์
- Availability (ความพร้อมใช้งาน): การสร้างรายงานที่ชัดเจนและสามารถเข้าถึงได้ช่วยให้ระบบมีความพร้อมในการใช้งานและสามารถตอบสนองต่อภัยคุกคามได้อย่างรวดเร็ว

5.4. ข้อเสนอแนะและการพัฒนาในอนาคต

การวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการตรวจจับและป้องกันภัยคุกคามในระบบเว็บไซต์ โดยระบบที่พัฒนาสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวังและป้องกันการโจมตีที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในองค์กรที่มีการเข้าถึงเว็บไซต์จากภายนอกมาก อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การพึ่งพา Regular Expressions ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมทุกลักษณะการโจมตี และการทดสอบระบบที่ยังจำกัดเฉพาะข้อมูลที่รวบรวมมา

ในอนาคต การพัฒนาต่อไปควรเน้นที่การเพิ่มความหลากหลายของข้อมูลในการทดสอบ รวมถึงการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) (Hashim และคณะ, 2021) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความสามารถในการตรวจจับพฤติกรรมที่น่าสงสัย นอกจากนี้ การฝึกอบรมและการให้ความรู้แก่ผู้ดูแลระบบเกี่ยวกับวิธีการใช้และปรับปรุงระบบนี้จะเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในการป้องกันภัยคุกคามในโลกไซเบอร์

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่ได้มอบเงินอุดหนุนสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งทุนการศึกษานี้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Alshathri, S., Alrashidi, E., Albawardi, N., Almojel, H., & Jamail, N. S. M. (2022). Improvement Of The CIA Triad For Al-Rajhi Online Banking System. *Proceedings - 2022 5th International Conference of Women in Data Science at Prince Sultan University, WiDS- PSU 2022*, 67– 69. <https://doi.org/10.1109/WiDS-PSU54548.2022.00025>
- Bhardwaj, P., Choudhury, C., & Batra, P. (2023). Automating Data Analysis with Python: A Comparative Study of Popular Libraries and their Application. *Proceedings - International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences, ICTACS 2023*, 1243– 1248. <https://doi.org/10.1109/ICTACS59847.2023.10390032>
- Choiriyah, A., & Qomariasih, N. (2023). Security Analysis on Websites Belonging to the Health Service Districts in Indonesia Based on the Open Web Application Security Project (OWASP) Top 10 2021. *Proceeding - International Conference on Information Technology and Computing 2023, ICITCOM 2023*, 267– 272. <https://doi.org/10.1109/ICITCOM60176.2023.10442816>
- Evang, J. M. (ม.ป.ป.). *How Large Is the Gap? Exploring MANRS and ISO27001 Security Management 1 st.*
- Evang, J. M. (2022). ISO27001 as a Tool for Availability Management. *Proceedings - 2022 2nd International Conference on Advanced Enterprise Information System, AEIS 2022*, 82– 85. <https://doi.org/10.1109/AEIS59450.2022.00018>
- Gera, J., Rejeti, V. K. K., Sekhar, J. N. C., & Shankar, A. S. (2021). Distributed Denial of Service Attack Prevention from Traffic Flow for Network Performance Enhancement. *Proceedings - 2nd International Conference on Smart Electronics and Communication, ICOSEC 2021*, 406– 413. <https://doi.org/10.1109/ICOSEC51865.2021.9591974>
- Hashim, A., Medani, R., & Attia, T. A. (2021, กุมภาพันธ์ 26). Defences against web Application Attacks and Detecting Phishing Links Using Machine Learning. *Proceedings of: 2020 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering, ICCCEEE 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICCCEEE49695.2021.9429609>
- HTTP Messages. (ม.ป.ป.). สืบค้น 7 กรกฎาคม 2024, จาก https://www.w3schools.com/tags/ref_httpsmessages.asp
- Jaipurkar, M., Ragit, N., Tambuskar, C., & Saraf, P. D. (2023). IPL Data Analysis and Visualization Using Microsoft Power BI Tool. *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2023*. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT56998.2023.10306783>
- Kini, S., Patil, A. P., Pooja, M., & Balasubramanyam, A. (2022). SQL Injection Detection and Prevention using Aho-Corasick Pattern Matching Algorithm. *2022 3rd International Conference for Emerging Technology, INCET 2022*. <https://doi.org/10.1109/INCET54531.2022.9825040>
- Mahesh, B., Upadhyay, D., & Ware, N. R. (2023). Evolving Trends in Web Application Vulnerabilities: A Comparative Study of OWASP Top 10 2017 and OWASP Top 10 2021 Article in. *International Journal of Engineering Technology and Management Sciences*. <https://doi.org/10.46647/ijetms.2023.v07i06.038>
- Muse, P., Mercy Shalinie, S., & Stanly, H. (2023). Online Log Analysis(OLA) for Malicious User Activities. *2023 2nd International Conference on Paradigm Shifts in Communications Embedded Systems, Machine Learning and Signal Processing, PCEMS 2023*. <https://doi.org/10.1109/PCEMS58491.2023.10136101>
- Qbea' h, M., Alrabae, S., Alshraideh, M., & Sabri, K. E. (2022). Diverse Approaches Have Been Presented To Mitigate SQL Injection Attack, But It Is Still Alive: A Review. *Proceedings of the International Conference*

on Computer and Applications, ICCA 2022 - Proceedings.
<https://doi.org/10.1109/ICCA56443.2022.10039611>

Singh, G. P., Bharti, V., & Hooda, M. K. (ม.ป.ป.). *A Review on NIST, ISO 27001, HIPAA and MITRE ATT&CK Cybersecurity Frameworks* (ปีที่ 18, ฉบับที่ 6). <http://www.webology.org>

Wang, Y. (2023). Design of Visual Log Analysis System. *2023 IEEE International Conference on Sensors, Electronics and Computer Engineering, ICSECE 2023*, 1649–1652. <https://doi.org/10.1109/ICSECE58870.2023.10263397>

การใช้ Power BI ในการวิเคราะห์ NPS Log เพื่อปรับปรุงการยืนยันตัวตน ก่อนใช้งานอินเทอร์เน็ต ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

^{1*} นายปานศักดิ์ ชัยภักดิ์

¹ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*pansak@mju.ac.th, 0815369677

บทคัดย่อ

ตามที่ พ.ร.บ.ว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพ.ร.บ.ว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 ได้กำหนดให้สามารถระบุตัวผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้ ครอบคลุมถึงความจำเป็นในการปรับปรุงระบบการยืนยันตัวตนและการวิเคราะห์การใช้งานเครือข่ายอย่างละเอียด เพื่อให้สอดคล้องกับกฎหมายและรับมือกับภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่ซับซ้อน รวมถึงการวางแผนการให้บริการในอนาคต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ NPS Log ด้วย Power BI เพื่อปรับปรุงการยืนยันตัวตนก่อนการใช้งานอินเทอร์เน็ตและวิเคราะห์พฤติกรรม การใช้งานเครือข่าย โดยใช้ข้อมูลจาก NPS Log ในการสร้างรายงาน (Dashboard) ที่แสดงข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงลึก กระบวนการวิจัยประกอบด้วย การรวบรวมและจัดเก็บข้อมูล การนำเข้าข้อมูลไปยัง Power BI การวิเคราะห์ข้อมูล และการสร้าง รายงานที่ครอบคลุมทุกส่วน

ผลการพัฒนาระบบพบว่าระบบสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายมิติ ได้แก่ การระบุผู้ใช้ที่เชื่อมต่อ ระบบ การเข้าใช้งานที่ถูกต้องและผิดพลาด นอกจากนี้ ระบบยังสามารถวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้งานในแต่ละช่วงเวลา แยกประเภท ผู้ใช้งานเป็นอาจารย์และนักศึกษาในแต่ละชั้นปี และระบุจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานทั้งหมดได้

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้ Power BI ในการวิเคราะห์ NPS Log เพื่อปรับปรุงระบบการยืนยันตัวตน ความปลอดภัยทางไซเบอร์ และการบริหารจัดการทรัพยากรเครือข่ายในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาความปลอดภัยของระบบเครือข่าย การบริหารจัดการ ทรัพยากร และการวางแผนการให้บริการในอนาคต

คำสำคัญ NPS Log, Power BI, การยืนยันตัวตน, ความปลอดภัย, การวิเคราะห์ข้อมูล

Utilizing Power BI for NPS Log Analysis to Enhance Pre-Internet Access Authentication

^{1*} PANSAK CHAIPAKDEE

¹ Maejo University 63 Sansai-Phrao Road, Nongharn, Sansai District, Chiang Mai, 50290

*pansak@mju.ac.th, 0815369677

Abstract

According to the Computer-related Crime Act B.E. 2550 (2007), as amended by the Computer-related Crime Act (No. 2) B.E. 2560 (2017), which mandates the implementation of authentication measures before accessing the internet, Maejo University recognizes the need to enhance its authentication system and conduct a comprehensive network usage analysis. This initiative aims to comply with legal requirements, address complex cyber threats, and plan for future service improvements. This research aims to develop an NPS Log analysis system using Power BI to improve internet authentication and analyze network usage behavior. The system leverages NPS Log data to create comprehensive dashboards that display in-depth information. The research process includes data collection and storage, data import into Power BI, data analysis, and the creation of detailed reports.

The development of the system revealed its effectiveness in analyzing data across multiple dimensions, including identifying users connecting to the system, distinguishing between valid and invalid logins, and analyzing usage patterns. Additionally, the system can assess user counts during specific periods, categorize users as faculty or students by academic year, and determine the total number of devices in use.

This research demonstrates the effectiveness of using Power BI for NPS Log analysis to enhance authentication systems, cybersecurity, and network resource management in higher education institutions. The findings can be applied to other educational institutions to improve network security, resource management, and future service planning.

Keywords: NPS Log, Power BI, Authentication, Security, Data Analysis

1. บทนำ

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตมีบทบาทสำคัญในทุกด้านของชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสาร การทำงาน หรือการเรียนรู้ การยืนยันตัวตนที่เหมาะสมสำหรับการเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาความปลอดภัยและป้องกันการเข้าถึงข้อมูลที่ไม่ได้รับอนุญาต รวมถึงการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์และการรั่วไหลของข้อมูลที่เกิดขึ้น การขาดการยืนยันตัวตนที่มีประสิทธิภาพอาจนำไปสู่ความเสี่ยงหลายประการ เช่น การโจมตีทางไซเบอร์ การรั่วไหลของข้อมูล และการเข้าถึงข้อมูลที่ละเอียดอ่อนได้อย่างไม่ได้รับอนุญาต

ตามที่ระบุไว้ใน พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 (หรือ พรบ.คอมฯ) มาตรา 26 กำหนดให้ผู้ใช้บริการระบบคอมพิวเตอร์ต้องเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ไว้ไม่น้อยกว่าเก้าสิบวันนับแต่วันที่ข้อมูลนั้นเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ และในกรณีที่เป็น พนักงานเจ้าหน้าที่สามารถสั่งให้เก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ไว้เกินเก้าสิบวัน แต่ไม่เกินสองปีเป็นกรณีพิเศษเฉพาะรายและเฉพาะคราวได้ นอกจากนี้ ผู้ให้บริการต้องเก็บรักษาข้อมูลของผู้ใช้บริการเท่าที่จำเป็นเพื่อให้สามารถระบุตัวผู้ใช้บริการนับตั้งแต่เริ่มใช้บริการและต้องเก็บรักษาไว้เป็นเวลาไม่น้อยกว่าเก้าสิบวันนับตั้งแต่การใช้บริการสิ้นสุดลง(สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2550) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ตระหนักถึงความสำคัญของการปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมายนี้ และเพื่อเสริมสร้างการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลและการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการยืนยันตัวตนก่อนการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลที่ไม่ได้รับอนุญาต และช่วยให้สามารถจัดการกับข้อมูลการใช้งานเครือข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ

ในอดีต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้ใช้ระบบ Network Policy Server (NPS) (*About NPS Extensions - Win32 apps / Microsoft Learn*, ม.ป.ป.)สำหรับการจัดการการยืนยันตัวตนของผู้ใช้ก่อนการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต อย่างไรก็ตาม ระบบ NPS ที่ใช้อยู่มีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการตรวจสอบข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจาก NPS Logs ยังไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลให้การตรวจสอบข้อมูลและการตอบสนองต่อภัยคุกคามทางไซเบอร์เป็นไปอย่างล่าช้าและไม่ครบถ้วน นอกจากนี้ การพึ่งพาการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแมนนวลทำให้เกิดความล่าช้าและไม่สามารถตรวจสอบปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ จึงมีความต้องการเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการวิเคราะห์ NPS Logs และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการยืนยันตัวตน Power BI (*บทความ แนะนำให้รู้จักกับโปรแกรม PowerBI Desktop*, ม.ป.ป.; Biswal, ม.ป.ป.)เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย ซึ่งสามารถทำงานร่วมกับข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ Power BI ช่วยให้สามารถสร้างแดชบอร์ดและรายงานที่ให้ข้อมูลเชิงลึกในการวิเคราะห์ข้อมูลและการตรวจจับภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาระบบรายงานการยืนยันตัวตนด้วย Power BI เพื่อตอบสนองข้อจำกัดของระบบ NPS ที่มีอยู่ โดยมุ่งเน้นที่การออกแบบและสร้างแดชบอร์ดที่ให้ข้อมูลเชิงลึกจากข้อมูลการยืนยันตัวตน ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจของผู้ดูแลระบบในการปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตนให้มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การวิจัยนี้จะทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบใหม่ในการปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตนและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้เพื่อให้แน่ใจว่าการปรับปรุงนั้นมีประสิทธิภาพและสามารถเสริมสร้างความมั่นคงและความปลอดภัยของข้อมูลและทรัพยากรของมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน การยืนยันตัวตนก่อนการใช้งานอินเทอร์เน็ตถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเพื่อรักษาความปลอดภัยของระบบเครือข่ายและข้อมูลขององค์กร แนวคิดและทฤษฎีหลายประการสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาระบบรายงานการยืนยันตัวตนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และให้เป็นไปตามที่กฎหมายได้กำหนดไว้ ดังนั้นบุคลากรทางการศึกษารวมถึงนักศึกษาของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงต้องมีการยืนยันตัวตนก่อนออกสู่อินเทอร์เน็ตทุกครั้ง ซึ่งหัวใจหลักของการยืนยันสิทธิ์การใช้งานคือ NPS ดังนั้นในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล NPS Logs จึงเป็นแหล่งข้อมูลหลักสำหรับการศึกษานี้

แนวคิด Routine to Research (R2R) (บุญคุณและคณะ, ม.ป.ป.)เป็นหนึ่งในหลักการสำคัญที่ใช้ในการพัฒนาระบบนี้ แนวคิดนี้มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงงานที่ทำในชีวิตประจำวันให้กลายเป็นงานวิจัยที่มีประสิทธิภาพ โดยการนำความรู้จากประสบการณ์การทำงานมาพัฒนาเป็นวิธีการหรือเครื่องมือใหม่ที่สามารถปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ในกรณีนี้ แนวคิด

R2R จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตน เพื่อสร้างระบบที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องและปลอดภัยของการเข้าถึงระบบได้ดียิ่งขึ้น

อีกทฤษฎีหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาระบบนี้คือการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล (Data Management and Analysis) การจัดการข้อมูลที่มีคุณภาพและการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบมีความสำคัญมากในกระบวนการพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพ การนำเครื่องมืออย่าง Power BI มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลช่วยให้สามารถสร้างภาพรวมของข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิตาราง และกราฟ ซึ่งช่วยให้ผู้ดูแลระบบเห็นข้อมูลที่สำคัญและทำการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีการพัฒนากระบวนการ (System Development Theory) เป็นทฤษฎีที่สำคัญในกระบวนการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ ทฤษฎีนี้ครอบคลุมการออกแบบและการพัฒนาระบบที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และบรรลุเป้าหมายของระบบ ในการพัฒนาระบบการยืนยันตัวตนนี้ ทฤษฎีการพัฒนากระบวนการจะช่วยให้เราเข้าใจถึงการวางแผน การออกแบบ และการดำเนินการของระบบ โดยใช้วงจรชีวิตการพัฒนากระบวนการ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบด้วย การรวบรวมข้อกำหนด การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และการบำรุงรักษาระบบ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบมีคุณภาพและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเต็มที่ (Schadt และคณะ, 2010)

การยืนยันตัวตน (Authentication) และการวิเคราะห์บันทึกเหตุการณ์เครือข่าย (NPS Logs Analysis) เป็นส่วนสำคัญของการรักษาความปลอดภัยของระบบเครือข่าย การใช้ข้อมูลจาก NPS Logs ในการตรวจสอบและวิเคราะห์การเข้าถึงระบบช่วยให้สามารถระบุปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและวางแผนการป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลจาก NPS Logs เช่น User ID, MAC Address และ IP Address ของอุปกรณ์จะถูกใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการเข้าถึงระบบและปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตนให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น (Chughtai และคณะ, 2019; Supriyono และคณะ, 2023)

การนำ Power BI มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจาก NPS Logs เริ่มจากการรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล โดยการนำข้อมูลจาก NPS Logs มาเข้า Power BI ซึ่งจะช่วยให้ในการทำความสะดวกและจัดรูปแบบเพื่อให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ จากนั้นจะใช้ Power BI ในการสร้างรายงานและแผงควบคุมที่แสดงข้อมูลที่สำคัญอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การแสดงกราฟแสดงแนวโน้มการเชื่อมต่อ การแสดงจำนวนการเข้าถึงระบบ และการสรุปสถิติการยืนยันตัวตน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

2.1. กรอบแนวคิดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบรายงานการยืนยันตัวตนก่อนใช้บริการอินเทอร์เน็ตด้วย Power BI ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นขั้นตอนสำคัญดังนี้

2.1.1. การรวบรวมข้อมูล

2.1.1.1. การรวบรวมข้อมูลการยืนยันตัวตนจาก NPS logs ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับการเชื่อมต่อของผู้ใช้ เช่น ชื่อเซิร์ฟเวอร์ ชนิดของบริการ วันที่และเวลาของเหตุการณ์ User ID และ IP Address ของอุปกรณ์เครือข่าย

2.1.1.2. การรวบรวมข้อมูลผู้ใช้และการเชื่อมต่อ เพื่อให้สามารถติดตามและวิเคราะห์การใช้งานอินเทอร์เน็ตได้อย่างครบถ้วน (Muse และคณะ, 2023)

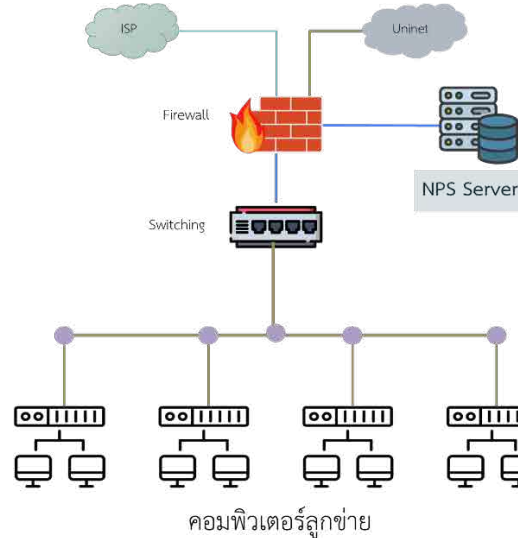
2.1.2. การจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล

2.1.2.1. การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลด้วย Power BI โดยเริ่มจากการนำข้อมูลจาก NPS logs ข้อมูลจะถูกทำความสะอาดและจัดรูปแบบเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน

2.1.2.2. การสร้างรายงานและแผงควบคุม (Dashboard) ใน Power BI เพื่อแสดงข้อมูลที่สำคัญ เช่น การแสดงกราฟแนวโน้มการเชื่อมต่อ แผนภูมิแสดงจำนวนการเข้าถึงระบบ และสถิติการยืนยันตัวตน ซึ่งช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถเห็นข้อมูลที่สำคัญได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ (Islam & Jin, ม.ป.ป.; Mandava Geetha Bhargava และคณะ, 2018)

2.2. การยืนยันตัวตน

- 2.2.1. การตรวจสอบและยืนยันตัวตนของผู้ใช้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการรักษาความปลอดภัยของระบบ การวิเคราะห์ข้อมูลการยืนยันตัวตนจาก NPS logs จะช่วยในการตรวจสอบและปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 2.2.2. การวิเคราะห์ความปลอดภัยของการยืนยันตัวตน โดยตรวจสอบพฤติกรรมการเข้าถึงระบบเพื่อระบุปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและป้องกันการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาต โดยใช้ไฟร์วอลล์ (Firewall) เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ในการยืนยันตัวตนผ่านการเชื่อมต่อด้วยระบบ LAN และใช้ชุดควบคุมอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Controller) สำหรับยืนยันตัวตนก่อนการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านระบบแบบไร้สาย



รูปที่ 1 แสดงแผนผังการเชื่อมต่อ NPS และ Firewall สำหรับทำหน้าที่ในการยืนยันตัวตน

2.3. การปรับปรุงกระบวนการ:

- 2.3.1. การใช้ข้อมูลจากแผงควบคุมในการตัดสินใจ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวโน้มการใช้งานที่ผิดปกติ การติดตามการเปลี่ยนแปลงของการเข้าถึงระบบ และการตรวจสอบการใช้งานที่น่าสงสัย
- 2.3.2. การปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตนให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยยิ่งขึ้น โดยใช้ผลการวิเคราะห์จาก Power BI เพื่อปรับเปลี่ยนกระบวนการและนโยบายการยืนยันตัวตนให้สอดคล้องกับข้อกำหนดด้านความปลอดภัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรายงานการยืนยันตัวตนก่อนใช้บริการอินเทอร์เน็ตด้วย Power BI โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจาก NPS logs และสร้างแผงควบคุมที่สามารถช่วยในการตัดสินใจของผู้ดูแลระบบ กระบวนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยวัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ปฏิบัติงานหลัก โดยเฉพาะเครื่องมือข่ายที่มีความจำเป็นในการจัดเก็บล็อกเป็นจำนวนมาก และต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ และวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.1. วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1. เครื่องแม่ข่ายและเครือข่าย

- 3.1.1.1. เครื่องแม่ข่าย (Server) สำหรับจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล โดยเน้นการใช้เซิร์ฟเวอร์ที่มีความสามารถในการประมวลผลสูงและมีพื้นที่จัดเก็บข้อมูลเพียงพอ
- 3.1.1.2. ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้การส่งผ่านข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการตั้งค่าระบบเครือข่ายที่เหมาะสม
- 3.1.1.3. ระบบไวไฟ สำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ให้การทดสอบการยืนยันตัวตนผ่านการใช้งานไวไฟได้อย่างราบรื่น

3.1.2. ซอฟต์แวร์

- 3.1.2.1. Power BI Desktop สำหรับการวิเคราะห์และสร้างรายงาน โดยใช้ฟังก์ชันที่หลากหลายในการสร้างแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพ
- 3.1.2.2. Notepad++ สำหรับการอ่านและตรวจสอบข้อมูล NPS logs ขนาดใหญ่ ช่วยในการจัดการข้อมูลดิบก่อนนำเข้าไปยัง Power BI

3.1.3. ฮาร์ดแวร์

- 3.1.3.1. คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์: ที่ใช้ในการเข้าถึงและวิเคราะห์ข้อมูล ควรมีประสิทธิภาพสูงเพียงพอในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่
- 3.1.3.2. อุปกรณ์เก็บข้อมูล (Storage Devices): สำหรับสำรองข้อมูล เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลสำคัญ และให้การเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว

3.2. ขั้นตอน SDLC ในการพัฒนาระบบ

3.2.1. การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการ ทีมวิจัยจะมุ่งเน้นการเข้าใจปัญหาที่ต้องการแก้ไขและกำหนดความต้องการของระบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาระบบรายงานการยืนยันตัวตนด้วย Power BI เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น การสัมภาษณ์ผู้ใช้งาน การสอบถามผู้ดูแลระบบเครือข่าย และการศึกษาจาก NPS Logs เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัญหาในปัจจุบัน เช่น ความไม่ถูกต้องของข้อมูลการยืนยันตัวตนหรือความยากลำบากในการวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ยังต้องศึกษาความต้องการที่สำคัญสำหรับระบบใหม่ เช่น การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย การสร้างรายงานที่แสดงข้อมูลสำคัญ และความสามารถในการวิเคราะห์แนวโน้มของการเชื่อมต่อระบบ

3.2.2. การออกแบบระบบ (System Design)

หลังจากได้ข้อกำหนดจากขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการแล้ว ขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบโครงสร้างของระบบให้ตรงตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ โดยมุ่งเน้นการวางแผนรายละเอียดของระบบ รวมถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ การสร้างฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลจาก NPS Logs และการกำหนดวิธีการแสดงผลข้อมูลใน Power BI

3.2.3. การพัฒนาระบบ (System Development)

ขั้นตอนการพัฒนานี้ ทีมวิจัยจะเริ่มต้นการเขียนโค้ดและการตั้งค่า Power BI ตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า โดยจะมุ่งเน้นการสร้างฟังก์ชันการทำงานของระบบตามที่ได้กำหนดไว้ในข้อกำหนดของระบบและการออกแบบ โดยมีกิจกรรมหลักดังต่อไปนี้

- 3.2.3.1. การพัฒนาโค้ด โดยการเขียนโค้ดเพื่อจัดการโอนย้ายข้อมูล NPS logs จาก NPS sever มารวมไว้เพื่อรอการนำเข้าข้อมูล
- 3.2.3.2. การพัฒนาและการตั้งค่า Power BI โดยการนำเข้าข้อมูลจาก NPS Logs มายัง Power BI และการตั้งค่าเครื่องมือต่าง ๆ เช่น การสร้างแดชบอร์ด, การสร้างกราฟและตารางการวิเคราะห์
- 3.2.3.3. การทดสอบระหว่างการพัฒนา มีการทดสอบฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานของระบบเพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานเป็นไปตามที่คาดหวัง

3.2.4. การทดสอบระบบ (System Testing)

การทดสอบระบบในงานวิจัยนี้เน้นไปที่การตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบรายงานการยืนยันตัวตนด้วย Power BI โดยเริ่มจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานของระบบ เช่น การนำเข้าข้อมูลจาก NPS Logs, การสร้างและแสดงผลรายงาน และการตรวจสอบความแม่นยำของข้อมูลการยืนยันตัวตน นอกจากนี้ยังมีการทดสอบความเข้ากันได้ระหว่าง Power BI กับฐานข้อมูลและการทำงานของระบบเครือข่าย รวมถึงการทดสอบความปลอดภัยของระบบเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาต การทดสอบทั้งหมดนี้ถูกดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงที่สุดและรวมถึงการรับข้อเสนอแนะจากผู้ใช้เพื่อนำไปปรับปรุงระบบให้ตอบสนองความต้องการได้อย่างเต็มที่

3.2.5. การนำไปใช้งาน (Implementation)

การนำเข้าข้อมูลจาก NPS Logs มายัง Power BI ถูกดำเนินการอย่างมีระบบเพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับการจัดเก็บมีความถูกต้องและพร้อมใช้งาน และเนื่องจากว่าข้อมูลมีความอ่อนไหว จึงจำกัดให้เฉพาะทีมงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ ซึ่งผู้ดูแลระบบที่มีสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบจะได้รับการอบรมเพื่อเรียนรู้การใช้ Power BI ในการสร้างและปรับปรุงรายงาน รวมถึงการใช้งานแผงควบคุม (Dashboard) อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมจริงถูกจัดทำเพื่อประเมินความสามารถในการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ และทำให้แน่ใจว่าระบบทำงานได้อย่างเสถียรและปลอดภัยก่อนเปิดใช้งานจริง

3.2.6. การบำรุงรักษาระบบ (Maintenance)

การตรวจสอบและการอัปเดตซอฟต์แวร์ถูกดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และมีการตรวจสอบภัยคุกคามใหม่ ๆ เพื่อให้สามารถปรับแต่งการวิเคราะห์ข้อมูลจาก NPS logs ให้มีความเหมาะสม นอกจากนี้ การตรวจสอบข้อมูลและการปรับปรุงการตั้งค่าใน Power BI เป็นกระบวนการที่ดำเนินไปอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่แสดงในรายงานมีความถูกต้องและทันสมัย ผู้ดูแลระบบยังต้องคอยตรวจสอบการใช้งานของผู้ใช้ และทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น รวมถึงการปรับปรุงระบบตามความต้องการใหม่ ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้ระบบยังคงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้อย่างต่อเนื่อง

3.3. วิธีการทดลอง

เก็บรวบรวมข้อมูลจาก NPS logs ที่บันทึกการยืนยันตัวตนของผู้ใช้ในระบบเครือข่าย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ เวลาในการเชื่อมต่อ ชื่อผู้ใช้ ที่อยู่ IP และรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1. การจัดเก็บและจัดเตรียมข้อมูล

- นำข้อมูลที่รวบรวมได้จาก NPS logs ของคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ทำหน้าที่เป็นระบบยืนยันตัวตนหลัก (NPS) ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาเก็บไว้ในพื้นที่เดียวกันเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 จนถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2567 เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 5 เดือน
- ตรวจสอบรูปแบบข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วย Power BI เช่น ความหมายของข้อมูลในแต่ละคอลัมน์ และตรวจสอบรูปของของ NPS logs ที่มาจากเครื่องที่แตกต่างกัน อาจมีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบที่แตกต่างกัน จึงต้องแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนนำเข้า Power BI โดยข้อมูลต่อ 1 ชุดข้อมูลมีดังต่อไปนี้

```
"10.6.0.xx,xxxx,04/13/2024,00:38:20,IAS,WIN2019-SERVERN, 87,CAPWAP-Tunnel  
504,61,19,8,0.0.0.0,5,3,44,  
800588437c2f_001_0000006483_1712943500,31,16b01b74a475,30,8005880cbd4e:MJU_WLA  
N_Plus,26,0x00001311040600000293,6,2,10,0,9,0.0.0.0,22,0.0.0.0,14,0.0.0.0,4,10.6.0.250,4108,  
10.6.0.250,4116,0,4128,Controller-Ruijie,4154,Use Windows authentication for all  
users,4155,1,4129,MJU\xxx, 4149,Guest,25,12345,25,311 1 10.1.255.6 04/11/2024 19:41:10  
2702,4132,Microsoft: Secured password (EAP-MSCHAP v2),4130,mju.local/กอง  
xxxx/xxxx,4127,11,4136,1,4142,0"
```

3.3.2. การนำเข้าข้อมูลไปยัง Power BI

- นำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลไปยัง Power BI Desktop โดยใช้การเชื่อมต่อฐานข้อมูล (Data Connector) ที่ Power BI มีให้บริการ ในที่นี้ใช้การนำเข้าข้อมูลแบบโพลเดอร์ ซึ่งจะสะดวกหากมีการเพิ่มเติมข้อมูลเข้าในระบบใหม่
- ตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่นำเข้าเพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลถูกต้องและครบถ้วน

3.3.3. การสร้างรายงานและแผงควบคุม (Dashboard)

- ออกแบบรายงานและแผงควบคุมใน Power BI เพื่อแสดงข้อมูลการยืนยันตัวตน เช่น การสร้างแผนภูมิตาราง และกราฟที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเห็นภาพรวมของข้อมูลได้ชัดเจน โดยกำหนดให้มีรายละเอียดเกี่ยวกับวันเดือนปีของผู้ใช้บริการ ประเภทผู้ใช้บริการรวมไปถึงรายงานสถิติการใช้งานของนักศึกษาในแต่ละชั้นปี
 - ตั้งค่าตัวกรองและตัวเลือกการปรับแต่งอื่น ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลที่ต้องการได้ตามความต้องการ ซึ่งการเลือกดูข้อมูลในแต่ละเซตข้อมูลจะส่งผลไปยังข้อมูลชุดอื่นที่จะมีการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้สะดวกต่อการติดตามชุดข้อมูลนั้น ๆ ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว
- 3.3.4. การวิเคราะห์ข้อมูล
- ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ของ Power BI เช่น การสร้างดัชนีชี้วัด (KPIs) การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) และการวิเคราะห์เชิงภูมิศาสตร์ (Geospatial Analysis) เพื่อค้นหาแนวโน้มและรูปแบบที่น่าสนใจในข้อมูล
 - วิเคราะห์ผลลัพธ์และตีความข้อมูลเพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพและข้อบกพร่องของกระบวนการยืนยันตัวตน
- 3.3.5. การสื่อสารผลลัพธ์
- สร้างรายงานที่สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมสำหรับผู้ดูแลระบบ
 - แชรร์รายงานและแผงควบคุมในรูปแบบออนไลน์ผ่าน Power BI Service หรือส่งออกเป็นไฟล์ PDF หรือ PowerPoint เพื่อใช้ในการประชุมหรือการนำเสนอ
- 3.3.6. การประเมินและปรับปรุงกระบวนการ:
- ประเมินผลการใช้งานแผงควบคุมและรายงานที่สร้างขึ้น โดยการรับฟังความคิดเห็นจากผู้ใช้และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
 - ปรับปรุงและปรับแต่งแผงควบคุมและรายงานตามข้อเสนอแนะที่ได้รับ เพื่อให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้แสดงถึงความสำเร็จในการพัฒนาระบบรายงานการยืนยันตัวตนก่อนใช้บริการอินเทอร์เน็ตด้วย Power BI โดยผ่านกระบวนการรวบรวม วิเคราะห์ และแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในรูปแบบแผงควบคุม (Dashboard) การวิจัยนี้ดำเนินการตามลำดับขั้น ตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลการยืนยันตัวตนที่ถูกเก็บรวบรวมจาก NPS Server ซึ่งเป็นบันทึกข้อมูลการเชื่อมต่อของใช้งาน เช่น เวลาในการเชื่อมต่อ ชื่อผู้ใช้ ที่อยู่ IP และผลการยืนยันตัวตน ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมการใช้งานและปัญหาการยืนยันตัวตนที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้น จากนั้นมีกระบวนการจัดเก็บและจัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ถูกนำมาจัดทำเป็นรายงานโดยใช้เครื่องมือของ Power BI เพื่อสร้างแผงควบคุมที่สามารถแสดงข้อมูลการยืนยันตัวตนได้อย่างชัดเจนและเป็นประโยชน์ต่อผู้ดูแลระบบ การเตรียมข้อมูลนี้รวมถึงการทำความสะอาดและจัดรูปแบบข้อมูลให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์

4.1. การรวบรวมข้อมูล

เราได้ทำการรวบรวมข้อมูลได้อย่างครบถ้วนและหลากหลาย จากคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ทำหน้าที่เป็น NPS ทั้งหมด และจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล ข้อมูลที่ได้มีความละเอียดและครอบคลุมการใช้งานระบบเครือข่ายในระยะเวลาที่กำหนด ทำให้เราสามารถศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้และประเมินปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการยืนยันตัวตนได้อย่างละเอียด การมีข้อมูลจากหลายเดือนช่วยให้เราเห็นแนวโน้มการใช้งานในระยะยาว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาและประเมินประสิทธิภาพของระบบ

4.2. การจัดเก็บและจัดเตรียมข้อมูล

เนื่องด้วยการจัดเก็บและจัดเตรียมข้อมูลอย่างถูกต้องเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน และต้องมั่นใจว่า NPS ถูกบันทึกด้วยรูปแบบเดียวกันทุกเซิร์ฟเวอร์ ช่วยลดข้อผิดพลาดและปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ ข้อมูลที่มีการจัดระเบียบอย่างดีช่วยให้การนำเข้า Power BI เป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการ

โอนย้ายข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายที่มีพื้นที่เพียงพอต่อการจัดเก็บข้อมูล เพราะข้อมูล NPS logs แต่ละวันมีขนาดมากกว่า 500 MB

4.3. การนำเข้าข้อมูลไปยัง Power BI

จากการรวบรวมข้อมูลและจัดเก็บไว้ในแหล่งเดียวกัน ทำให้การนำเข้าข้อมูลไปยัง Power BI นั้นพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ ด้วยเครื่องมือการเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่มีอยู่ใน Power BI ช่วยให้การนำเข้าข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่นำเข้ามาทำให้แน่ใจว่าข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างรายงานที่มีคุณภาพ ซึ่งในขั้นตอนแรก ต้องมีกระบวนการจัดแบ่งชุดข้อมูล เพื่อเป็นแม่แบบสำหรับการนำเข้าข้อมูลชุดถัดไปหรือข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในวันอื่นๆ

4.4. การสร้างรายงานและแผงควบคุม (Dashboard)

การออกแบบรายงานและแผงควบคุมใน Power BI เพื่อให้สามารถแสดงข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเป็นประโยชน์สำหรับผู้ดูแลระบบ การเลือกประเภทของการแสดงผล เช่น การสร้างกราฟแท่งเพื่อแสดงการยืนยันตัวตนเป็นรายชั่วโมง หรือการสร้างตารางสรุปข้อมูลช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใจข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่ง Power BI นั้นมีเครื่องมือที่หลากหลายและแต่ละชุดข้อมูลที่แสดงออกมานั้น มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน เช่น เมื่อคลิกที่วันที่ ข้อมูลของวันนั้นก็จะแสดงออกมา

4.5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลช่วยให้เห็นแนวโน้มและรูปแบบที่สำคัญในข้อมูล เช่น การเปลี่ยนแปลงในอัตราการยืนยันตัวตนที่สำเร็จและล้มเหลว จำนวนของลูกข่ายที่ทำการเชื่อมต่อในแต่ละวัน ประเภทของบุคลากรและชั้นปีของนักศึกษา ตลอดจนต้นทางของการเชื่อมต่อ การวิเคราะห์แนวโน้มเหล่านี้ช่วยให้เราสามารถติดตามและประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการยืนยันตัวตนได้

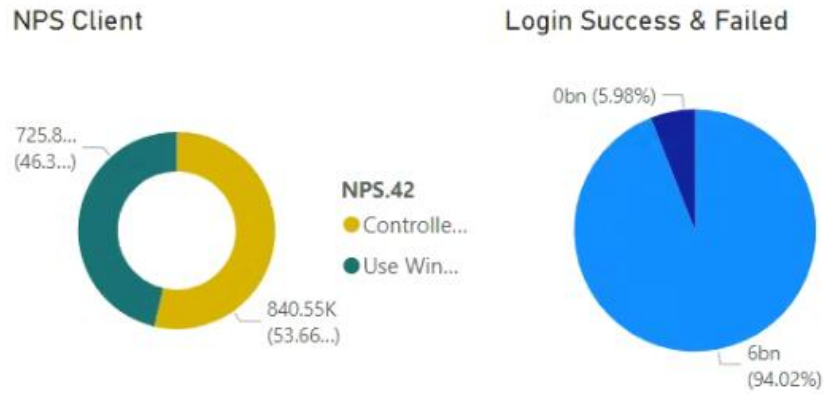
4.6. การนำเสนอผลลัพธ์

การนำเสนอผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการนำเสนอข้อมูลและผลลัพธ์แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย รายงานที่มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตนและเพิ่มความปลอดภัยของระบบเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสื่อสารที่ดีช่วยให้ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ถูกนำไปใช้ในการตัดสินใจอย่างเหมาะสมและเป็นประโยชน์ โดยเฉพาะการนำเสนอผ่านแผนภาพ ที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย และการที่ Power BI สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพได้ ทำให้สามารถคัดสรรข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว

4.7. การประเมินและปรับปรุงกระบวนการ

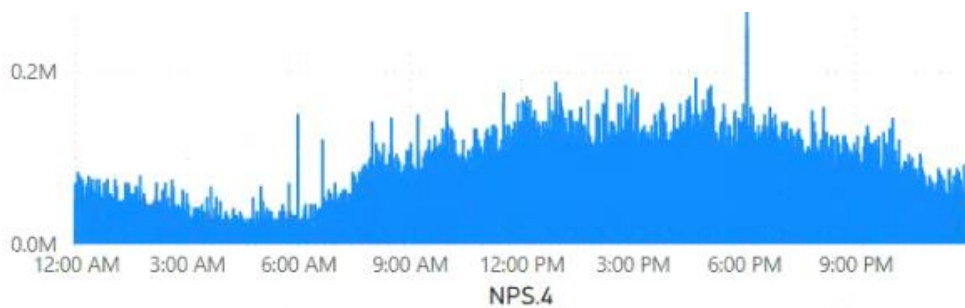
การประเมินผลการใช้งานและการรับฟังความคิดเห็นจากผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มผู้ดูแลระบบ จำนวน 29 คน ของกองเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (บุคลากร, ม.ป.ป.) ทำให้เราสามารถปรับปรุงแผงควบคุมและรายงานให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น การปรับปรุงที่เกิดจากข้อเสนอแนะช่วยให้การใช้เครื่องมือมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจด้านความปลอดภัยของเครือข่ายและประสิทธิภาพในการให้บริการได้ดียิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์ที่ได้จาก Power BI แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถช่วยให้ผู้ดูแลระบบทำงานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการนำเสนอข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผู้ใช้ที่พยายามเข้าถึงระบบโดยไม่ได้รับอนุญาต บัญชีผู้ใช้ที่มีความเสี่ยงสูง อุปกรณ์ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ที่เป็นอันตราย การโจมตีแบบ Brute-force และพฤติกรรมการใช้งานที่ผิดปกติ รายงานที่ได้ช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถระบุและป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดความเสี่ยงต่อการโจมตีทางไซเบอร์ การรั่วไหลของข้อมูล และการสูญเสียข้อมูล อีกทั้งการปกป้องข้อมูลและทรัพยากรของมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2 แสดงสถิติการล็อกอินสำเร็จและไม่สำเร็จ

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าอัตราการยืนยันตัวตนที่สำเร็จมีจำนวนคิดเป็นร้อยละ 94.02 ในช่วงห้าเดือนที่ผ่านมา จาก NPS logs ของ Firewall และ Wireless Controller ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการยืนยันตัวตนก่อนเข้าใช้บริการอินเทอร์เน็ต ของ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



รูปที่ 3 แสดงช่วงเวลาในการยืนยันตัวตนก่อนใช้งานอินเทอร์เน็ต

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงจำนวนการเชื่อมต่อทั้งหมดและจำนวนผู้ใช้ที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละเดือน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงการใช้งานอินเทอร์เน็ตที่เพิ่มขึ้นและการเพิ่มจำนวนผู้ใช้ที่เชื่อมต่อกับระบบ ทำให้สามารถวางแผนในการจัดสรรทรัพยากรที่ทำหน้าที่เป็น NPS Server ให้สามารถรองรับภาระโหลดที่เกิดขึ้นตามช่วงเวลาได้อย่างเหมาะสม

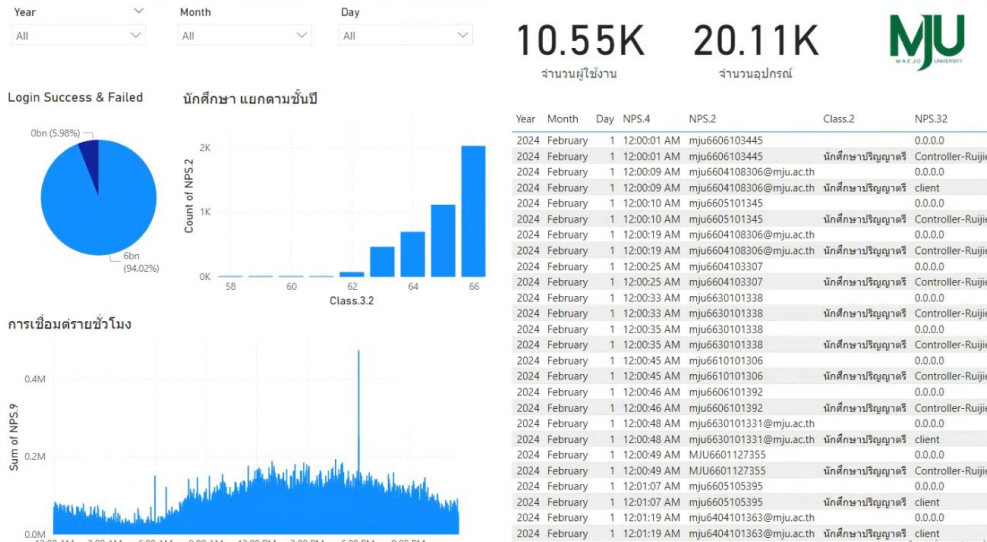
5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบรายงานการยืนยันตัวตนก่อนใช้บริการอินเทอร์เน็ตด้วย Power BI โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจาก NPS logs และสร้างแผงควบคุมที่สามารถช่วยในการตัดสินใจของผู้ดูแลระบบ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการพัฒนาระบบตามเป้าหมายหลักของงานวิจัยซึ่งได้แก่การเพิ่มความสำเร็จในการยืนยันตัวตนและลดปัญหาการยืนยันตัวตนที่ล้มเหลว รวมถึงการเพิ่มขึ้นของการเชื่อมต่อและจำนวนผู้ใช้ที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบในการจัดการและปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตน

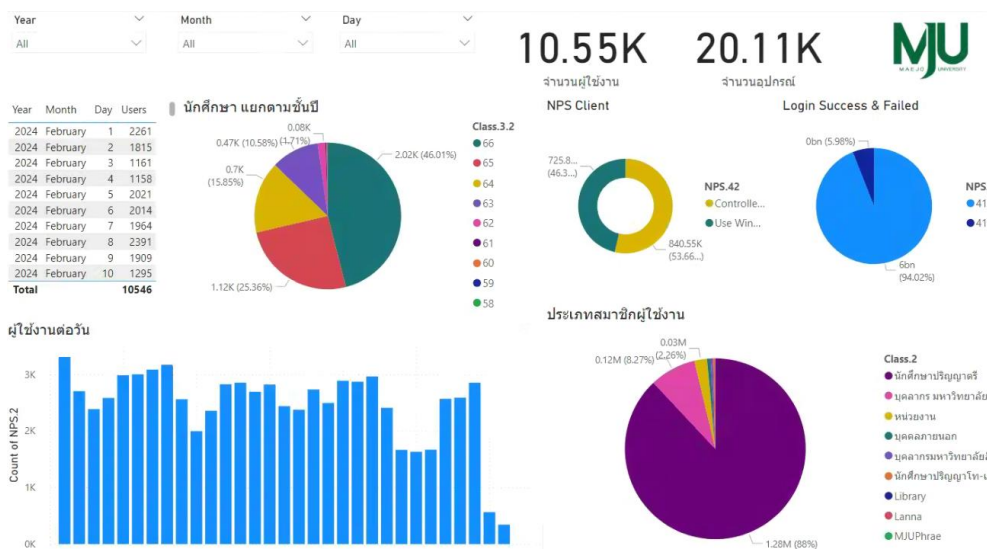
5.1. การอภิปรายผล

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของการใช้ Power BI ในการวิเคราะห์ NPS logs เพื่อปรับปรุงระบบการยืนยันตัวตน ก่อนใช้งานอินเทอร์เน็ต การที่อัตราการยืนยันตัวตนที่สำเร็จเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและอัตราการยืนยันตัวตนที่ล้มเหลวลดลงอย่างเห็นได้ชัด สะท้อนถึงความมีประสิทธิภาพของการออกแบบระบบที่ใช้ Power BI ในการสร้างแผงควบคุมที่ทำให้ข้อมูลการยืนยันตัวตนสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจได้ดีขึ้น นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของจำนวนการเชื่อมต่อและจำนวนผู้ใช้ที่ไม่ซ้ำกันบ่งชี้ถึงการใช้งานที่เพิ่มขึ้นและความต้องการที่สูงขึ้นสำหรับการบริการอินเทอร์เน็ต ซึ่งหมายความว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้แผงควบคุมใน Power BI ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถมองเห็นข้อมูลที่สำคัญได้ในเวลาจริง ช่วยให้การตรวจสอบและการตอบสนองต่อปัญหาการยืนยันตัวตนทำได้รวดเร็ว

และมีประสิทธิภาพมากขึ้น การประมวลผลข้อมูลจาก NPS logs ยังช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถวิเคราะห์แนวโน้มการใช้งาน และป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลนี้ยังสนับสนุนแนวคิดที่ว่า การใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถปรับปรุงการจัดการและการตัดสินใจด้านความปลอดภัยของเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 4 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมต่อระบบยืนยันตัวตน



รูปที่ 5 แสดงหน้าจอรวมรายงานชุดข้อมูลการยืนยันตัวตนก่อนใช้งานอินเทอร์เน็ต

5.2. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการวิจัยนี้ การใช้ Power BI ในการวิเคราะห์ข้อมูลการยืนยันตัวตนได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการปรับปรุงกระบวนการยืนยันตัวตนและการเพิ่มความปลอดภัยในระบบเครือข่ายของมหาวิทยาลัย ควรมีการนำผลลัพธ์จากการวิจัยไปปรับปรุงกระบวนการด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการจัดการทรัพยากรในองค์กรอื่น ๆ โดยการใช้ Power BI เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างรายงานที่สามารถช่วยในการตัดสินใจที่ดีขึ้น รวมถึงควรมีการฝึกอบรมผู้ดูแลระบบให้มีความรู้และ

งานวิจัยด้าน การศึกษา

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้เทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง รายวิชากฎหมายก่อสร้าง

เจษฎาพร ศรีภักดี^{1*} ดลพร ชุ่นตะ¹ พิษฐานิน ใจหาวัน¹

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา 128 ถ. ห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

* jedsadaporn@rmutl.ac.th, 0899590937

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1. พัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง รายวิชากฎหมายก่อสร้าง เรื่อง กฎหมายควบคุมอาคาร โรงแรมประเภทที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2. พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงกับผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบดั้งเดิม เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง 3. ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน ที่มีต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง โดยกลุ่มประชากร คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาจำนวน 19 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 10 คน และกลุ่มควบคุม 9 คน ผลการวิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือน มีประสิทธิภาพ 82.00/80.80 กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอยู่ที่ 6.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 24.93 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.80 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.17 คะแนน และคะแนนทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.47 คะแนน จากคะแนนของการทดสอบพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ สื่อประกอบการสอน ปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง กฎหมายก่อสร้าง

Enhancing Learning Achievement Using Virtual Reality Technology in the Construction Law Course

Jedsadaporn Sreepakdee^{1*} Donlapon Soonta¹ Pitchayanin Jaihawan¹

¹ Faculty of Engineering ,Rajamangala University of Technology Lanna , 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* jedsadaporn@rmutl.ac.th, 0899590937

Abstract

This research aims to: 1. Develop an interactive virtual learning medium for the construction law course, focusing on the Building Control Law for Type 3 Hotels, to achieve the effectiveness criteria of 80/80. 2. Improve the learning achievement of students using interactive virtual learning media compared to those using traditional learning media. The study compares the pre-learning and post-learning achievements of students learning with the interactive virtual learning medium. 3. Examine the students' satisfaction with the interactive virtual learning medium. The population consisted of 19 students from the Bachelor of Industrial Education program, majoring in Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna. They were divided into an experimental group of 10 students and a control group of 9 students. The research results showed that the interactive virtual learning medium had an effectiveness of 82.00/80.80. The experimental group had a learning achievement 6.40 points higher than the control group, which is 24.93%. The pre-learning test scores of the experimental group had an average of 10.80 points with a standard deviation of 1.17 points, while the post-learning test scores had an average of 20.20 points with a standard deviation of 1.47 points. The test scores showed that the average post-learning scores were higher than the average pre-learning scores. The students' satisfaction with the interactive virtual learning medium had an average of 4.58 with a standard deviation of 0.49, indicating a very high level of satisfaction.

Keywords: learning materials, virtual reality, Construction Law

1. บทนำ

โรงแรมถือเป็นที่อยู่อาศัย และเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่รองรับการพักอาศัย การเดินทาง โดยการก่อให้เกิดสิ่งปลูกสร้างและอาคารในลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ จำเป็นต้องมียุทธศาสตร์ประกอบหลายอย่าง และหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญมากประการหนึ่ง คือ การปฏิบัติให้ถูกต้องตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยเหมาะสมแก่การใช้สอยและไม่กระทบสิทธิของผู้อื่นหรือกระทบต่อส่วนรวม และจากการสำรวจพบว่าส่วนใหญ่โรงแรมบางประเภทไม่ถูกต้องตามข้อบังคับกฎหมาย เนื่องจากไม่ทราบข้อกำหนด กฎหมายควบคุมอาคาร โดยปัญหาที่พบส่วนมากได้แก่ การก่อสร้างรुकล้ำแนวเขตผังเมือง การก่อสร้างอาคารผิดวัตถุประสงค์ของผังเมืองรวมในพื้นที่กำหนด การก่อสร้างอาคารชิดแนวเขตที่ดินผู้อื่น และกรณีอื่น ๆ อีกหลายประการ ทำให้การออกแบบและการก่อสร้างอาคารล่าช้า ดังนั้นกฎหมายก่อสร้างจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ต้องศึกษาให้เข้าใจและใช้อย่างถูกต้อง

จากสภาพปัญหาดังกล่าวพบว่าการเรียนการสอนในรายวิชากฎหมายก่อสร้าง เป็นวิชาที่ต้องอ่านพระราชบัญญัติควบคุมอาคารและต้องแปลความหมายจากพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ยากแก่การทำความเข้าใจก่อให้เกิดความผิดพลาด ทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ดีเท่าที่ควรแต่ถ้ามีสื่อที่เหมาะสมอาจช่วยอธิบายและทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาและสามารถจดจำได้เป็นอย่างดี โดยการเรียนการสอนในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามามีบทบาทกับการศึกษา การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการศึกษา จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนต่างมีความต้องการในการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัยเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากยุคสมัยที่เปลี่ยนไป ปัจจุบันการนำเอาเทคโนโลยีโลกเสมือนก้าวสู่โลกความจริงใช้ในการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรมเสมือนจริง (Virtual Reality, VR) มาจัดการเรียนรู้เป็นมิติใหม่ทางด้านสื่อการศึกษาที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ เรียนรู้สิ่งใหม่ สร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้โลกเสมือนจริง ให้ผู้เรียนมองเห็นสถานการณ์หรือสิ่งที่กำลังสอนให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากขึ้นและส่งเสริมการใช้สื่อการสอนที่สามารถเกิดความรู้สึกเสมือนจริง จำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่อยู่ในสถานการณ์จริง ฝึกผู้เรียนเรียนรู้โลกที่เสมือนโลกแห่งความจริง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้มีความสอดคล้องกับการที่ประเทศไทยกำลังจะก้าวสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งมุ่งเน้นการใช้นวัตกรรม และเทคโนโลยี (นวัตน์ รามสูต และบัลลังก์ โรหิตเสถียร, 2562)

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว คณะผู้จัดทำโครงการจึงมีความประสงค์ที่จะสร้างสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง รายวิชากฎหมายก่อสร้าง เรื่อง กฎหมายควบคุมอาคาร โรงแรมประเภทที่ 3 เพื่อเผยแพร่ความรู้ให้ผู้เรียนและผู้ที่มีความสนใจได้ศึกษาเรียนรู้ โดยสื่อสามารถที่จะแสดงพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ออกมาในรูปแบบ 3 มิติ คณะผู้จัดทำจึงมีความมุ่งหวังว่าสื่อการเรียนรู้ที่ได้จัดสร้างขึ้นนั้นจะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ถ่ายทอดความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนและผู้มีความสนใจสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สรุปแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย สู่กรอบแนวคิด

สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชุมพร(2558) ได้จัดแบ่งสื่อการเรียนรู้ และการแสดงขั้นตอนของประสบการณ์การเรียนรู้ โดยพัฒนาความคิดของนักจิตวิทยา บรูเนอร์ (Bruner) นำมาสร้างเป็น “กรวย ประสบการณ์” (Cone of Experiences) ซึ่งพบว่าการลงมือทำ สามารถทำให้มีความจำคงอยู่ร้อยละ 70 เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรวยประสบการณ์ (Cone of Experience)

ที่มา : สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชุมพร(2558)

ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของเทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง คือการจำลองสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมจากจินตนาการ เช่น วิดีโอ ภาพ เสียง ผ่านระบบเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดยต้องใช้งานผ่านอุปกรณ์นำเข้าต่าง ๆ เช่น ถุงมือ เม้าส์ แวนตา เป็นต้น เพื่อรับรู้ถึงแรงป้อนกลับจากการสัมผัสสิ่งต่าง ๆ และทำให้เราสามารถตอบสนองกับสิ่งที่จำลองนั้นได้ โดยเราสามารถนำเทคโนโลยี VR มาประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้าน เช่น ด้านการแพทย์ (การฝึกผ่าตัดแบบเสมือนจริง) การทำเครื่อง VR เพื่อฝึกบินเชิง simulation ทางการศึกษา ด้านการบันเทิง เกม ทางด้านธุรกิจ เป็นต้น (อัจฉราพรรณ โพธิ์ทอง ,2561) ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน แบ่งลักษณะตามพื้นฐานบนวิธีที่ติดต่อกับผู้ใช้งานได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. Desktop VR คือ จะใช้จอภาพคอมพิวเตอร์ธรรมดาเพื่อแสดงโลกเสมือนจริง
2. Video Mapping คือ นำเข้าจากวิดีโอของผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์กราฟฟิก แบบ 2D /3D ผู้ใช้จะเห็นตนเองและเห็นการเปลี่ยนแปลงของตน จากจอภาพ ความคิดนี้ถูกใช้ในเกมส์คอมพิวเตอร์
3. Immersive Systems คือ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน หรือ VR ล่าสุดที่สมบูรณ์แบบ สำหรับผู้ใช้งานส่วนบุคคล คือ หมวกเหล็ก หรือหน้ากากสำหรับสวมซึ่งสามารถจำลองภาพ และการได้ยินได้ด้วย
4. Telepresence คือ การเปลี่ยนแปลงของคอมพิวเตอร์ ที่เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ทำให้มองเห็นโลกที่สร้างใหม่ เทคโนโลยีนี้ จะเชื่อมตัวตรวจจับสัญญาณระยะไกลในโลกของความเป็นจริง กับไหวพริบของมนุษย์โดยตัวตรวจจับสัญญาณระยะไกล อาจถูกค้นหาได้ด้วยหุ่นยนต์ตรวจจับสัญญาณ
5. Augmented/Mixed Reality Systems คือ การผสมกันกับ Telepresence และ Virtual Reality Systems ให้ระบบคอมพิวเตอร์ ที่สร้างขึ้นถูกผสมกันกับสิ่งที่นำเข้า telepresence โดยให้ผู้ใช้งานสามารถดูสิ่งต่างๆ ได้จากโลกความเป็นจริง เช่น การตรวจของแพทย์/ศัลยกรรม เพื่อวินิจฉัย หรือดูสิ่งผิดปกติในร่างกาย เป็นต้น

จากการศึกษาข้อมูลทดลองใช้และผลิตสื่อภาพยนตร์สารคดีด้วยเทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง พบว่า สุนทรียะใหม่นี้แตกต่างจากเดิมมากเพราะเทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนสามารถทำให้ผู้รับสารเลือกเองได้อย่างอิสระในการมอง อิสระในการกระทำ อิสระในการลำดับการรับสาร (กิตติธัช ศรีฟ้า ,2562) จากงานวิจัย การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสมือนเพื่อส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น กรณีศึกษา “ผ้าย้อมครามสกลนคร” พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 อยู่ในระดับมากที่สุด และ ผลการประเมินความพึงพอใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 อยู่ในระดับมาก (สุขสถิต มีสติย และ ปิยวรรณ โถปาสอน ,2563) งานวิจัยการสร้างสื่อเสมือนจริง VR (Virtual Reality) ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ พบว่า สื่อเสมือนจริง VR ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดีมาก และด้านสื่อการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินการรับรู้ก่อนรับชมสื่อและหลังรับชมสื่อของกลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้หลังเรียนร้อยละ 88.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเทียบกับก่อนเรียน มีผลการรับรู้ที่สูงขึ้น (สุรพล บุญลือ, ไพฑูรย์ กานต์และธัญลักษณ์ ภีร์ภาพ มามิ ,2559)

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างสื่อเทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงวิชา กฎหมายก่อสร้าง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

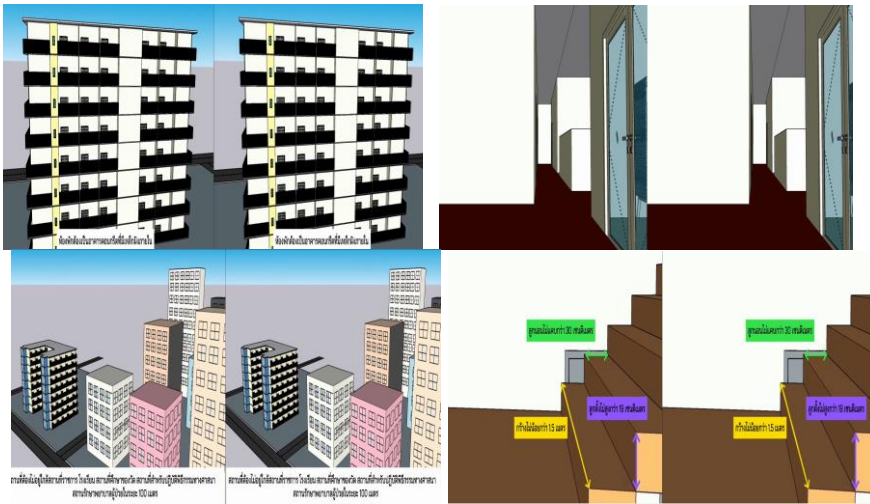
ในการดำเนินงานวิจัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง ในการสร้างสื่อประกอบการสอนมีรายละเอียด ตั้งแต่การจัดทำเอกสารประกอบการสอน จัดทำสื่อการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ ประสิทธิภาพสื่อ และความพึงพอใจของสื่อ

3.1 การจัดทำเอกสารประกอบการสอน

ในการจัดทำเอกสารประกอบการสอน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายวิชากฎหมายก่อสร้าง ในเรื่องกฎหมายควบคุมอาคาร โรงแรมประเภทที่ 3 จาก กฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 จากนั้น นำเอกสารประกอบการสอนดังกล่าว ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน โดยมีการเสนอแนะให้เพิ่มเนื้อหาและรูปภาพเพื่อให้เนื้อหามีความสมบูรณ์และครอบคลุมวัตถุประสงค์ และทำการปรับแก้เนื้อหาตามข้อเสนอแนะ ทำให้ได้เอกสารประกอบการสอนทั้งหมด 6 หน้า กำหนดเวลา สอน 60 นาที

3.2 การจัดทำสื่อประกอบการสอน

การทำสื่อประกอบการสอนโดยใช้เทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง โดยสื่อสามารถดูผ่านโทรศัพท์มือถือ สมาร์ทโฟน ได้ โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อจำนวน 3 ท่านโดยมีผลการประเมินสื่อประกอบการสอนจากเทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เท่ากับ 4.40 ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมาก และได้ข้อเสนอแนะปรับแก้ขนาดตัวหนังสือต้องมีความชัดเจน จากนั้นจึงทำการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อทำให้ได้สื่อประกอบการสอนดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 สื่อประกอบการสอน

3.3 การจัดเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์

การจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์นั้นคือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยต้องครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของเอกสารประกอบการสอนโดยการประเมินจะใช้วิธีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยผลทดสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามและวัตถุประสงค์ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ +1 ในทุกคำถาม ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.50 (สุรพงษ์ คงสัตย์ และธีรชาติ ธรรมวงศ์, 2551) แสดงว่าทุกคำถามในแบบทดสอบสามารถนำไปใช้ได้ ทำให้ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ จำนวน 25 ข้อ โดยมีการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยการพิจารณาความยากง่ายของแบบทดสอบแบบรายข้อ พบว่า ข้อสอบจำนวน 25 ข้อ มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป เป็นไปตามเกณฑ์ (ภัทรา นิคมานนท์, 2553) แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถนำไปใช้ในการทดสอบได้

3.4 แบ่งกลุ่มประชากร

กลุ่มประชากร คือนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตวิศวกรรมโยธา (5 ปี) สาขาครุศาสตรอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เชียงใหม่ ชั้นปีที่ 3 ที่ไม่เคยลงทะเบียนเรียนในรายวิชา TEDCV022 กฎหมายก่อสร้าง (Construction Law) จำนวน 19 คน โดยจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม จำนวน 9 คน ให้เรียนโดยใช้เฉพาะเอกสารประกอบการสอนเพียงอย่างเดียว และ กลุ่มทดลอง จำนวน 10 คน ให้เรียนโดยใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอนและสื่อประกอบการสอนเทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง ในการแบ่งกลุ่มมีการทดสอบก่อนเรียน เพื่อนำคะแนนมาแบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยพิจารณาจากค่าคะแนนการทดสอบก่อนเรียน โดยให้คะแนนเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่มใกล้เคียงกัน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลทดสอบประสิทธิภาพสื่อ

ผู้วิจัยนำสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง สอนนักศึกษากลุ่มทดลองจำนวน 10 คน แล้วให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกับก่อนเรียน แล้วนำคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมตามตอบระหว่างเรียน คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ โดยใช้สมการ E_1/E_2 ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อ

การทดสอบ	จำนวนคน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	ประสิทธิภาพ E_1/E_2
ระหว่างเรียน E_1	10	5	4.10	82.00	82.00/80.80
หลังเรียน E_2	10	25	20.20	80.80	

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง ผลปรากฏว่าได้ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน คิดเป็นร้อยละ 82.00 และคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.80 มีประสิทธิภาพ 82.00/80.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยกำหนดเป็นข้อสอบปรนัย 25 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คะแนนรวม 25 คะแนน ทำการวิเคราะห์โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย (μ) ร้อยละ (%) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 3

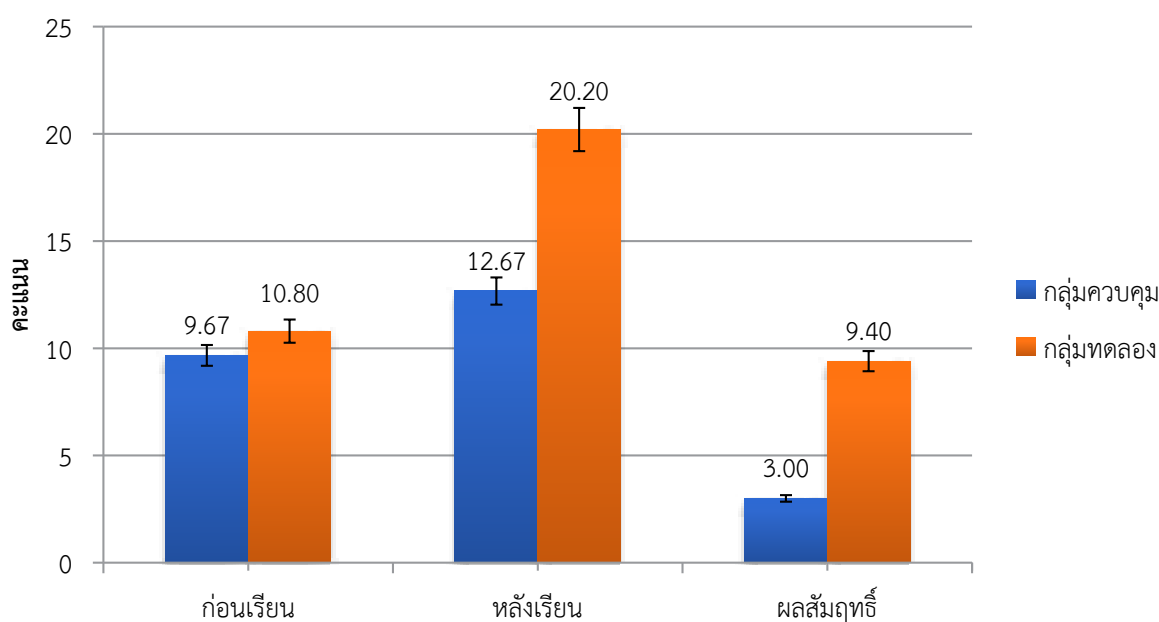
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายการ	กลุ่มประชากร		
	เอกสารประกอบการสอน (กลุ่มควบคุม 9 คน)	เอกสารประกอบการสอน และสื่อการเรียนรู้ (กลุ่มทดลอง 10 คน)	ผลต่าง
ผลการทดสอบก่อนเรียน			
เฉลี่ย (μ)	9.67	10.80	1.13
ร้อยละ (%)	38.00	43.20	5.20
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)	1.33	1.17	
ผลการทดสอบหลังเรียน			
เฉลี่ย (μ)	12.67	20.20	7.53
ร้อยละ (%)	50.67	80.80	30.13
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)	1.05	1.47	

รายการ	กลุ่มประชากร		
	เอกสารประกอบการสอน (กลุ่มควบคุม 9 คน)	เอกสารประกอบการสอน และสื่อการเรียนรู้ (กลุ่มทดลอง 10 คน)	ผลต่าง
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			
เฉลี่ย (μ)	3.00	9.40	6.40
ร้อยละ (%)	12.67	37.60	24.93

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 37.60 และกลุ่มควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 12.67 แสดงว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอยู่ที่ 6.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 24.93

ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม



4.3 ผลวิเคราะห์ความพึงพอใจ

การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง รายวิชากฎหมายก่อสร้าง เรื่อง กฎหมายควบคุมอาคาร โรงแรมประเภทที่ 3 โดยหาค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของแต่ละข้อในแต่ละด้าน แล้วนำมาแปลความหมายดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ความพึงพอใจ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความพึงพอใจ
	(μ)	(σ)	
1. ด้านเนื้อหาและเอกสารประกอบการสอน			
1.1 มีการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน	4.50	0.50	มาก
1.2 เนื้อหาครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 การเรียงลำดับเนื้อหามีความเหมาะสม	4.40	0.49	มาก
1.4 เนื้อหามีความถูกต้อง ทันสมัย	4.40	0.49	มาก
1.5 เนื้อหาใช้ภาษาที่ถูกต้อง	4.50	0.50	มาก
1.6 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4.40	0.49	มาก
1.7 เอกสารประกอบการสอนมีความเหมาะสม	4.50	0.50	มาก
เฉลี่ยด้านเนื้อหาและเอกสารประกอบการสอน	4.53	0.50	มากที่สุด
2. ด้านสื่อการสอน			
2.1 ความสวยงาม ภาพที่ใช้นำเสนอมีความสด	4.50	0.50	มาก
2.2 ขนาดและรูปแบบตัวอักษรมีความถูกต้อง	4.40	0.49	มาก
2.3 เสียงที่ใช้ในสื่อการสอนมีความชัดเจน	4.50	0.50	มาก
2.4 เวลาที่มีความเหมาะสม	4.70	0.46	มาก
2.5 ความเหมาะสมในการใช้เป็นสื่อการสอน	4.50	0.50	มาก
2.6 สื่อการสอนมีประโยชน์มากนักน้อยเพียงใด	4.80	0.40	มากที่สุด
2.7 สื่อการสอนให้ความสนุกสนาน เพลิดเพลิน	4.50	0.50	มาก
2.8 สื่อการสอนให้ประสบการณ์ที่เสมือนจริง	4.80	0.40	มาก
2.9 สื่อการสอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์	4.60	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยด้านสื่อการสอน	4.59	0.49	มากที่สุด
3. ด้านจัดการเรียนการสอน			
3.1 ใช้สื่อการสอนได้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.70	0.46	มาก
3.2 สร้างและเสริมแรงจูงใจแก่ผู้เรียน	4.60	0.49	มาก
3.3 ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน	4.50	0.50	มาก
3.4 ดำเนินการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.70	0.46	มากที่สุด
เฉลี่ยด้านจัดการเรียนการสอน	4.63	0.48	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.58	0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง Virtual Reality (VR) รายวิชากฎหมายก่อสร้าง เรื่อง กฎหมายควบคุมอาคาร โรงแรมประเภทที่ 3 ด้านเนื้อหาและเอกสารประกอบการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านสื่อการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านจัดการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในภาพรวมนักศึกษามีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการดำเนินการโครงการสร้างสื่อประกอบการสอนเทคโนโลยีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง สามารถสรุปอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1 ประสิทธิภาพสื่อ พบว่ามีประสิทธิภาพ 82.00/80.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิ่งกาญจน์ บุรณสินวัฒน์กุล (2562) ที่ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อการเรียนรู้อัตโนมัติเกมการศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถการเรียนรู้ในรายวิชา พัฒนาการเรียนภาษาไทยและความสุขในการเรียนรู้สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมิน คุณภาพสื่อการเรียนรู้อัตโนมัติเกมการศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถการเรียนรู้ในรายวิชาพัฒนาการแบบเรียนภาษาไทยและ ความสุขในการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2558) ผลการวิจัยพบว่า ผลการหาประสิทธิภาพ ของสื่อการเรียนรู้อัตโนมัติ เกม การศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถการเรียนรู้ในรายวิชาพัฒนาการแบบเรียนภาษาไทย และความสุข ในการเรียนรู้สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีที่นำไปทดลองนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.81/83.83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.2 จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้เรียนที่เรียนโดยใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอนและสื่อการเรียนรู้แบบ มีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง ผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบดั้งเดิมพบว่า กลุ่มทดลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 37.60 และกลุ่มควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 12.67 แสดงว่ากลุ่มทดลอง ที่เรียนโดยใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอนและสื่อการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่ากลุ่ม ควบคุม ที่เรียนโดยใช้เฉพาะเอกสารประกอบการสอนเพียงอย่างเดียว เพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 24.93 เป็น การเรียนที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิ่งกาญจน์ บุรณสินวัฒน์กุล (2562) ที่ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อการเรียนรู้อัตโนมัติเกมการศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถการเรียนรู้ในรายวิชาพัฒนาการเรียนภาษาไทยและความสุขในการเรียนรู้สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านการเรียนรู้ในรายวิชาพัฒนาการแบบเรียนภาษาไทยของนิสิตระดับ ปริญญาตรี ก่อนและหลังเรียนรู้ด้วย ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้อัตโนมัติเกมการศึกษาคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการเรียนรู้ ในรายวิชาพัฒนาการ แบบเรียนภาษาไทยของนิสิตระดับปริญญาตรี หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ทาง สถิติที่ระดับ .05

5.3 จากการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง พบว่า ความพึงพอใจใน ภาพรวมนักศึกษา มีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมาจากเทคโนโลยีเสมือนจริง ซึ่งเป็นเทคนิคการผสมผสานภาพสองมิติและ สามมิติเข้ากับภาพเคลื่อนไหวที่มีความสวยงามและสมจริงช่วยสร้างความน่าสนใจในการ เรียน ดูทันสมัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ เกரியงไกร พลະสนธิ (2559) พบว่าผู้เรียนที่ ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบคลาวด์เลิร์นนิ่งแบบผสมด้วยเทคโนโลยี ความเป็นจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ผลการวิจัยปรากฏว่านักศึกษามี ความพึงพอใจต่อการใช้งานคลาวด์เลิร์นนิ่งแบบผสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างสรรค์และ นวัตกรรมสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

6. เอกสารอ้างอิง

- กิ่งกาญจน์ บุรณสินวัฒน์กุล. (2562). *การพัฒนาสื่อการเรียนรู้อัตโนมัติเกมการศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถการเรียนรู้*. สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ 2566, จาก <http://thesis.swu.ac.th>
- กฎกระทรวงฉบับที่ 55. (2543). ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. เล่ม 117 ตอนที่ 75 (วันที่ 7 สิงหาคม 2543). หมวด 4
- กิตติธัช ศรีฟ้า. (2562). *สุนทรียใหม่ ในโลกความเป็นจริงเสมือน*. วารสารนิเทศสยามปริทัศน์ 18(2), 48-56.
- เกரியงไกร พลະสนธิ. (2559). *การพัฒนาแบบจำลองคลาวด์เลิร์นนิ่งแบบผสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการ สร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2558). *การกำหนดประสิทธิภาพของสื่อ*. สืบค้น 25 กุมภาพันธ์ 2566, จาก <https://www.kroobannok.com/8096>

นวรัตน์ รามสูต และบัลลังก์ โรหิตเสถียร.(2559). *ข่าวสำนักงานรัฐมนตรี 384/2559 การแถลงผลงาน* 2 ปีของ

รัฐบาล: สรุป/รายงาน. กระทรวงศึกษาธิการ,สำนักงานรัฐมนตรี

สืบค้นจาก

<https://www.moe.go.th/websm/2016/sep/384.html>

ภัทรา นิคมานนท์. (2553). *การประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ : ทิพย์วิสุทธิ์.

สุขสดีด มีสดีดย์, ปิยวรรณ โถปาสอน (2563). *แอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสมือนเพื่อ ส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น
กรณีศึกษา “ผ้าย้อมครามสกลนคร” สำหรับใช้งานบนสมาร์ตโฟน*. วารสารวิชาการ ,6(2),1-12.

สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชุมพร. (2558) *ประเภทของสื่อการสอน*. เข้าถึงได้จาก<http://www.ipecp.ac.th/ipecp/wbi/ed-techno/program/unit4/page2.html>.

สุรพงษ์ คงสัตย์ และธีรชาติ ธรรมวงศ์. (2551). *การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC)*. สืบค้นจาก

<https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329>

สุรพล บุญลือ, ไพฑูรย์ กานต์ธัญลักษณ์ (2559). *การสร้างสื่อเสมือนจริง VR (Virtual Reality) ห้อง* ปฏิบัติ ภาควิชา

เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์.สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ 2566, จาก

<https://www.researchgate.net>

อัจฉราพรรณ โพธิ์ทอง. (2561). *VR เทคโนโลยีโลกเสมือนจริง*. เข้าถึงได้จาก <https://il.mahidol.ac.th/th/i-Learning-Clinic/general-articles/vr-เทคโนโลยีโลกเสมือนจริง/>

การพัฒนาชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน ในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครูภาคเหนือ

อรทัย แก้วทิพย์^{1*}, ปาณิสรา หมอกใส¹, กฤษอมร คำภีระ¹ และปิยาภรณ์ บันโนญกิจ¹

¹สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*ora.kaw@rmutl.ac.th, 0843776789

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทาน และการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน สร้างสื่อประกอบการสอนการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน โดยมีการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนที่ใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอน และชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทาน และ ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น ปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ปีการศึกษา 2566 วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครูภาคเหนือ จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง จากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ เอกสารประกอบการสอน สื่อประกอบการสอน เกมประกอบการสอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มไม่อิสระ (t-test) ผลการวิจัยพบว่า ผลจากการใช้ชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 80.38/85.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ เป็นไปตามสมมติฐาน การวัดผลสัมฤทธิ์พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักศึกษามีความพึงพอใจมากที่สุดต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.82$) แสดงให้เห็นว่าชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ ชุดฝึกทักษะ, การอ่านค่าตัวต้านทาน, เกมเป็นฐาน

The Development of Game-Based Learning Resistance Reading Skills Training set in the course of direct current electrical circuits For First-Year Vocational Certificate Students in the field of electrical engineering Northern Mubankru Technological College

Oratai Kawtip^{1*}, Panisara Moksai¹, Kritamon khamprira¹ and Piyaporn Panyokit¹

¹Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Chang Phueak, Mueang, Chiang Mai, 50300

*ora.kaw@rmutl.ac.th, 0843776789

Abstract

The purposes of this study was to create teaching documentation for the course in DC circuits about reading resistor values and connecting electrical circuits of resistors, to create teaching materials reading resistor values and connecting electrical circuits of resistors, to assess the effectiveness of skills training set, to compare academic achievement between students using teaching documentation and skills training set, and a questionnaire designed for assessing the satisfaction levels of student towards the skills training set reading resistance using the game-based. The sample groups used in this research include: first-year students Vocational Certificate, Electrical Power Program the academic year of 2023, Northern Mubankru Technological College, totaling twenty individual. Using simple random sampling method Purposive Sampling. Research Instrument include: teaching documentation, teaching materials, instructional accompanying game, achievement Test, and satisfaction questionnaire. Statistics used in data analysis include: Percentage, Average, Standard deviation, determination of efficiency (E1/E2), and Difference testing the averages of two-sample groups are not independent (t-test). The research findings indicated that the mean effectiveness of competency development was E1/E2 = 80.38/85.00, surpassing the targeted score of 80/80. This achievement measurement found that students' academic achievement scores after studying were higher than those before studying statistically at a .05 level of significance. and students were most satisfied with the game-based resistance value reading skills training kit in the DC circuits It is at the highest level (mean = 4.82), indicating that the game-based resistance value reading skills training set is effective.

Keywords: Skills Training set, Reading the resistor value, Game-Based Learning

1. บทนำ

การใช้ชีวิตในปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามามีบทบาทกับการดำเนินชีวิตประจำวัน อุปกรณ์ที่ใช้อำนวยความสะดวกล้วนแต่ใช้เทคโนโลยีที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุม และเป็นส่วนประกอบแทบทั้งสิ้น เช่น โทรศัพท์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุสื่อสาร คอมพิวเตอร์ ระบบเซ็นเซอร์ เพื่อควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ จึงถือได้ว่างานอิเล็กทรอนิกส์เป็นงานที่มีความสำคัญ และมีความต้องการอย่างมากในวิชาชีพปัจจุบันสาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นสาขาที่ได้เรียนรู้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ตัวต้านทานจึงเป็นส่วนประกอบหลักของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตัวต้านทานทำจากวัสดุที่ต้านทานการไหลของไฟฟ้าขณะไหลผ่าน ด้วยวิธีนี้จะสามารถควบคุมการไหลของกระแสทั่วทั้งวงจรได้ เมื่อกระแสไหลลดลงโดยตัวต้านทาน พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจะถูกแปลงเป็นความร้อนในตัว ตัวต้านทานเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานยังอาจต้องพิจารณาในการใช้งานบางอย่าง (ยีน ภูววรรณ, 2553) ตัวต้านทานในทางปฏิบัติยังต้องมีการระบุระดับพลังงานสูงสุดที่ทนได้ซึ่งจะต้องเกินกว่าการกระจายความร้อนของตัวต้านทานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในวงจรเฉพาะ สิ่งนี้เป็นข้อพิจารณาหลักในการใช้งานกับอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ตัวต้านทานที่มีอัตราค่าที่สูงกว่าก็จะมีขนาดใหญ่กว่าและอาจต้องใช้แผ่นระบายความร้อนในวงจรไฟฟ้าแรงดันสูงอาจต้องให้ความสนใจกับอัตราแรงดันการทำงานสูงสุดของตัวต้านทาน ถ้าไม่ได้พิจารณาถึงแรงดันไฟฟ้าในการทำงานขั้นต่ำสุดสำหรับตัวต้านทาน ความล้มเหลวอาจก่อให้เกิดการไหม้ของตัวต้านทาน เมื่อกระแสไหลผ่านตัวมัน สรุปลคือตัวต้านทานเป็นส่วนประกอบทางไฟฟ้าที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานของวงจรไฟฟ้า เป็นองค์ประกอบแบบพาสซีฟที่ใช้ในการควบคุมปริมาณกระแสที่ไหลผ่านวงจร ซึ่งจำกัดปริมาณการไหลของอิเล็กตรอน ตัวต้านทานยังมีความสำคัญอย่างมากในเรื่องของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ในการอ่านค่าตัวต้านทานในปัจจุบันยังคงใช้การดูด้วยตาเปล่าแปลค่าจากแถบสีบนตัวต้านทาน หรือใช้เครื่องมือพื้นฐานในการวัดค่า ซึ่งต้องใช้เวลาในการอ่านค่าตัวต้านทาน เพื่อจดจำถึงความหมายและสีต่างๆ บนตัวต้านทาน เพื่ออ่านค่าที่ได้นำไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม (ไวพจน์ ศรีธัญ, 2565)

สมาคมเครือข่ายการพัฒนาวิชาชีพอาจารย์และองค์กรระดับอุดมศึกษาแห่งประเทศไทย (สมาคม ควอท), ออนไลน์ ได้กล่าวว่าการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based Learning) เป็นเทคนิคการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจการเรียนรู้ อยากรมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ภายใต้บรรยากาศการทำนายและสนุกสนาน โดยเกมที่นำมาเป็นสื่อการเรียนรู้จะมีความเกี่ยวข้องหรือมีการสอดแทรกเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรวมอยู่ด้วย และมีลักษณะเป็นดิจิทัลเต็มเดียว (Digital Game) เช่น Kahoot, Quizzes, Adobe Flash เป็นต้น และผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้โดยง่ายจากคอมพิวเตอร์หรือมือถือ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ของ Mellander (1993) ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนรู้ได้นำเสนอไว้ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ต้องมาจากการที่ผู้เรียนได้ทดลองฝึกฝน และเรียนรู้ด้วยตัวเองสื่อการเรียนรู้ที่ดีจะต้องมีจุดดึงดูดที่จะทำให้ผู้เรียนสนใจได้และเน้นการให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตัวเองเป็นหลัก จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และจดจำได้ดีกว่า ซึ่งผู้วิจัยได้นำเกมบนเว็บไซต์ Blooket และ เกมบนเว็บไซต์ Canva เข้ามาช่วยในเรื่องการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐาน เนื่องจากรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เป็นวิชาที่ต้องอ่านค่าการอ่านค่าตัวต้านทานให้ถูกต้องและแม่นยำ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีเทคนิคการสอนการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ สามารถแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการเรียนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งผู้เรียนจะต้องรู้ค่าแถบสีของตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทานที่ผู้เรียนมักจะได้ใช้งานในการต่อวงจรไฟฟ้า ในการหาค่าตัวต้านทานแต่ละแถบสีจะต้องใช้เวลาอย่างจำกัดในการอ่านค่าตัวต้านทานให้ถูกต้อง การใช้งานของตัวต้านทานจึงเป็นอุปกรณ์พื้นฐานในการต่อวงจรและนำไปใช้งานในรายวิชาอื่นอีกด้วย และอยากให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ภายใต้บรรยากาศการทำนายและสนุกสนาน โดยมีเกมที่นำมาเป็นสื่อการเรียนรู้จะมีความเกี่ยวข้องหรือมีการสอดแทรกเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรวมอยู่ด้วย นอกจากนี้การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานยังกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ศักยภาพและบูรณาการความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของเกม รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค แสวงหาวิธีการจบเกมหรือได้รับรางวัลจากเกมตามเป้าหมายของเกมต่างๆ ให้ได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาชุดฝึกทักษะการอ่านค่าความต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน เพื่อให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปปรับใช้ในการเรียนรู้ในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และยังสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน

- 1.2 เพื่อสร้างสื่อประกอบการสอนการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน
- 1.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน
- 1.4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนโดยใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอน และชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน
- 1.5 ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน เป็นส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรตัวต้านทานใช้ในวงจรไฟฟ้าเพื่อปรับกระแสและแรงดัน ในลักษณะเดียวกับการใช้ก๊อกน้ำเพื่อปรับการไหลของน้ำประปา สามารถใช้ไม่เพียงเพื่อควบคุมการไหลของกระแส แต่ยังเพื่อกระจายแรงดันในวงจร วงจรอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องมีตัวต้านทานเพื่อให้ทำงานภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ตัวต้านทานทำจากวัสดุที่ต้านทานการไหลของไฟฟ้าขณะไหลผ่าน ด้วยวิธีนี้จะสามารถควบคุมการไหลของกระแสทั่วทั้งวงจรได้ เมื่อกระแสไหลลดลงโดยตัวต้านทาน พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจะถูกแปลงเป็นความร้อน

2. การต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน

การต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน สามารถต่อได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ แบบอนุกรม โดยเชื่อมปลายความต้านทานของตัวหนึ่งกับปลายความต้านทานของตัวถัดไปเรื่อยๆ ไปเป็นลำดับ แบบขนาน ให้ปลายหนึ่งของความต้านทานรวมกันที่จุดเดียว ส่วนอีกปลายของความต้านทานเหล่านั้นรวมกันที่อีกจุดหนึ่งและแบบผสม โดยนำความต้านทานหลายๆ ตัวมาต่อรวมกัน ทั้งแบบขนานและแบบอนุกรมภายในวงจรเดียวกัน การต่อความต้านทานในแต่ละแบบ จะมีความต้านทานรวมแตกต่างกัน

3. การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based Learning) เป็นเทคนิคการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจการเรียนรู้ อยากมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ภายใต้บรรยากาศการทำและสนุกสนาน โดยเกมที่นำมาเป็นสื่อการเรียนรู้นั้นจะมีความเกี่ยวข้องหรือมีการสอดแทรกเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อยู่ด้วย และมีลักษณะเป็นดิจิทัลเต็มเดียว (Digital Game) เช่น Kahoot, Quizzes, Adobe Flash เป็นต้น และผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้โดยง่ายจากคอมพิวเตอร์หรือมือถือ นอกจากนี้การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานยังกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ศักยภาพและบูรณาการความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของเกม กระตุ้นให้ผู้เรียนประสานความร่วมมือกับผู้อื่นในกรณีที่ต้องพึ่งพาอาศัยหรือขอความช่วยเหลือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค แสวงหาวิธีการจบเกมหรือได้รับรางวัลจากเกมตามเป้าหมายของเกมนั้นๆ ให้ได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการอ่านค่าความต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน ผู้วิจัยได้จัดทำชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนดังรายละเอียดดังต่อไปนี้ 3.1 การสร้างเอกสารประกอบการสอนในการสร้างเอกสารประกอบการสอนทางผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมาโดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมเนื้อหา รายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง 20105-2002 (1-3-2) อยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 (ปรับปรุง พ.ศ.2565) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน

3.1.2 สร้างโครงร่างเอกสารประกอบการสอน

3.1.3 ตรวจสอบโครงร่างเอกสารประกอบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน

3.1.4 ปรับปรุงแก้ไขเอกสารตามผู้เชี่ยวชาญเสนอแนวทางการแก้ไข

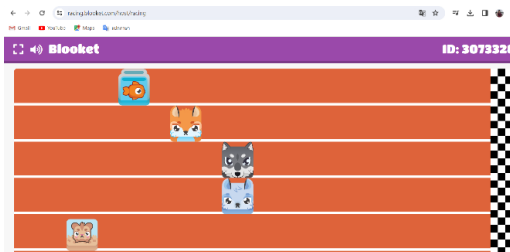
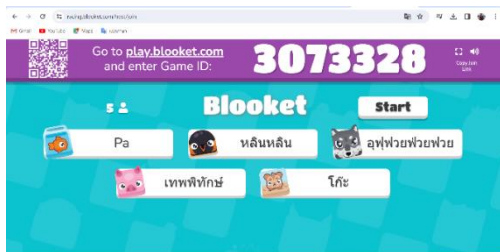
3.1.5 ได้เอกสารประกอบการสอน

3.2 สร้างสื่อประกอบการสอน ในการสร้างสื่อประกอบการสอนทางผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมาโดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.2.1 ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างสื่อประกอบการสอน

ดังนี้

- 3.2.2 สร้างสื่อประกอบการสอนจากเอกสารประกอบการสอน
- 3.2.3 ตรวจสอบสื่อประกอบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน
- 3.2.4 ปรับปรุงแก้ไขสื่อประกอบการสอน ตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนวทางการแก้ไข
- 3.2.5 ได้สื่อประกอบการสอน
- 3.3 สร้างเกมประกอบการสอน ในการสร้างเกมประกอบการสอนทางผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมาโดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน
 - 3.3.1 ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมเนื้อหาเรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน
 - 3.3.2 ศึกษาเว็บไซต์สร้างเกมสำเร็จรูป (Digital Game) และเลือกใช้เว็บไซต์เหมาะสม
 - 3.3.3 จัดทำเกมที่ใช้ประกอบการสอน ให้สอดคล้องกับเอกสารประกอบการสอน
 - 3.3.4 ตรวจสอบโครงร่างเกมที่ใช้ประกอบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน
 - 3.3.5 ปรับปรุงแก้ไขโครงร่างเกมที่ใช้ประกอบการสอนตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนวทางการแก้ไข
 - 3.3.6 ได้เกมที่ใช้ประกอบการสอน ดังแสดงรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 เกมบนเว็บไซต์ Blooket



รูปที่ 2 เกมบนเว็บไซต์ Canva

- 3.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทางผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมาโดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้
 - 3.4.1 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยเป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ (ข้อละ 1 คะแนน)
 - 3.4.2 สร้างแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 3.4.3 ประเมินแบบทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน
 - 3.4.4 ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่า 0.50 ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน แสดงความเห็นด้วยในความถูกต้อง และความเหมาะสมของเนื้อหา

3.4.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ ตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนวทางการแก้ไข

3.4.6 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ (ข้อละ 1 คะแนน)

3.5 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.5.1 ศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.5.2 กำหนดประเด็นการประเมินความพึงพอใจ โดยมีรายการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเทคนิคและวิธีการสอน 2) ด้านผู้เรียน 3) ภาพรวมความพึงพอใจ

3.5.3 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเทคนิคและวิธีการสอน 5 ข้อ ด้านผู้เรียน 5 ข้อ และภาพรวมความพึงพอใจ 2 ข้อ โดยสร้างเป็นแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ Likert

5.4 ประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน

5.5 ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่า 0.50 ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน แสดงความเห็นด้วยในความถูกต้อง และความเหมาะสมของเนื้อหา

5.6 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามความพึงพอใจ ตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนวทางการแก้ไข

5.7 ได้แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน ดังแสดงรูปที่ 3

รูปที่ 3 เอกสารประกอบการสอน

4.2. ผลการสร้างสื่อประกอบการสอนการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน ดังแสดงรูปที่ 4



ตารางรหัสสี ตัวต้านทาน ชนิดรหัส 4 แถบสี

สี	ตัวเลขที่ 1	ตัวเลขที่ 2	ตัวคูณ	ค่าความผิดพลาด
ดำ	0	0	$10^0 = 1$	-
น้ำตาล	1	1	$10^1 = 10$	-
แดง	2	2	$10^2 = 100$	-
ส้ม	3	3	$10^3 = 1,000$	-
เหลือง	4	4	$10^4 = 10,000$	-
เขียว	5	5	$10^5 = 100,000$	-
น้ำเงิน	6	6	$10^6 = 1,000,000$	-
ม่วง	7	7	-	-
เทา	8	8	-	-
ขาว	9	9	-	-
ทอง	-	-	$10^1 \pm 0.1$	$\pm 5\%$
เงิน	-	-	$10^2 \pm 0.01$	$\pm 10\%$

รูปที่ 4 สื่อประกอบการสอน

4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน ในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน มีดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

รายการ	คะแนนทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
1. ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)	20	16.08	80.38
2. ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)	20	17.00	85.00

จากตารางที่ 1 พบว่าชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E₁/E₂) เท่ากับ 80.38/85.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนโดยใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอน และชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน ซึ่งแสดงผลตารางที่ 2 มีดังนี้

ตารางที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนโดยใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอน และชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน

คะแนนทดสอบ	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D	t	sig
ก่อนเรียน	20	20	13.98	2.92	3.32	.00*
หลังเรียน	20	20	16.50	1.57		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.57 และมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 13.98 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.92

5. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน

รายการ	\bar{X}	S.D	ระดับ ความพึงพอใจ
1. ด้านเทคนิคและวิธีการสอน			
1.1 สื่อที่ใช้ประกอบการสอนชัดเจน เข้าใจง่าย	4.90	0.30	มากที่สุด
1.2 การสอนมีความน่าสนใจ ไม่น่าเบื่อ	4.85	0.36	มากที่สุด
1.3 เกมมีความน่าสนใจ	4.95	0.22	มากที่สุด
1.4 เกมที่ใช้ทำให้เข้าใจบทเรียนมากขึ้น	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 การวัดและประเมินผลการเรียนมีความเหมาะสมและ เที่ยงตรง	4.90	0.30	มากที่สุด
ภาพรวมด้านเทคนิคและวิธีการสอน	4.90	0.20	มากที่สุด
2. ด้านผู้เรียน			
2.1 นักศึกษาสามารถอ่านค่าตัวต้านทานได้	4.85	0.36	มากที่สุด
2.2 นักศึกษามีความเข้าใจในเรื่องการการต่อวงจรไฟฟ้าของ ตัวต้านทาน	4.75	0.44	มากที่สุด
2.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	4.85	0.36	มากที่สุด
2.4 ผู้เรียนมีความสุขและสนุกสนานในการเรียน	4.90	0.30	มากที่สุด
2.5 ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่นๆ	4.85	0.36	มากที่สุด
ภาพรวมด้านผู้เรียน	4.92	0.17	มากที่สุด
3. ด้านความพึงพอใจต่อผู้สอน			
3.1 ความพึงพอใจในภาพรวมของตัวผู้สอน	4.90	0.35	มากที่สุด
3.2 ความพึงพอใจในภาพรวมต่อเทคนิคและวิธีการสอน	4.90	0.50	มากที่สุด
ภาพรวมด้านความพึงพอใจต่อผู้สอน	4.84	0.31	มากที่สุด
เฉลี่ยโดยรวม	4.88	0.16	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่านักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครูภาคเหนือ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.88$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.16

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

1. ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเอกสารประกอบการสอนเรื่อง การอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน รายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการอ่านค่าตัวต้านทานชนิด 4 แถบสี 5 แถบสีและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนาน ผสม โดยกระบวนการสร้างเอกสารประกอบการสอนมี 5 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมเนื้อหา 2) สร้างโครงร่างเอกสารประกอบการสอน 3) ตรวจสอบโครงร่างเอกสารประกอบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน 4) ปรับปรุงแก้ไขเอกสารตามที่คุณเชี่ยวชาญเสนอแนวทางการแก้ไข และ 5) ได้เอกสารประกอบการสอน

2. ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างสื่อประกอบการสอน เรื่อง การอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน รายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการอ่านค่าตัวต้านทานชนิด 4 แถบสี 5 แถบสีและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนาน ผสม ให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ในเอกสารประกอบการสอน และได้สื่อประกอบการสอน เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน

3. ชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.38/85.00 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้
4. นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
5. นักศึกษามีความพึงพอใจต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.88) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.16

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) การสร้างเอกสารและสื่อประกอบการสอน เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน รายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ได้ดำเนินการตามหลักการวิจัยและพัฒนาโดยมีการวางแผนในการสร้างอย่างมีระบบ มีการปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องต่างๆ ตามคำแนะนำที่ได้จากอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ได้เอกสารและสื่อประกอบการสอน โดยใช้เนื้อหาจากรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง 20105-2002 อยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 (ปรับปรุง พ.ศ.2565) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทานโดยจัดทำเอกสารประกอบการสอนและสื่อประกอบการสอนให้มีความน่าสนใจ ทันสมัย สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนที่จะสอน มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม รูปแบบตัวอักษรในสื่อการเรียนการสอนอ่านเข้าใจง่าย และให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด 2) สร้างชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน มีพบว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เรื่องการอ่านค่าตัวต้านทานและการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและการเล่นเกมระหว่างเรียน (E_1) เท่ากับ 80.38 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (E_2) เท่ากับ 85.00 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทำให้การเรียนการสอนน่าสนใจมากขึ้น มีเกมใช้ประกอบการสอนมีภาพที่เป็นสิ่งกระตุ้นความสนใจของนักศึกษาให้มีความสนใจต่อการเรียน ช่วยให้การจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจมากขึ้นตลอดจนสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ให้นักศึกษามีความสนุกสนาน และได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรบรม กุลลาวัฒน์ และสิรินธร สิ้นจินดาวงศ์ ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานด้วยเกมกระดาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ที่ส่งเสริมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ประสิทธิภาพของเกมกระดาน “Physics around the world” เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) มีค่า 80.95 และการประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_2) มีค่า 86 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนโดยใช้ทั้งเอกสารประกอบการสอนและชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง พบว่านักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สำนวน คุณพล (2566) ที่ทำการวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะเกมที่ผู้วิจัยใช้ในการจัดการเรียนการสอน เป็นเกมมีรูปแบบเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน คือไม่มีความซับซ้อนมากนัก และเป็นเกมที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น Blooket, Canva เป็นต้น ที่สำคัญข้อความในเกมนั้นยังมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทั้งนี้ เกมยังทำให้นักเรียนเรียนอย่างมีความสุขและเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ จากเหตุผลข้างต้นจึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดฝึกทักษะการอ่านค่าตัวต้านทานโดยใช้เกมเป็นฐานในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง อยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของปาริชาติ ชื่นเจริญ (2564) ที่ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมเป็นฐาน ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมเป็นฐาน ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ ด้านระบบนิเวศภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครูภาคเหนือ อาจารย์สาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครูภาคเหนือ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และข้อมูลในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

ชัยยงค์ พรมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2556). หน้า 6-20.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 10), กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปาริชาติ ชื่นเจริญ. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมเป็นฐานที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. สืบค้นจาก <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream>.

พุดพิงศ์ ไชยราช. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอ็มพันธ์.

ยีน ภู่วรรณ. (2553). ตัวต้านทาน. สืบค้นจาก <https://web.ku.ac.th/schoolnet>.

ไวพจน์ ศรีธัญ. (2565). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิงอักษร.

ศรบรม กุลลาวัฒน์ และสิรินธร สิ้นจินดาวงศ์. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานด้วยเกมกระดาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ที่ส่งเสริมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ. 24(2), 99-114.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2554). การพัฒนาโปรแกรมเพื่อพัฒนาอ่านค่าแถบสีตัวต้านทานด้วยการประมวลผลภาพ. สืบค้นจาก <https://li01.tci-haijo.org/index.php/rmutsb-sci>.

สมาคมเครือข่ายการพัฒนาวิชาชีพอาจารย์และองค์กรระดับอุดมศึกษาแห่งประเทศไทย (สมาคม ควอท). (2567). การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน. สืบค้นจาก <https://active-learning.thailandpod.org/learning-activities/game-based-learning>.

สำนวน คุณพล. (2564). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. สืบค้นจาก <https://so04.tci-thaijo.org/index.php>.

อนุสร หงศ์ขุนทด. (2566). การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน. สืบค้นจาก <https://active-learning.Thailandpod.org/learning-activities>.

Mellander, K. 1993. The power of learning. United States of America: RR Donnelley & Sons Company.

ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษา ที่เป็นศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ

ภัทรินญา แสนบุญยืน^{1*}, อุดร ปงกางค์² และ พรนิภา จันทรน้อย³

^{1,3} คณะศึกษาศาสตร์/สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น
ที่อยู่ เลขที่ 120 ถนน มหิดล ตำบล หายยา อำเภอ เมือง จังหวัด เชียงใหม่ 50100

² โรงเรียนฝางขุนพลัมภ์ ที่อยู่ เลขที่ 205 หมู่ 7 ตำบล สันทราย อำเภอ ฝาง จังหวัด เชียงใหม่ 50110

*May.pattarinya@gmail.com, 0957942242

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC 2) เพื่อศึกษาปัญหาหรือข้อเสนอแนะในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC และ 3) เพื่อเปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามวุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการสอนและกลุ่มสาระการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือ ครูที่ปฏิบัติหน้าที่ในการสอน จำนวน 87 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - way ANOVA) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสอบถาม

ผลการศึกษาพบว่า 1) ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.17$) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงเป็นลำดับแรก คือ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ($\bar{x} = 4.35$) รองลงมาคือ ด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ ($\bar{x} = 4.27$) ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล ($\bar{x} = 4.26$) ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ ($\bar{x} = 4.20$) ด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน ($\bar{x} = 4.04$) และ ด้านการทดสอบ ($\bar{x} = 3.57$) 2) ปัญหาหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาตนเอง คือ ครูต้องการพัฒนาตนเองโดยใช้การเข้าร่วมกิจกรรมการอบรม หรือการทดสอบ เช่น เทคโนโลยีสื่อดิจิทัล ทักษะในศตวรรษที่ 21 ทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษ และการทดสอบภาษาอังกฤษ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพัฒนาตนเอง เกี่ยวข้องกับเรื่องปัจจัยที่ส่งเสริมการพัฒนาตนเองและปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาตนเอง 3) ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามวุฒิการศึกษาและประสบการณ์สอนโดยรวม และรายด้านไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และ จำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้โดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน ยกเว้น ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ และด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน แตกต่างกันในที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

คำสำคัญ : การอบรม, การทดสอบ, ทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล, ทักษะภาษาอังกฤษ

Self-development Needs of Teachers in Educational Institutions with the Human Capital Excellence Center (HCEC)

Pattarinya Saenboonyuen^{1*}, Udon Pongkawong², and Pornnipa Channo³

^{1,3}Faculty of Education/ Educational Administration, The Far Eastern University
120 Mahidol Road, Haiya, Mueang, Chiang Mai, 50100

²Fangchanupatham School 205 Moo 7, Sansai, Fang, Chiang Mai, 50110

May.pattarinya@gmail.com, 0957942242

Abstract

The study aims to 1) examine the self-development needs of teachers in the school, a Human Capital Excellence Center (HCEC) 2) survey problems or suggestions about the self-development needs of teachers in the school, a Human Capital Excellence Center (HCEC) and 3) It also seeks to compare the self-development needs of the teachers based on their educational background, teaching experience, and department of teachers in the school, a Human Capital Excellence Center (HCEC). The population was 87 teachers. Data were collected using questionnaires. Statistics used in data analysis consisted of frequency, percentage, mean (\bar{x}), standard deviation (σ), t-test, one-way ANOVA, and qualitative data analysis from the questionnaires.

The findings are as follows: 1) The overall self-development needs of teachers in the schools with HCEC are high ($\bar{x} = 4.17$). The highest average was found in the area of training in other essential 21st-century skills ($\bar{x} = 4.35$), followed by the competency-based curriculum ($\bar{x} = 4.27$), digital literacy ($\bar{x} = 4.26$), English literacy ($\bar{x} = 4.20$), coding ($\bar{x} = 4.04$), and testing ($\bar{x} = 3.57$). 2) Problems and suggestions regarding self-development needs indicated that teachers would like to improve themselves by participating in training courses or testing, such as digital technology media, 21st-century skills, English communication skills, and English language assessments. However, self-development was influenced by factors supporting development and obstacles hindering it. 3) The self-development needs of teachers in the schools with HCEC, when categorized by educational qualifications and teaching experiences, did not show statistically significant differences at the .05 level, both overall and in specific areas. When categorized by subject areas, there were no significant differences overall and, in most areas, except for English literacy and coding, which showed statistically significant differences at the .05 level.

Keywords: Training, Testing, Digital Literacy, English Literacy

1. บทนำ

การพัฒนาครุมีความจำเป็นและมีความสำคัญในฐานะของผู้สร้างการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงและพัฒนาคุณภาพผู้เรียน ในสภาวะการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีสารสนเทศ และข่าวสารทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ครูจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างสม่ำเสมอด้วยวิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม เพื่อให้เป็นครูที่มีคุณภาพและมาตรฐาน เหมาะสมกับการเป็นวิชาชีพชั้นสูง ตลอดจนมีคุณธรรม จริยธรรม และจรรยาบรรณตามมาตรฐานวิชาชีพ (ธงชัย คำปวง, 2561) และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 หมวด 9 เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา มาตรา ๖๕ ให้มีการพัฒนาบุคลากรทั้งด้านผู้ผลิตและผู้ใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้มีความรู้ ความสามารถ และทักษะในการผลิตรวมทั้งการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมมีคุณภาพ และประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545; 2553)

ศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ (Human Capital Excellence Center : HCEC) เป็นศูนย์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จัดตั้งขึ้นเพื่อเป็นศูนย์กลางในการฝึกอบรมพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา แบบออนไลน์และแบบห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual Classroom) โดยมีมุ่งหวังให้เป็นศูนย์พัฒนาศักยภาพ และเพิ่มขีดความสามารถในทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ในเขตพื้นที่การศึกษาที่สอนและจัดอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเป็นศูนย์กลางพัฒนาครู และบุคลากรทางการศึกษาในจังหวัดตามสมรรถนะวิชาชีพและสมรรถนะในศตวรรษที่ 21 เป็นศูนย์กลางการบริหารจัดการและดำเนินการในการพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาในแต่ละจังหวัด ส่งเสริม สนับสนุนชุมชนแห่งการเรียนรู้ในวิชาชีพของครูและบุคลากรทางการศึกษา (สำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563)

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ ได้กำหนดแนวทางการพัฒนาให้มีการส่งเสริมสนับสนุนศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ เป็นศูนย์กลางในการพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาโดยใช้พื้นที่เป็นฐาน (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่, 2566)

โรงเรียนฝางชนูปถัมภ์เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ โรงเรียนมีวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาว่าภายในปี 2569 โรงเรียนฝางชนูปถัมภ์เป็นโรงเรียนคุณภาพ สร้างสรรค์นวัตกรรมการศึกษาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ สมรรถนะ ทักษะที่จำเป็น และเป็นพลโลก มีพันธกิจ ในข้อที่ 3 ในการสร้างเสริมศักยภาพของครูผู้สอนให้มีทักษะการจัดการจัดการการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการวัดผลประเมินผล ส่งเสริมและพัฒนาครูให้มีความก้าวหน้าทางวิชาชีพและมีกลยุทธ์ในข้อที่ 2 ในเรื่องพัฒนาศักยภาพครูและบุคลากรสู่มาตรฐานวิชาชีพ จากการวิเคราะห์ ผลการประเมินการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา ปีการศึกษา 2565 มีแนวทางในการพัฒนาสถานศึกษาในอนาคต ที่เกี่ยวกับการพัฒนาครู คือการพัฒนาโดยสนับสนุนให้บุคลากรเข้ารับ การอบรม แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอก แลกเปลี่ยน แนวคิดและมุมมอง ให้สอดคล้องกับการพัฒนาของสังคมโลกเศรษฐกิจ โดยครูต้องขยายผลการนำไปใช้ให้เกิดคุณภาพกับผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง และสถานศึกษามีการติดตามผลการพัฒนาตนเองของครู โดยกลุ่มสาระการเรียนรู้ และกลุ่มบริหารตามลำดับ อีกทั้ง โรงเรียนยังได้รับการแต่งตั้งจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นศูนย์ HCEC ที่จะเป็นศูนย์กลางในการพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาใช้ในการสอบวัดความรู้ภาษาอังกฤษและภาษาจีน ตลอดจนใช้ในการอบรมพัฒนาครูและนักเรียนในเขตอำเภอฝาง อ.แม่อาย อ.ไชยปราการ อ.เวียงดาว และ อ.เวียงแหง (โรงเรียนฝางชนูปถัมภ์, 2565)

จากแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ และวิสัยทัศน์ พันธกิจ กลยุทธ์ แนวทางในการพัฒนาสถานศึกษาในอนาคต ของโรงเรียนฝางชนูปถัมภ์ ดังกล่าวข้างต้น เห็นได้ว่าการที่โรงเรียนจะไปสู่จุดมุ่งหมายได้ จำเป็นต้องพัฒนาครูและบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถที่จะเป็นพลังขับเคลื่อน ประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้ดูแลศูนย์ HCEC และคณะครูโรงเรียนฝางชนูปถัมภ์ ในการใช้บริการศูนย์ HCEC ที่ผ่านมา ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร มีการใช้บริการเฉพาะตอนสอบวัดความรู้ภาษาอังกฤษ และให้บริการหากมีความต้องการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งยังไม่ครอบคลุมเป้าหมายในการดำเนินงานของศูนย์ HCEC และการจัดการพัฒนาแต่ละครั้งไม่ได้สำรวจความต้องการพัฒนาบุคลากรของข้าราชการครูในโรงเรียนให้มีการพัฒนาที่เหมาะสม และสอดคล้องกับสภาพปัญหาความต้องการของครู จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจความต้องการพัฒนาของบุคลากรที่เป็นศูนย์ HCEC เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อครู สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อโรงเรียน และนักเรียน ผู้วิจัยในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของโรงเรียน จึงตระหนักถึงปัญหาการดำเนินงานพัฒนาครู จึงสนใจที่จะศึกษาความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC เพื่อเป็นฐานข้อมูลความต้องการพัฒนาตนเองของครู และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและวางแผนในการพัฒนาครูและบุคลากรของโรงเรียนฝางชนูปถัมภ์อย่างเป็นระบบ

วัตถุประสงค์การศึกษา

- 1) เพื่อศึกษาความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC
- 2) เพื่อศึกษาปัญหาหรือข้อเสนอแนะในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC

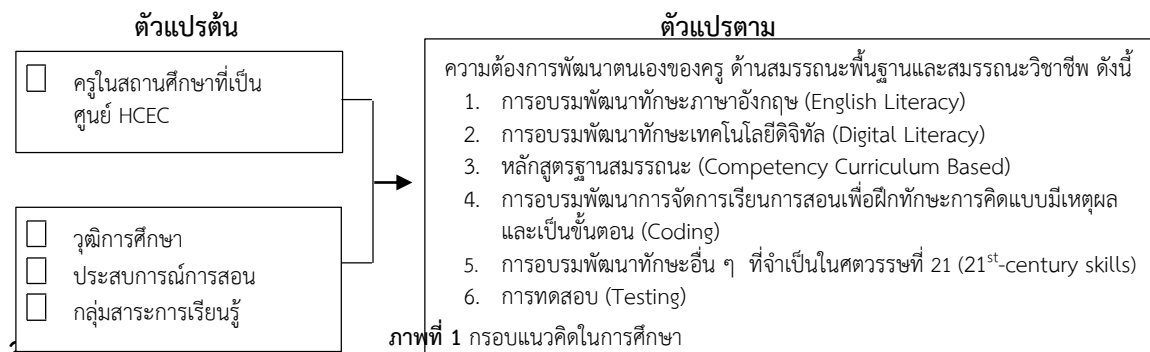
3) เพื่อเปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามวุฒิ การศึกษา ประสบการณ์ในการสอนและกลุ่มสาระการเรียนรู้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความต้องการพัฒนาตนเอง ความต้องการของมนุษย์ไม่มีที่สิ้นสุด มนุษย์จะมีความต้องการในด้านพื้นฐานก่อน ซึ่งเป็นปัจจัยในการดำรงชีพ และเมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการในด้านใดเป็นที่พอใจแล้วจะมีความต้องการด้านอื่น ๆ ที่สูงขึ้น (Simply Psychology, 2024) ความต้องการข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา ประกอบด้วย การศึกษาต่อ การศึกษาดูงาน การฝึกอบรม และวิทยฐานะของวิชาชีพครู (ชติกาญจน์ สลาหลง, 2563)

2.2 ศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ (Human Capital Excellence Center : HCEC) หมายถึง ศูนย์กลางพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาประจำจังหวัด ตามสมรรถนะวิชาชีพและสมรรถนะในศตวรรษที่ 21 ของกระทรวงศึกษาธิการตาม แผนพัฒนารายบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ (Excellence Individual Development Plan : EIDP) โดยมีกระบวนการพัฒนาทั้งในรูปแบบเผชิญหน้า (Face to Face) และแบบออนไลน์ ผ่าน แพลตฟอร์มด้านการศึกษาเพื่อความเป็นเลิศ (Digital Education Excellence Plan : DEEP) และเพื่อให้ครูและ บุคลากรทางการศึกษาตามสมรรถนะในศตวรรษที่ 21 จะทำหน้าที่เป็นศูนย์ ในการอบรมพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาทั้งในด้านสมรรถนะพื้นฐานและสมรรถนะวิชาชีพ โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1. การอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ (English Literacy) 2. การอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Literacy) 3. หลักสูตรฐานสมรรถนะ (Competency Curriculum Based) 4. การอบรมพัฒนา น า ก า ร จั ด ก า ร เ รี ย น ก า ร ส อ น เพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน (Coding) 5. การอบรมพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ ๒๑ และเป็นศูนย์การทดสอบ (Testing Center) (สำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563)

2.3 กรอบแนวคิดการวิจัย



3. วัตถุประสงค์การวิจัย

3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ ข้าราชการครูและครูอัตราจ้าง ที่ปฏิบัติหน้าที่ในการสอน ในโรงเรียนฝางชนูปถัมภ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ ประจำปีการศึกษา 2566ประกอบด้วย ข้าราชการครู จำนวน 81 คน และครูอัตราจ้าง จำนวน 6 คน รวม 87 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ (HCEC) เป็นแบบสอบถาม โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป เกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ประกอบด้วย วุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการสอนและกลุ่มสาระการเรียนรู้

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC ซึ่งมีลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) เป็นคำถามปลายปิด (Close-ended question) ในขอบข่ายการพัฒนาด้านสมรรถนะพื้นฐานและสมรรถนะวิชาชีพของศูนย์ HCEC โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวของลิเคิร์ท (Likert)

ตอนที่ 3 แบบสอบถามปลายเปิด (Open-ended question) ระบุปัญหาหรือข้อเสนอแนะความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC เพิ่มเติม ในแต่ละด้านในขอบข่ายการพัฒนาด้านสมรรถนะพื้นฐาน และสมรรถนะวิชาชีพของศูนย์ HCEC

3.3 การทดสอบเครื่องมือ ค่าความตรงเชิงเนื้อหา หรือ IOC (Index of Item Objective Congruence) ข้อคำถามทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ที่นับด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบราก ผลค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ เท่ากับ 0.92

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลจากแบบสอบถามทั้งหมด จำนวน 87 ชุด ลงรหัสประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ IBM SPSS Statistics (Version 26) (IBM Corp. (2019) ในวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์โดยหาความถี่ (Frequency) และหาร้อยละ (Percentage)

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ โดยหา ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ในภาพรวม และรายด้าน โดยมีเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ของบุญชม (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ครูมีความต้องการพัฒนาในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ครูมีความต้องการพัฒนาในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ครูมีความต้องการพัฒนาในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ครูมีความต้องการพัฒนาในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ครูมีความต้องการพัฒนาในระดับน้อยที่สุด

2. วิเคราะห์ ปัญหาหรือข้อเสนอนแนะ ความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC โดยใช้ค่าตอบจากแบบสอบถามปลายเปิด (ตอนที่ 3) เกี่ยวกับการระบุปัญหาหรือข้อเสนอนแนะ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ ATLAS.ai (Ver. 9) (ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH., 2023) แบบอุปนัย (Analytic Induction) โดยวิเคราะห์ จัดแยกประเภทของข้อมูลตามรหัส (Codes) จากนั้น ดึงข้อความหรือประโยคสำคัญตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา หรือข้อเสนอนแนะ ความต้องการในการพัฒนาตนเองของครู มาสังเคราะห์เป็นแก่นเรื่อง (Themes) เชื่อมโยงเข้าด้วยกันอย่างมีความหมายที่ช่วยให้เกิดความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรือข้อเสนอนแนะ ความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC

3. เปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามวุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการสอนและกลุ่มสาระการเรียนรู้

3.1 เปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC ในภาพรวมและรายด้าน จำแนกตามวุฒิการศึกษา 2 กลุ่ม โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t-test) และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของตารางประกอบคำบรรยาย

3.2 เปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC ในภาพรวมและรายด้าน จำแนกตามประสบการณ์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - way ANOVA) และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของตารางประกอบคำบรรยาย

4. ผลการวิจัย

1) ผลการวิเคราะห์ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC

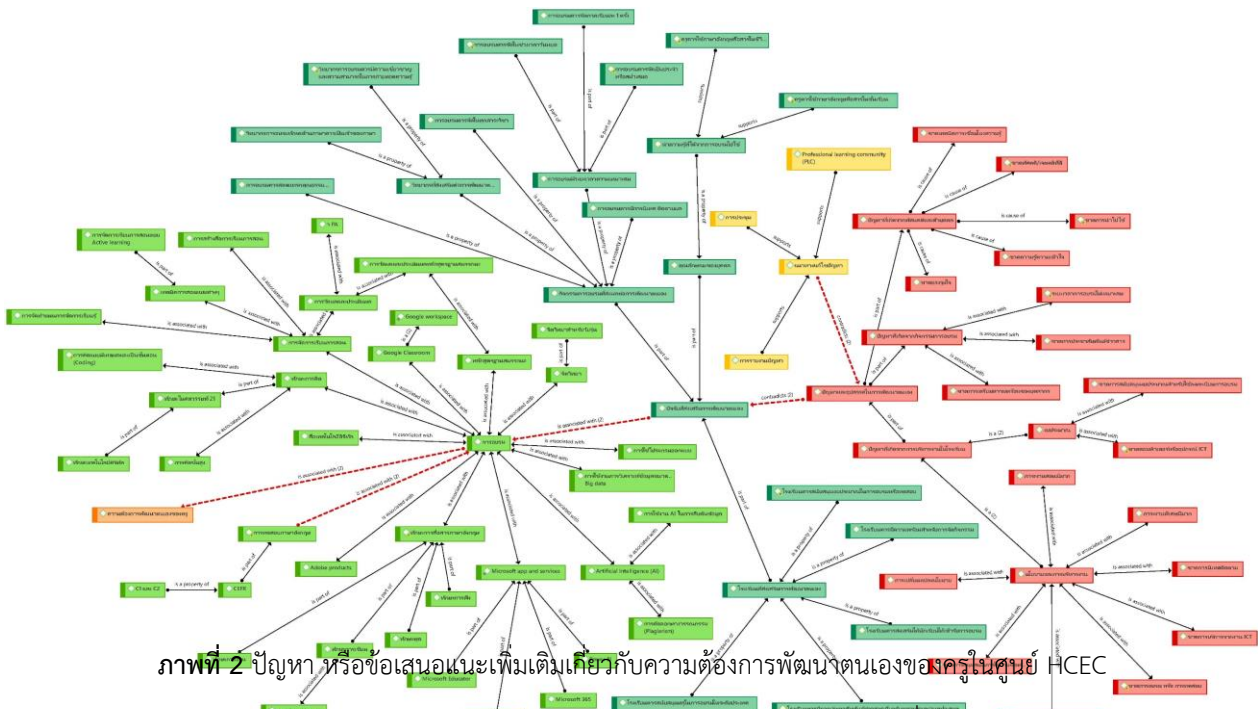
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC และอันดับที่ โดยรวม และรายด้าน

ความต้องการพัฒนาตนเองของครู ในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC	\bar{x}	σ	ระดับ ความต้องการพัฒนา	อันดับที่
1. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ	4.20	0.76	มาก	4
2. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล	4.26	0.58	มาก	3
3. ด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ	4.27	0.56	มาก	2
4. ด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อฝึกทักษะ การคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน	4.04	0.69	มาก	5
5. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21	4.35	0.53	มาก	1
6. ด้านการทดสอบ	3.57	0.68	มาก	6
รวมทุกด้าน	4.17	0.46	มาก	

ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.17$) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงเป็นลำดับแรก คือ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ($\bar{x} = 4.35$) รองลงมาคือ ด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ ($\bar{x} = 4.27$) ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล ($\bar{x} = 4.26$) ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ ($\bar{x} = 4.20$) ด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน ($\bar{x} = 4.04$) และ ด้านการทดสอบ ($\bar{x} = 3.57$) ตามลำดับ

2) ผลการวิเคราะห์ปัญหา หรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC

ปัญหา หรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาตนเอง พบว่า ครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC ต้องการพัฒนาตนเอง โดยการเข้าร่วมกิจกรรมการอบรม หรือการทดสอบ เช่น เทคโนโลยีสื่อดิจิทัล ทักษะในศตวรรษที่ 21 ทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษ การจัดการเรียนการสอน การฝึกอบรมการโปรแกรมต่างๆ และการทดสอบวัดความรู้ภาษาอังกฤษ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การพัฒนาตนเอง เกี่ยวข้องกับเรื่องปัจจัยที่ส่งเสริมการพัฒนาตนเอง เช่น ลักษณะของบุคคล นโยบายและการบริหารในโรงเรียน ลักษณะของกิจกรรมการอบรม เป็นต้น ด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาตนเอง เกิดขึ้นจากทัศนคติตัวบุคคล ลักษณะของกิจกรรมการอบรม และนโยบายและการบริหารงานในโรงเรียน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปัญหา หรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับความต้องการพัฒนาตนเองของครูในศูนย์ HCEC

3) ผลการเปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามวุฒิการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้ และประสบการณ์ในการสอน ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามวุฒิการศึกษา โดยรวม และรายด้าน

ความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC	วุฒิการศึกษา				t	P-Value
	ป.ตรี		สูงกว่า ป.ตรี			
	□	□	□	□		
1. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ	4.18	0.82	4.25	0.65	-0.42	0.67
2. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล	4.20	0.63	4.36	0.50	-1.21	0.23
3. ด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ	4.29	0.61	4.25	0.50	0.27	0.08
4. ด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน	4.06	0.72	4.01	0.65	0.34	0.74
5. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่นๆ ที่จำเป็นใน	4.37	0.52	4.32	0.56	0.41	0.69
6. ด้านการทดสอบ	3.60	0.74	3.53	0.59	0.46	0.64
รวมทุกด้าน	4.12	0.52	4.12	0.34	-0.04	0.97

ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามวุฒิการศึกษาโดยรวม และรายด้านไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC ที่มีวุฒิการศึกษาปริญญาตรี ค่าเฉลี่ยสูงสุดในรายด้าน คือ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่นๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (\bar{x} = 4.37) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในรายด้าน คือ ด้านการทดสอบ

การทดสอบ ($\alpha = 3.60$) ส่วนความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC ที่มีวุฒิการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีขึ้นไป ค่าเฉลี่ยสูงสุดในรายด้าน คือ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล ($\alpha = 4.36$) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในรายด้าน คือ ด้านการทดสอบ ($\alpha = 3.53$)

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามประสบการณ์สอนโดยรวมและรายด้าน

ความต้องการในการพัฒนาครู ในสถานศึกษา ที่เป็นศูนย์ HCEC	ประสบการณ์สอน								U	P-Value
	น้อยกว่า 5 ปี		5 - 10 ปี		11 - 15 ปี		15 ปีขึ้นไป			
	20 คน	30 คน	21 คน	16 คน						
	α	α	α	α	α	α	α	α		
1. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ	4.08	0.92	4.22	0.64	4.35	0.73	4.17	0.80	0.44	0.72
2. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล	4.08	0.73	4.31	0.51	4.39	0.48	4.24	0.62	1.03	0.39
3. ด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ	4.22	0.66	4.39	0.43	4.26	0.64	4.14	0.57	0.81	0.49
4. ด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอน เพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน	3.98	0.68	4.16	0.63	3.97	0.82	3.97	0.67	0.47	0.71
5. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นใน ศตวรรษที่ 21	4.33	0.48	4.39	0.42	4.20	0.69	4.52	0.55	1.15	0.33
6. ด้านการทดสอบ	3.35	0.78	3.66	0.49	3.76	0.80	3.44	0.65	1.67	0.18
รวม	4.01	0.54	4.19	0.31	4.16	0.49	4.08	0.56	0.70	0.56

ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกประสบการณ์สอน โดยรวม และรายด้าน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ความต้องการพัฒนาตนเองของครูที่มีประสบการณ์สอนน้อยกว่า 5 ปี ค่าเฉลี่ยสูงสุดในรายด้าน คือ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ($\alpha = 4.33$) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในรายด้าน คือ ด้านการทดสอบ ($\alpha = 3.35$) ความต้องการพัฒนาตนเองของครูที่มีประสบการณ์ 5 - 10 ปี ค่าเฉลี่ยสูงสุดในรายด้าน คือ ด้านการอบรม

พัฒนาทักษะอื่นๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ (๐ = 4.39) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในรายด้าน คือ ด้านการทดสอบ (๐ = 3.66) ความต้องการพัฒนาตนเองของครูที่มีประสบการณ์ 11 – 15 ปี ค่าเฉลี่ยสูงสุดจากรายด้าน คือ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล (๐ = 4.39) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากรายด้าน คือ ด้านการทดสอบ (๐ = 3.76) และความต้องการของครูที่มีประสบการณ์ 15 ปีขึ้นไป ค่าเฉลี่ยสูงสุดในรายด้านคือ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่นๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (๐ = 4.52) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากรายด้าน คือ ด้านการทดสอบ (๐ = 3.44)

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยรวม และรายด้าน

ความต้องการในการพัฒนาครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC	กลุ่มสาระการเรียนรู้												P-Value									
	คณิตศาสตร์			วิทยาศาสตร์			สังคมฯ			ศิลปะ				สุขภาพ			การงานอาชีพ			แนะแนว		
	10 คน	9 คน	11 คน	13 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน		8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน	8 คน
1. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ	3.93	1.02	4.49	0.67	4.06	0.57	4.25	0.65	4.71	0.48	4.28	0.31	3.69	0.91	3.75	0.92	3.58	0.63	2.63	0.01*		
2. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล	4.29	0.87	4.50	0.57	4.01	0.45	3.92	0.36	4.36	0.36	4.46	0.35	4.06	0.64	4.35	0.81	4.09	0.77	1.47	0.18		
3. ด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ	4.12	0.81	4.23	0.65	4.56	0.47	4.38	0.32	4.46	0.44	4.10	0.15	4.22	0.74	3.80	0.55	4.53	0.41	1.35	0.23		
4. ด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนรู้และการสอนเพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน	3.73	0.82	4.47	0.60	4.08	0.48	3.65	0.44	3.99	0.81	4.16	0.70	4.25	0.71	3.79	0.64	3.52	0.33	2.28	0.03*		
5. ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่นๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21	4.41	0.63	4.21	0.52	4.20	0.42	4.27	0.83	4.64	0.23	4.61	0.28	4.20	0.63	4.40	0.35	4.13	0.58	1.18	0.33		
6. ด้านการทดสอบ	3.30	0.77	3.38	0.79	3.47	0.85	3.48	0.36	4.00	0.57	3.94	0.48	3.88	0.60	3.42	0.38	3.00	0.50	2.06	0.05		
รวม	3.96	0.68	4.21	0.53	4.06	0.41	3.99	0.22	4.36	0.27	4.26	0.16	4.05	0.63	3.92	0.43	3.81	0.30	1.29	0.26		

ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC จำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยรวม ไม่แตกต่างกันในระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และในรายด้าน ด้านการอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล ด้านหลักสูตรฐานสมรรถนะ ด้านการอบรมพัฒนาทักษะอื่นๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และด้านการทดสอบ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 แต่ในรายด้าน ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ และด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน แตกต่างกันในระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

5. สรุปและอภิปรายผล

ความต้องการพัฒนาตนเองของครูในศูนย์ HCEC มีความต้องการในการพัฒนาตนเองอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553) ที่ให้ความสำคัญกับสมรรถนะของครูผู้สอนในศตวรรษที่ 21 กำหนดให้ด้านการพัฒนาตนเองเป็นหนึ่งในสมรรถนะหลัก ในการปฏิบัติงานของครูผู้สอน ความต้องการพัฒนาตนเองของครูใน ศูนย์ HCEC เรียงตามลำดับ ดังนี้ 1) การอบรมพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เป็นลำดับแรกที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นว่าครูเห็นความสำคัญของทักษะที่จำเป็นในยุคปัจจุบัน เช่น ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกัน 2) หลักสูตรฐานสมรรถนะ เป็นลำดับรองลงมา ครูต้องการในการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรการสอนให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะต่างๆ 3) การอบรมพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล เน้นย้ำถึงความจำเป็นของทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลในยุคดิจิทัล ที่การเรียนการสอนและการทำงาน 4) การอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ ครูให้ความสำคัญของการใช้ภาษาอังกฤษเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร และการเรียนรู้ในระดับนานาชาติ 5) การอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอน เพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน เป็นการเน้นในพัฒนาทักษะการสอนให้สามารถฝึกผู้เรียนให้คิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ และ 6) การทดสอบ แสดงถึงความต้องการในการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถปรับปรุง และพัฒนาการเรียนการสอนได้อย่างต่อเนื่อง จากข้อสรุปดังกล่าว สอดคล้องกับ ศิรินา วาจาस्थี (2566) ศึกษาความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พบว่า ความต้องการในการพัฒนาตนเองของครู โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก และด้านที่มีความต้องการมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ด้านการศึกษาดูงาน ด้านการศึกษาต่อ และด้านการฝึกอบรม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ จิราภา เพียรเจริญ. (2566) การศึกษาความต้องการจำเป็นในการส่งเสริมการจัดทำข้อตกลงในการพัฒนางาน ตำแหน่งครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก ครูต้องการการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆ เช่น ฝึกอบรมในหลักสูตรที่พัฒนาทัศนคติในการทำงานเชิงบวก ฝึกอบรมที่ช่วยพัฒนาความรู้ ทักษะ และความชำนาญในการปฏิบัติงาน ซึ่งส่งผลต่อทัศนคติที่ดีในการทำงาน เป็นต้น

ปัญหา หรือ ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความต้องการพัฒนาตนเอง สรุปได้ดังนี้ ครูในสถานศึกษาที่เป็นศูนย์ HCEC มีความต้องการพัฒนาตนเองผ่านการฝึกอบรม และการทดสอบ โดยการฝึกอบรมเป็นวิธีการพัฒนาตนเองที่ ครูให้ความสำคัญในข้อเสนอแนะมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การฝึกอบรมเป็นวิธีการพัฒนาตนเองที่จะพัฒนางานในหน้าที่ ในการปฏิบัติการด้านเทคนิค วิธีการสอน และการจัดหลักสูตร เพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษา และเป็นไปตามมาตรฐานความรู้ผู้ประกอบการวิชาชีพครูในสถานศึกษา เช่น การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับการจัดการเรียนการสอน อบรมการใช้ปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น รวมถึงความรู้ด้านอื่นๆ ที่ครูอาจจำเป็นต้องใช้ในการจัดการชั้นเรียน เช่น การอบรมเกี่ยวกับหลักจิตวิทยาสำหรับวัยรุ่น นอกจากนี้ การทดสอบ คือ วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการพัฒนาตนเองของครู ครูส่วนใหญ่ต้องการพัฒนาตนเองโดยการทดสอบวัดมาตรฐานสากลที่ใช้อธิบายระดับความเชี่ยวชาญทางภาษา (CEFR) โดยเฉพาะภาษาอังกฤษ เพื่อประเมินระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของครูใน ทักษะ 4 ด้าน คือ ฟัง พูด อ่าน และเขียน และพัฒนาตนเองให้มีมาตรฐานสากล สอดคล้องกับ Galaczi (2018) การประเมินทักษะการสื่อสารภาษาต้องรวมการทดสอบที่กระตุ้นให้เกิดทักษะหลากหลายที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารภาษา ทั้งทักษะการฟัง ทักษะการพูด ทักษะการอ่าน และทักษะการเขียน อย่างไรก็ตามการพัฒนาตนเอง เกี่ยวข้องกับ เรื่องปัจจัยที่ส่งเสริมการพัฒนาตนเอง ประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย คือ 1. โรงเรียนควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับการพัฒนาตนเอง 2. ครูที่จะพัฒนาตนเองได้ดี คือ ครูที่มีทัศนคติที่ดี มุ่งมั่นค้นคว้าหาความรู้ และแสวงหาโอกาสพัฒนาตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย ถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์แก่ผู้อื่น เช่น ใช้ภาษาอังกฤษสื่อสารในชีวิตประจำวัน 3. ลักษณะของกิจกรรมการอบรม การจัดอบรมส่งเสริมในการพัฒนาตนเอง ควรมียุทธศาสตร์ในการอบรมที่เหมาะสม จัดในช่วงเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาตนเอง มี 3 ด้าน คือ 1 ปัญหาที่เกิดจากทัศนคติตัวบุคคล ทัศนคติที่ไม่ดีต่อการพัฒนาครูบางคนอาจมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อการพัฒนาตนเอง ไม่เห็นความสำคัญของการพัฒนา และการนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปประยุกต์ใช้ 2. ปัญหาจากความไม่เหมาะสมของกิจกรรมการอบรม ขาดการสื่อสาร หรือประชาสัมพันธ์ เกี่ยวกับการอบรม ทำให้ครูไม่ทราบถึงโอกาสในการพัฒนาตนเอง 3. ปัญหาที่เกิดจากการบริหารงานของโรงเรียน ด้านงบประมาณ เช่น การขาดงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุ ขาดการบริการทางด้านซอฟต์แวร์เพื่อการศึกษาต่าง ๆ เช่น การใช้งาน Microsoft 365 และปัญหาด้านนโยบายการดำเนินงานของโรงเรียน อาจทำให้ครูมีภาระงานสอน หรืองานพิเศษที่มากเกินไป ทำให้ครูขาดแรงจูงใจเกิดปัญหาเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาตนเอง และสอดคล้องกับ ฉัตรชัย หวังมีจมี (2560) ศึกษาเรื่อง สมรรถนะของครูไทยในศตวรรษที่ 21 : ปรับการเรียน เปลี่ยนสมรรถนะ พบว่า ปัญหาของครูผู้สอนในปัจจุบัน มี 2 ประการ คือ ครูยังคงใช้รูปแบบการสอนแบบดั้งเดิม และครูผู้สอนขาดจิตวิญญาณในความเป็นครู ที่ส่งผลต่อความต้องการพัฒนาตนเอง

การเปรียบเทียบความต้องการพัฒนาตนเอง จำแนกตามวุฒิการศึกษา และประสบการณ์สอน ความต้องการพัฒนาตนเองระหว่างครูที่มีวุฒิมัธยมศึกษาปริญญาตรี กับครูที่มีวุฒิมัธยมศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี ไม่พบความแตกต่าง แปลความได้ว่า ความต้องการ

พัฒนาตนเองของครูทั้งสองกลุ่มมีความต้องการพัฒนาตนเองอยู่ในระดับเดียวกัน ในด้านการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ครูที่มีวุฒิการศึกษาปริญญาตรีมีความต้องการสูงสุดในด้านนี้ ซึ่งสะท้อนถึงการเห็นความสำคัญของการปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว สำหรับครูที่มีวุฒิการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี ความต้องการในด้านการพัฒนาทักษะเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นสิ่งสำคัญที่สุด แสดงให้เห็นถึงการมุ่งมั่นที่จะนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการสอนและการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และทั้งสองกลุ่มครูมีความต้องการในด้านการทดสอบต่ำที่สุด ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ครูมีความเชี่ยวชาญเพียงพอหรือเห็นว่าเป็นด้านที่ไม่ต้องการพัฒนาเพิ่มเติมในช่วงเวลานี้ ความต้องการพัฒนาตนเอง จำแนกตามประสบการณ์สอน ความต้องการพัฒนาตนเองของครูระหว่างกลุ่มครูที่มีประสบการณ์ไม่เท่ากันนั้น ไม่พบความแตกต่าง แปลความได้ว่า ความต้องการพัฒนาตนเองของกลุ่มครูที่มีประสบการณ์สอน 4 กลุ่ม มีความต้องการพัฒนาตนเองอยู่ในระดับเดียวกัน สอดคล้องกับการศึกษาของปาจรีย์ มาตรวิจิตร (2564) เรื่อง การพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1 พบว่า การพัฒนาตนเองตามขั้นตอนการพัฒนาและวิธีการพัฒนา จำแนกตามวุฒิการศึกษา และประสบการณ์การทำงานของครูไม่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบความต้องการพัฒนาตนเองของครู จำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ พบว่า โดยรวมไม่พบความแตกต่าง แสดงให้เห็นว่าครูทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้มีความมุ่งมั่นและความต้องการพัฒนาตนเองในระดับที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในรายด้าน พบว่า ด้านการอบรมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ และด้านการอบรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอน เพื่อฝึกทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน มีความต้องการพัฒนาตนเองที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ ครูในกลุ่มสาระภาษาต่างประเทศ มีความต้องการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษมากกว่าครูกลุ่มแนะแนว หรือ ครูในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ต้องการพัฒนาทักษะการคิดแบบมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน มากกว่าครูกลุ่มแนะแนว เป็นต้น สอดคล้องกับ Hahl et al. (2020) ที่ศึกษาความคิดเห็นของครูในประเทศฟินแลนด์เกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นสำหรับการสอนภาษาต่างประเทศ ใน ระดับ ประถม ศึกษา พบว่า ครู ภาษา ต่าง ประเทศ ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษของตนเองมากกว่าครูประจำชั้นทั่วไป โดยเฉพาะในด้านการออกเสียงและความคล่องแคล่วในการใช้ภาษา หรือการศึกษาปัญหาและความต้องการการพัฒนาตนเอง ด้านวิชาการของครูโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1 ของปทุม ศรีพนา (2556) พบว่าปัญหาและความต้องการด้านวิชาการของครู แตกต่างกันตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่สอน อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากครูที่สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างกัน มีปัญหาการพัฒนาตนเองด้านวิชาการ แตกต่างกัน เกิดจากความชำนาญของครูในแต่ละกลุ่มสาระมีความชำนาญในแต่ละด้านไม่เท่ากัน จึงเกิดความต้องการพัฒนาตนเองอาจด้านวิชาการแตกต่างกัน เช่น ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ มีความชำนาญทางด้านภาษาไม่ชำนาญระเบียบวิธีวิจัย เหมือนครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการวิจัยในชั้นเรียน ซึ่งมีตัวเลขมาเกี่ยวข้อง

6. เอกสารอ้างอิง

- จิราภา เพียรเจริญ. (2566). การศึกษาความต้องการจำเป็นในการส่งเสริมการจัดทำข้อตกลงในการพัฒนางาน ตำแหน่งครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก. *วารสารการพัฒนาระบบการเรียนรู้สมัยใหม่*, 8(3), 133-147.
- ฉัตรชัย หวังมีจิมมี. (2560). สมรรถนะของครูไทยในศตวรรษที่ 21: ปรับการเรียน เปลี่ยนสมรรถนะ. *Journal of HRintelligence*, 12(2), 47-63.
- ชติกาญจน์ สลาหลง. (2563). ความต้องการและความคาดหวังในการพัฒนาตนเองของข้าราชการครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 13 จังหวัดตรัง (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ธงชัย คำปวง. (2561). การพัฒนาครูองค์รวมโดยการเทียบเคียงสมรรถนะ. [วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร].
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (ฉบับปรับปรุงใหม่, พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- ปทุม ศรีพนา. (2556). ปัญหาและความต้องการการพัฒนาตนเองด้านวิชาการของครูโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1. *วารสารจันทร์เกษมสาร*, 19(36), มกราคม-มิถุนายน
- ปาจรีย์ มาตรวิจิตร. (2564). *การพัฒนาตนเองของครูในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1*. [วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, แขนงสาขาวิชาการบริหารการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช].
- โรงเรียนฝางชนูปถัมภ์. (2565). *รายงานการประเมินตนเอง (SAR) ปีการศึกษา 2565*. โรงเรียนฝางชนูปถัมภ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545*. กรุงเทพมหานคร:คุรุสภาลาดพร้าว.
- _____. (2553). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553*. กรุงเทพมหานคร:คุรุสภาลาดพร้าว.

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *คู่มือการประเมินสมรรถนะครู*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.
- _____. (2563). *แนวทางการดำเนินงานของศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคคลเพื่อความเป็นเลิศ (Human Capital Excellence Center: HCEC)*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่. (2566). *แผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่.
- ศิรินา วาจาสัตย์. (2566). ความต้องการในการพัฒนาตนเองของครูโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. *การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 14*.
- ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH. (2023). ATLAS.ti for windows (version 9.1.7) [Qualitative data analysis software].
- Galaczi E. (2018, 30 May). *Benefits of testing the four skills (reading, listening, writing and speaking)* [Blog]. Cambridge English.
- Hahl, K., Savijärvi, M., and Wallinheimo, K. (2020). *Class Teachers, Subject Teachers and Double Qualified: Conceptions of Teachers' Skills in Early Foreign Language Learning in Finland*. *International Journal of Applied Linguistics & English Literature*, 9(1), 27-37.
- IBM Corp. (2019). *IBM SPSS Statistics for Windows*, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp
- Simply Psychology. (2024, January 24). *Maslow's Hierarchy of Needs*.
<https://www.simplypsychology.org/maslow.html>

บทบาทของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต

วิษุภัสร์ ยานะ¹ นิวัตร มุลปา² อัจฉรา ไชยยา² พัชรี ไชยรงค์^{1*}

¹ หน่วยงานวิจัยและพัฒนาาระบบการศึกษาและวิจัยร่วมระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคการศึกษา

วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

² กลุ่มวิจัยกลศาสตร์ วัสดุ และการออกแบบวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 128 ถนนห้วยแก้ว
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*patcharee_ch@rmutl.ac.th, 0871876878

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอความหมาย หลักการ แนวคิด ความสำคัญ เป้าหมาย และระบบนิเวศของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน (Work-based Learning) และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งสนับสนุนการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นหาเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในสถานที่ทำงานจริง ทำให้ผู้เรียนได้รับทักษะตามความต้องการของตลาดแรงงานและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการคิดเชิงสร้างสรรค์ผ่านการเรียนรู้จากผู้มีความชำนาญ ความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและองค์กรต่าง ๆ เป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้ตลอดชีวิต

คำสำคัญ การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน, การเรียนรู้ตลอดชีวิต

The role of Work-based Learning in fostering Lifelong learning

Wichuphat Yana ¹ Niwat Moonpa ² Atchara Chaiya ² Patcharee Chaiyong ^{1*}

¹ Public-Private Partnership Research and Development Unit for Joint Education and Research System
College of Integrated Science and Technology 98 Moo 8 Paping Doisaket District Chiangmai 50220

² Mechanics, Mechanics, and Engineering Design (MMED)
Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Muang Chiang Mai Chiang Mai 50300

*patcharee_ch@rmutl.ac.th, 0871876878

Abstract

This article presents the meaning, principles, concepts, significance, objectives, and ecosystem of Work-based Learning (WBL) and Lifelong Learning (LLL). It aims to illustrate the relationship and connection between WBL and LLL which supports continuous self-development by emphasizing experiential learning in real workplace settings. This approach equips learners with skills aligned with labor market demands and fosters ongoing motivation for learning. Additionally, learners develop critical thinking, problem-solving, and creative thinking skills through mentorship from experienced professionals. The collaboration between educational institutions and various organizations is crucial in fostering a culture of lifelong learning.

Keywords: Work-based Learning, Lifelong Learning

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงและนวัตกรรมในโลกทำให้บุคคลต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ความต้องการทางการเรียนรู้ตลอดชีวิตนั้น มีความจำเป็นมากขึ้นต่อสังคมของมนุษย์ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ผู้คนจำเป็นต้องมีการพัฒนาหรือเรียนรู้ตลอดชีวิตอยู่เสมอเพื่อใช้ในการติดตามและปรับตัวให้ทันต่อความเปลี่ยนแปลงของโลกที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา หากต้องการรักษาการพัฒนาอาชีพและสติปัญญาและทักษะส่วนบุคคลในด้านต่างๆให้ได้ในสังคมยุคใหม่ จึงควรจะต้องใช้แนวทางการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่เป็นบทบาทสำคัญในชีวิตมนุษย์ (Faure, E. et al., 1972; OECD, 1996; UNESCO, 2020; World Economic Forum, 2020)

การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานถือเป็นวิธีการทางการศึกษาที่มีประสิทธิภาพสูงในการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนสำหรับการทำงานในอนาคต ผ่านการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติจริงในสถานที่ทำงาน วิธีการนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนได้รับทักษะทางวิชาชีพและทักษะเชิงเทคนิคที่จำเป็น แต่ยังส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่สำคัญอื่น ๆ เช่น การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการแก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการประกอบอาชีพในยุคปัจจุบัน หลักการสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานคือการให้ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติงานจริงในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์การทำงานจริง ซึ่งช่วยสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่เรียนในห้องเรียน นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพชัดเจนเกี่ยวกับการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง อันเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องส่วนการศึกษา (Kolb, D. A., 1984; Boud, D., & Solomon, N., 2001; Raelin, J. A., 2008)

เหตุผลที่การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต นั้น เนื่องจากกระบวนการนี้ไม่ได้เน้นเพียงแค่การได้รับความรู้และทักษะในระยะสั้น แต่ยังมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมการทำงานและสังคมในระยะยาว การฝึกฝนในการทำงานจริงทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง การสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ปัญหา และการสร้างสรรค์แนวทางแก้ไข ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้และการพัฒนาในชีวิตการทำงานที่ต่อเนื่อง จึงมีความสำคัญในการส่งเสริมให้บุคคลมีทัศนคติและแรงจูงใจในการเรียนรู้อย่างไม่หยุดนิ่ง รวมถึงการสร้างกลไกและระบบการศึกษาที่เอื้อต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ดังนั้น การศึกษาทั้งสองแนวคิดนี้จึงมีความสำคัญ โดยบทความนี้จะนำเสนอแนวคิด หลักการและความหมาย ตลอดจนความสำคัญ เป้าหมายและระบบนิเวศที่ส่งผลต่อการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานและการเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อแสดงให้เห็นถึงบทบาทของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่ความสอดคล้องและเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน

2. แนวคิด

2.1 การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน

ความหมาย หลักการและแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน หมายถึง การเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาที่ได้มาจากการประกอบอาชีพหรือการทำงานจริง (David Gray, 2001) ไม่ว่าจะเป็งานที่ได้รับค่าจ้างหรือไม่ก็ตาม (Garnett, 1997) ซึ่งถือเป็นกลไกหรือวิธีการในการส่งเสริมการเรียนรู้ มิใช่สาขาวิชาที่ต้องศึกษา Ebbutt (1996) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานเป็นองค์ประกอบสำคัญของหลักสูตรที่นักศึกษาทำงานเต็มเวลาและดำเนินการวิจัยภาคสนามส่วนใหญ่ในสถานที่ทำงานของผู้เรียนเอง โดยมีการพบปะกับอาจารย์จากมหาวิทยาลัยเป็นระยะเพื่อหารือหรือระเบียบวิธีวิจัย แลกเปลี่ยนปัญหา และพัฒนาความคิด อย่างไรก็ตาม นิยามนี้มีได้เป็นคำจำกัดความเพียงหนึ่งเดียว เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานยังรวมถึงการเรียนรู้เพื่อการทำงานและการเรียนรู้ที่การทำงาน (David Gray, 2001)

ตามที่ Boud และ Solomon (2001) ได้ให้คำนิยามไว้ว่า "การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน คือ กลุ่มของกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงานจริง โดยผ่านกระบวนการปฏิบัติงาน ใช้สภาพแวดล้อมการทำงานเป็นบริบทในการเรียนรู้" สอดคล้องกับ Dehnbostel และ Schröder (2017) ได้ให้นิยามการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน แบ่งเป็น 3 รูปแบบโดยจำแนกจากสถานที่เรียนรู้ได้แก่

- (1) Work-integrated Learning (WiL): การเรียนรู้ในขณะที่การทำงานหรือในกระบวนการผลิตโดยอาศัยการแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการเรียนรู้ ทักษะและความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน การทำงานเป็นทีม ทักษะการสื่อสารโดยอยู่ภายในพื้นที่ของบริษัทหรือโรงงานอุตสาหกรรม

- (2) Work-connected Learning (WcL): การนำปัญหาของกระบวนการผลิตออกมาแก้ไข พัฒนา ปรับปรุงนอกกระบวนการผลิต ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการผลิตโดยอยู่ในขอบเขตพื้นที่ของการทำงานในบริษัทหรือกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม
- (3) Work-oriented Learning (WoL): การนำปัญหาหรือสถานการณ์ให้ผู้เรียนฝึกคิดเพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้ในพื้นที่ห้องเรียนของโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัยหรือศูนย์ฝึกอบรม โดยมีกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน มีการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ใกล้เคียงกับกระบวนการการทำงานให้มากที่สุด

ในประเทศไทย คำว่า WiL เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและหมายความรวมถึงการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานหรือการจัดการเรียนการสอนเชิงบูรณาการกับการทำงาน โดย WiL คือ รูปแบบการจัดการเรียนการสอน (Pedagogical practice) ที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการบูรณาการประสบการณ์ในสถานศึกษาและสถานประกอบการ สอดคล้องนิยาม WiL คือ การจัดการศึกษาในลักษณะการบูรณาการการเรียนรู้กับการทำงานพร้อมกันซึ่งเป็นการศึกษาที่ผู้เรียนต้องเรียน ภาคทฤษฎีในสถานศึกษาและต้องฝึกภาคปฏิบัติในสถานประกอบการพร้อมกันไปตามสาขาวิชานั้นๆ (คณะกรรมธิการการศึกษา วุฒิสภา, 2563)

ผู้คนมักคุ้นเคยกับคำว่า สหกิจศึกษา การทดลองงาน การฝึกงาน การปฏิบัติงานภาคสนาม เหล่านี้ล้วนเป็นไปตามรูปแบบทั้ง 9 จากการศึกษาแบบของ WiL ทั่วโลก (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) และในประเทศไทยมีรูปแบบที่เด่นชัดอยู่ 4 รูปแบบ ได้แก่ ทวิภาคี (DVT) สหกิจศึกษา (Cooperative) การฝึกงาน (Apprentice) และการฝึกหัด (Internship) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับกรกล่าวไว้ของทีศนา แคมมณี (2562) การจัดการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนนี้จะส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดพัฒนาการทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้เนื้อหาสาระ การฝึกปฏิบัติจริง การฝึกฝนทักษะทางสังคม ทักษะชีวิต และทักษะวิชาชีพ รวมถึงการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง โดยสถานศึกษาจะทำความร่วมมือกับสถานประกอบการในการรับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนร่วมกัน ตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์ การกำหนดเนื้อหากิจกรรม และวิธีการประเมิน (อินชและคณะ, 2567)

ทั้งนี้ การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน กล่าวโดยรวมคือกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ได้ลงมือทำงานหรือลงมือปฏิบัติงาน เกิดการเรียนรู้จากสถานการณ์ที่พบในการทำงานและได้รับประสบการณ์ ไม่เพียงแต่ได้ความรู้หรือทักษะ แต่เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ ทั้งยังเกิดการเรียนรู้ที่จะเรียนรู้อีกด้วย (learning to learn) (Raelin, 2000)

ความสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการศึกษาในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติอย่างแท้จริง สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียน องค์กร และสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lester & Costley, 2010) โดยผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการทำงานจริง ซึ่งช่วยเสริมสร้างทักษะและความรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน (Brodie & Irving, 2007) นอกจากนี้ ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา รวมถึงทักษะการทำงานเป็นทีมและการสื่อสารที่จำเป็นในการประกอบอาชีพ (Raelin, 1997) การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานยังเป็นการสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการพัฒนาอาชีพของผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงและมีโอกาสในการเรียนรู้จากผู้มีประสบการณ์ (Cunningham et al., 2004) ด้วยประโยชน์ดังกล่าว การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานจึงได้รับความสนใจจากหลายภาคส่วน โดยเฉพาะสถาบันการศึกษาและองค์กรต่างๆ ในการพัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานมากยิ่งขึ้น (Rounce & Workman, 2005)

เป้าหมายของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน

เป้าหมายหลักของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน คือการพัฒนาทักษะและความรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและสถานประกอบการ โดยผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติงานจริงในสภาพแวดล้อมการทำงาน ซึ่งช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในบริบทและสภาพการณ์ที่แท้จริงของการทำงาน (Cunningham et al., 2004; Brodie & Irving, 2007) นอกจากนี้ การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้จากห้องเรียนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Raelin, 2008) ซึ่งจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหาที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงาน (Brodie & Irving, 2007; Raelin, 1997)

อีกทั้ง การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานยังมีเป้าหมายในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการพัฒนาอาชีพของผู้เรียน โดยผู้เรียนได้รับโอกาสในการเรียนรู้จากผู้มีประสบการณ์และสร้างเครือข่ายในวงการอาชีพ (Lester & Costley, 2010) ซึ่งจะเพิ่ม

แรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อเห็นประโยชน์และความสำคัญของการนำความรู้ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง (Brodie & Irving, 2007)

นอกเหนือจากการพัฒนาผู้เรียนแล้ว การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานยังมีเป้าหมายในการตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานและองค์กรต่างๆ ในการได้บุคลากรที่มีคุณภาพ (Raelin, 2008) รวมถึงการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและองค์กร ในการผลิตและพัฒนากำลังคนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Brodie & Irving, 2007)

ระบบนิเวศของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน (Work-Based Learning) เป็นระบบนิเวศทางการศึกษาที่ค่อนข้างซับซ้อนและมีปัจจัยหลากหลายเข้ามาเกี่ยวข้อง โดย Lester & Costley, 2010; Brodie & Irving, 2007, Rounce & Workman, 2005 ได้ระบุองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศนี้ ดังนี้

1. ผู้เรียน เป็นศูนย์กลางของระบบนิเวศ ผู้เรียนมีบทบาทในการกำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา และวิธีการเรียนรู้ของตนเอง
2. สภาพแวดล้อมการทำงาน เป็นแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญ ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติงานจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ร่วมงานและผู้มีประสบการณ์
3. สถาบันการศึกษา มีบทบาทในการออกแบบหลักสูตร จัดการเรียนการสอน และประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน
4. องค์กรที่เกี่ยวข้อง เช่น นายจ้าง สมาคมวิชาชีพ และหน่วยงานกำกับดูแล มีส่วนร่วมในการสนับสนุนและกำหนดมาตรฐานของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน
5. นโยบายและกฎระเบียบ เป็นกรอบในการดำเนินการของระบบนิเวศ รวมถึงการรับรองคุณวุฒิและการประกันคุณภาพการศึกษา

สอดคล้องแบบจำลองเจดีย์ WiL (WiL Pagoda Model) (WWG, 2553) ที่แสดงกรอบแนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการกับการทำงานที่ประกอบด้วย สถานศึกษา สมาคมวิชาชีพ สถานประกอบการ ในการร่วมมือการวางแผน ออกแบบ พัฒนา บริหารปรับปรุงหลักสูตรร่วมกันโดยมีการสนับสนุนจากภาครัฐ ที่จะส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาแบบ WiL เป็นหน่วยงานภาคต่างๆเข้าด้วยกัน องค์กรภาคเอกชนเป็นเสมือนตัวแทนภาคสถานประกอบการจากภาคการผลิต ภาคบริการ การค้า การท่องเที่ยวและการเงิน รวมทั้งชุมชน, องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่ต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการศึกษาให้เกิดในแต่ละท้องถิ่นผ่านการสนับสนุนสถานที่เรียนรู้และงบประมาณ

ระบบนิเวศนี้มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐานสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน องค์กร และสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การเรียนรู้ตลอดชีวิต

ความหมาย หลักการและแนวคิดของการเรียนรู้ตลอดชีวิต

การเรียนรู้ตลอดชีวิต เป็นการเรียนรู้ที่มีกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้เรียนทุกกลุ่มช่วงวัย (life-long) ตั้งแต่เด็ก เยาวชนนักศึกษาผู้ใหญ่ และผู้สูงอายุ โดยแต่ละกลุ่ม สอดคล้องกับ สุนทร สุนันท์ชัย (2543, หน้า 10) กล่าวว่า การศึกษาตลอดชีวิตเป็นการศึกษาทั้งหมดของชีวิตมนุษย์ จากเกิดจนตาย มุ่งพัฒนามนุษย์ให้ปรับตัวเข้ากับความเปลี่ยนแปลงในโลกปัจจุบันและพัฒนาต่อเนื่องให้เต็มศักยภาพของบุคคลแต่ละคน เป็นการศึกษาที่เกิดจากแรงจูงใจที่จะเรียนรู้ด้วยตนเองจากแหล่งการเรียนรู้ ซึ่งอาจมีบริบทการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน (life-wide) เช่น การเรียนรู้ภายในสถาบันครอบครัว สถาบันการศึกษา ชุมชน หรือสถานประกอบการ ยูเนสโก (UNESCO, 2555) ซึ่งรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ตลอดชีวิตแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ 1. การเรียนรู้ในระบบ (formal learning) ที่อยู่ในสถาบันการศึกษาหรือการฝึกอบรมและนำไปสู่คุณวุฒิทางการศึกษาที่ได้รับการยอมรับ 2. การเรียนรู้นอกระบบ (non-formal learning) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เหมือนการเรียนในระบบ แต่ไม่ได้นำไปสู่การให้คุณวุฒิ และ 3. การเรียนรู้ตามอัธยาศัย (informal learning) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยที่ผู้เรียนรู้อาจไม่ได้ตระหนักถึงการสร้างความรู้และทักษะจากการเรียนรู้ดังกล่าวก็ได้ (Brussels, 2000)

เกศณี ไพรสนธิ์ (2553) ได้สรุปความหมายของ “การเรียนรู้ตลอดชีวิต” ไว้ว่าเป็น การเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการให้แต่ละบุคคลสามารถเรียนรู้ได้สูงสุด จนเกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวบุคคลจากการประพฤติปฏิบัติจนกระทั่งกลายเป็นวัฒนธรรม กล่าวคือ การเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทุกช่วงอายุ และทุกรูปแบบของการเรียนรู้ ทั้งในระบบนอกระบบ และตามอัธยาศัย โดยผู้เรียนริเริ่มขึ้นอย่างตั้งใจ และมีเป้าหมายในการพัฒนาความรู้ทักษะ เจตคติ สมรรถภาพ และพฤติกรรม ที่ครอบคลุมการเรียนรู้ การ

เรียนเพื่อปฏิบัติ การเรียนรู้เพื่ออยู่ร่วมกัน และการเรียนรู้เพื่อชีวิต ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาตนเอง พัฒนางานและการปรับตัวในสังคมอยู่อย่างมีความสุข

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 มาตรา 4(2545) ให้ความหมายของการศึกษาตลอดชีวิตว่า เป็นการศึกษาที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย เพื่อให้สามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

จากความหมายของการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้ว่า การเรียนรู้ตลอดชีวิตประกอบด้วยกระบวนการชีวิตทั้งหมดตั้งแต่เกิดจนตาย มีแนวทางของการเรียนรู้ตลอดชีวิต ที่ขึ้นอยู่กับความต้องการ ความสนใจและอาชีพส่วนบุคคล การเรียนรู้ตลอดชีวิตมีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะและพรสวรรค์ของแต่ละบุคคล โดยการเรียนรู้ตลอดชีวิตมีแนวทางที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ครอบคลุมต่อการเรียนรู้ ดังนั้นการเรียนรู้ตลอดชีวิตจึงกลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตของแต่ละคน อันเป็นผลมาจากสภาวะโลกที่เปลี่ยนแปลงและการพัฒนาเทคโนโลยี การเรียนรู้ตลอดชีวิตให้โอกาสที่เท่าเทียมกันแก่แต่ละบุคคลและจัดข้อจำกัดต่างๆเช่นการเรียนรู้ อายุ สถานะทางเศรษฐกิจและสังคม และระดับการศึกษา

ความสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิต

จะเห็นว่าจากระบบการศึกษาเพียงครั้งเดียวเพื่อใช้งานตลอดชีวิตจะไม่เพียงพอที่จะตอบโจทยวิถีชีวิตใหม่ที่คนต้องทำงานหลายอาชีพ และความรู้มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วจึงต้องการระบบส่งเสริมการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่เอื้อให้คนได้พัฒนาทักษะอย่างเท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ การเรียนรู้เป็นองค์ประกอบสำคัญของนโยบายเศรษฐกิจ การคลัง แรงงาน เพื่อตอบโจทยการเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน (Geneva, 2019) นอกจากนี้การเรียนรู้ตลอดชีวิต ยังสัมพันธ์กับการลดระดับความเหลื่อมล้ำและความยากจนของสังคมในภาพรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝึกอบรมพัฒนาทักษะแบบอาชีวศึกษาให้แก่ผู้ใหญ่ที่เป็นกำลังแรงงาน มีความสัมพันธ์กับโอกาสการจ้างงานที่เพิ่มขึ้น การได้รับค่าจ้างที่สูงขึ้นและยังสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงตัวเองในด้านสุขภาพ การมองโลกในแง่ดี และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม (perceived control) ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าความสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิต ได้ว่าการเรียนรู้มีความจำเป็นสำหรับทุกช่วงในชีวิตของผู้เรียน และเปลี่ยนบริบทในการเรียนรู้ได้ตลอดทุกช่วงวัย (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ,2563)

เป้าหมายการเรียนรู้ตลอดชีวิต

เป้าหมายของการเรียนรู้ตลอดชีวิตมีได้หลายประการ โดย Delors' (1996, 2013) ได้กำหนดเสาหลักที่สื่อถึงเป้าหมายของการเรียนรู้ตลอดชีวิตไว้ 4 ด้าน ได้แก่ 1. การเรียนเพื่อรู้ (Learning to know) 2. การเรียนเพื่อทำบางสิ่งบางอย่าง (Learning to do) 3. การเรียนเพื่อมีชีวิตอยู่ร่วมกับผู้อื่น (Learning to live together) และ 4.การเรียนเพื่อสร้างตัวตน (Learning to be) กล่าวได้ว่าการเรียนรู้ตลอดชีวิตนั้นมีเป้าหมายทั้งเพื่อการสร้างความแน่นแฟ้นในสังคม และการพัฒนาตนเอง นอกจากนี้ Tsang (2013) ได้เสนอกลยุทธ์การเรียนรู้ที่สร้างการเปลี่ยนแปลงไปสู่ชีวิตที่ดีขึ้น ทำให้บุคคลสามารถบรรลุเป้าหมายในชีวิต และมีสุขภาพที่ดีขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้ที่นำไปสู่การสร้างทักษะชีวิต วิถีมา ดวงวันทอง (2560) ทั้งนี้ กลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มจะมีคุณลักษณะที่คาดหวังเฉพาะที่แตกต่างกันไป ได้แก่

1. เด็กและเยาวชนนอกระบบการศึกษา มีทักษะที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 มีทักษะการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการทำงาน การเอาตัวรอดในสังคม หรือการกลับเข้าสู่ระบบการศึกษา มีทัศนคติที่ส่งเสริมการพัฒนา (growth mindset) มีวัฒนธรรมของการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทั้งนี้ จะรวมถึงการป้องกันไม่ให้เด็กและเยาวชนที่ยังอยู่ในระบบการศึกษาที่เป็นกลุ่มเสี่ยงและมีความเปราะบางให้ยังคงมีความพร้อมและศึกษาต่อไปได้จนถึงระดับสูงสุดตามศักยภาพ
2. นักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา มีทักษะที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะที่ตอบโจทยการทำงานหรือการเป็นผู้ประกอบการ มีวัฒนธรรมของการเรียนรู้ตลอดชีวิต สามารถปรับตัวให้ยังคงเป็นที่ต้องการของตลาดงานได้ และมีภูมิคุ้มกันต่อภาวะวิกฤตด้านเศรษฐกิจและสังคม
3. กำลังแรงงาน ซึ่งรวมถึงกำลังแรงงานทั้งในระบบและนอกระบบ และแรงงานอิสระที่รับงานผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ (gig workers) ซึ่งกำลังแรงงานทักษะกลางและต่ำต้องมมีทักษะขั้นพื้นฐานด้านดิจิทัลและภาษาต่างประเทศที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ มีทัศนคติส่งเสริมการพัฒนาพร้อมยกระดับไปสู่การเป็นกำลังแรงงานทักษะสูง และกำลังแรงงานทักษะสูง

ตามแนวคิดของ Piaget (ทิตนา แคมมณี, 2562; ปริญา, 2558) เมื่อเกิดทักษะดังกล่าวขึ้นมานั้น ทำให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องในระหว่างการทำงาน และส่งผลไปถึงหลักในการดำเนินชีวิตด้วยการประกอบอาชีพ ผ่านการเข้าถึงทรัพยากรหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น หนังสือ วิดีโอ คอร์สเรียนออนไลน์ การฝึกอบรม เป็นต้น โดยที่อาศัยความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและองค์กรต่างๆ ที่เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาร่วมกันและทำหน้าที่ในการสร้างวัฒนธรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยการให้โอกาสในการฝึกอบรมและการพัฒนาทักษะอย่างต่อเนื่อง ประเมินผลการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะของบุคคลอย่างต่อเนื่อง และทำการปรับปรุงโปรแกรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความต้องการและการเปลี่ยนแปลงในสถานที่ทำงาน สร้างเครือข่ายการเรียนรู้ระหว่างบุคคลในองค์กรและภายนอก ช่วยให้ตอบสนองความต้องการทั้งสองฝ่ายซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานเท่านั้น ยังเป็นการปลูกฝังทัศนคติและแรงจูงใจในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (Lester & Costley, 2010; Cunningham et al., 2004) ทั้งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดรากฐานในการพัฒนากำลังคนที่เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศอีกด้วย

ดังนั้นแล้วการที่จะส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตของผู้เรียนให้คงอยู่นั้น ควรที่จะอาศัยการรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน ในการออกแบบวิธีการเรียนรู้ให้เข้ากับบริบทของการทำงาน จากการนำปัญหาหรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้พบในการทำงานจริง เพื่อนำมาใช้เป็นกระบวนการในการฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ การแก้ไขปัญหาและการพัฒนา จนกระทั่งถึงผลกระทบที่ส่งผลต่อกระบวนการทำงาน โดยสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ก็มาจากการทำงานของผู้เรียน ไม่เพียงแต่จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาศักยภาพของตนเองได้ดีขึ้น แต่ยังเกิดผลดีต่อทั้งระบบนิเวศที่ผู้เรียนซึ่งมีความสัมพันธ์ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางทางการเรียนรู้ และมีองค์ประกอบต่าง ๆ ในการทำหน้าที่คอยสนับสนุนและจัดการเรียนรู้ ที่เกิดการส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้โดยใช้งานเป็นฐาน อีกทั้งเป็นการวางรากฐานสำคัญในการสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวและพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและโลกแห่งการทำงานในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Aylin Kaplan. (2016). LIFELONG LEARNING: CONCLUSIONS FROM A LITERATURE REVIEW, *International Online Journal of Primary Education*, volume 5, issue 2 , 44-45. Online: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1243611.pdf>

Boud, D., & Solomon, N. (Eds.). (2001). *Work-based learning: A new higher education?*. McGraw-Hill Education (UK).

Brodie, P., & Irving, K. (2007). *Assessment in work-based learning: Investigating a pedagogical approach to enhance student learning. Assessment & Evaluation in Higher Education*, 32(1), 11-19.

Brussels. (2000). A Memorandum on Lifelong . *Commission of the European Communities Learning (COMMISSION STAFF WORKING PAPER)*,

Cunningham, I., Dawes, G., & Bennett, B. (2004). *The handbook of work based learning*. Gower Publishing, Ltd.

Dehnbostel, P. & Schröder, T. (2017). Work-based and Work-related Learning –Models and Learning Concepts. *TVET@Asia. issue 9*, 1-16. http://www.tvetonline.asia/issue9/dehnbostel_schroeder_tv9.pdf (30.06.2017)

Delors' (1996, 2013) A Global Examination of Policies and Practices for Lifelong Learning, *Phyllis Cummins and Suzanne Kunkel*, *Adult Education & Human Resource Development*, 27 no. 3 , Online: <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/JSSRA/article/view/265791/179852>.

Ebbutt, D. (1996) *Universities, Work-based Learning and Issues of Knowledge. Research in Post-Compulsory Education*. 3, 357-37

Faure, E. et al. (1972). *Learning to Be : The World of Education Today and Tomorrow*. Paris: UNESCO.

- Garnett, J. (1997) *Quality Assurance in Work Based Learning. In: UACE work based learning network conference, 1997*
- Geneva. (2019)., Work for a brighter future – Global Commission on the Future of Work, *International Labour Organization*, 10-12, Online: file:///C:/Users/ASUS%20TUF/Downloads /wcms_662410.pdf
- Hursen, C. (2011). Teachers' Views, Attitudes and Perceptions of Competence Towards Lifelong Learning Approach. Evaluation. PhD Thesis, Near East University, Institute of Educational Sciences, Nicosia.
- Kolb, D. A. (1984). "Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development." Prentice Hall.
- Learning and Teaching Support Network Generic Centre. (2001). *A Briefing on Work-based Learning*, November 2001, Heslington, York, United Kingdom
- Lester, S., & Costley, C. (2010). *Work-based learning at higher education level: Value, practice and critique. Studies in Higher Education*, 35(5), 561-575.
- Organisation for Economic Co-operation and Development Education Committee 1996, Lifelong learning for all: meeting of the Education Committee at Ministerial level, 16-17 January 1996, OECD, Paris.
- Raelin, J. A. (1997). *A model of work-based learning. Organization Science*, 8(6), 563-578.
- Raelin, J.A. (2000), *Work-Based Learning: The New Frontier of Management Development*, Prentice Hall, New Jersey
- Raelin, J. A. (2008). *Work-based learning: Bridging knowledge and action in the workplace (New and revised edition)*. Jossey-Bass.
- Senge, P.M. (1990) *The Fifth Discipline: the Art & Practice of the Learning Organisation*. New York: Doubleday Currency
- Rounce, K., & Workman, B. (2005). *Work-based learning at the university of middlesex: What is happening?. Learning in Communities*, 36(2), 65-84.
- Tsang. (2013). The strategies and skills learning and development system, *Learning to change lives*, Toronto, University of Toronto Press.
- UNESCO Institute for Lifelong Learning. (2020f). Embracing a culture of lifelong learning: contribution to the futures of education initiative. Hamburg: UNESCO Global Network of Learning Cities. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374112>.
- World Economic Forum. (2020). The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum.
- คณะกรรมการการศึกษา วุฒิสภา. (2563) *รายงานการพิจารณาศึกษา เรื่อง การจัดการศึกษาโดยบูรณาการการเรียนรู้กับการทำงาน (Work Integrated Learning : WIL) สำหรับอาชีวศึกษา โดยเน้นรูปแบบทวิภาคี*. กรุงเทพฯ: สำนักการพิมพ์สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา
- คณะทำงานด้าน WIL ประเทศไทย. (2553). ปัจจัยความสำเร็จของการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการกับงานทำงาน (WIL: Work-integrated Learning) ของอุดมศึกษาไทย. เอกสารประกอบการสัมมนา WIL (Work-Integrated Learning) มิติใหม่ของอุดมศึกษาไทย. 25 พฤษภาคม 2553 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ฐิติมา ดวงวันทอง. (2560). การเรียนรู้สำหรับผู้สูงอายุ, (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต), สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ดุชนี คำมี. (2557). การศึกษาตลอดชีวิต : พัฒนาสังคมไทยสู่สังคมแห่งการเรียนรู้. *Mahidol R2R e-Journal*, 1(2), 17-19.
- ทศนา แคมมณี. (2562). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 23). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนัช ศรีพนม, อัครรัตน์ พูลกระจ่าง, ทรงธรรม ตีวานิชสกุล (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการทำงาน เป็นฐานสำหรับจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาสมรรถนะ วิชาชีพครูช่างอุตสาหกรรม. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 9(3), 1-20. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/268752>

ปริญญา เทวานฤมิตรกุล. (2558). การศึกษาที่มุ่งผลลัพธ์ (Outcome-based education) โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered) และใช้โครงงานเป็นฐานในการเรียนรู้ (Project-based learning). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง “Active-based learning: What, why and how? และเรื่อง “Workshop: How to implement active-based learning in your classroom?”. วันพุธที่ 1 เมษายน 2558 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สาขาวิชาสารสนเทศศาสตร์คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. (2562). *คู่มือการบูรณาการการเรียนรู้กับการทำงาน (WIL)*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ขอนแก่น.

สุนทร สุนันท์ชัย. (2532). หลักและปรัชญาการศึกษาตลอดชีวิต. เอกสารการสอนชุดวิชาการศึกษาตลอดชีวิต และการศึกษานอกระบบ หน่วยที่ 1 เล่มที่ 1 สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สกว.). (2563). รายงานการศึกษา เรื่อง การส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong learning) เพื่อรองรับการพลิกโฉมฉบับพหุคูณและวิกฤตการณ์โลก, 21-24. Retrieved from <https://www.nxpo.or.th/th/report/9519/?fbclid=IwAR37xv2ndPwk7RieLDXCqUhjA76pL1mAZENPqPycqw9nZtsaKoHdfnc3tY>.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2551). *กรอบทิศทางการพัฒนา การศึกษาในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (2550-2554) ที่สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ (2545-2559)*. กรุงเทพฯ: สกศ.

องค์การศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ(UNESCO) (2555). Literacy as Freedom .

อ้างในวารสารการศึกษาตลอดชีวิต. ปีที่1ฉบับที่ (1) นำทองการพิมพ์จำกัด : กรุงเทพฯ

อลงกต ยะไวยทย์ ญัฐวิวัฒน์ วงษ์ชวลิตกุล วันเกษม สัตยานุชิต ณิชภัทริรา มุ่งธนวรรกุลและอัจฉรา ปัทมวิภาค. (2562). *โครงการการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยการสร้างสภาวะแวดล้อมการเรียนรู้ด้วยการทำงานในสภาพจริง(รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์)*. สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

การวิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิดรวบยอดของ ChatGPT เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

กิตติศักดิ์ อามา* และ ธนิษฐา เกษมณี

สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

*อีเมล: umma_rt@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจของ ChatGPT เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยได้ดำเนินการตามแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มีการทำซ้ำห้าครั้ง ประกอบด้วยสามเงื่อนไข ได้แก่ เงื่อนไขมาตรฐาน บทบาทนักศึกษาฟิสิกส์ และบทบาทศาสตราจารย์ฟิสิกส์ โดยใช้แบบทดสอบมาตรฐานสำรวจแนวคิดรวบยอดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (FMCE) และวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบด้วยสถิติ F-test ผลการศึกษาพบว่า ChatGPT สามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์ดี ว ย ค ะ แ น น เ ฉ ลี ย ร ้อ ย ล ะ 55. 66 การกำหนดเงื่อนไขบทบาทสมมติไม่มีผลต่อการตอบคำถามของ ChatGPT โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และ ChatGPT มีความเข้าใจแนวคิดรวบยอดเรื่องแรงกลับทิศ (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน) และกฎข้อที่ 3 ของนิวตันได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตาม ChatGPT ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์คำถามที่ใช้รูปภาพประกอบ ผู้ใช้จึงควรเน้นใช้ ChatGPT สำหรับการอธิบายแนวคิดทางทฤษฎี การตอบคำถามเชิงข้อความ และการทบทวนเนื้อหา จะช่วยให้การใช้งาน ChatGPT เป็นผู้ช่วยในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แดตจี้ที, แพลตฟอร์มการเรียนรู้, ความเข้าใจ, แนวคิดรวบยอด, แรงและการเคลื่อนที่

Analysis of ChatGPT's Conceptual Understanding of Force and Motion

Kittisak Umma* and Tanitta Gatemunee

Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology,
Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand 50300

*E-mail: umma_rt@rmutl.ac.th

Abstract

This study aims to analyze ChatGPT's understanding of force and motion. The experiment was conducted following a Completely Randomized Design (CRD) with five replications. It included three conditions: the standard condition, the role of a physics student, and the role of a physics professor. The research instruments were comprehensive tests called Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE). The ChatGPT comprehension was analyzed using statistics such as average percentage, standard deviation, and F-test. The results showed that ChatGPT scored poorly on the tests, with an average score of 55.66 percent. There were no significant differences at the 0.05 level in ChatGPT's responses to questions under different role-play conditions. In addition, ChatGPT had a correct understanding of the concept of reversing force (Newton's First and Second Laws) and Newton's Third Law. As a result, users are reminded to use ChatGPT to explain theoretical concepts, answer textual questions, and review content, thus improving its utility as a learning assistant.

Keywords: ChatGPT, learning platform, comprehension, concept, force and motion

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) ได้นำไปสู่การปรับปรุงวิธีการเรียนการสอนในหลากหลายด้าน หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีผลกระทบอย่างมากคือ ChatGPT (Chat Generative Pre-trained Transformer) ซึ่งเป็นโมเดลภาษาที่ถูกพัฒนาโดย OpenAI (Santhuenkaew, T., 2024) โมเดลนี้สามารถเข้าใจและสร้างข้อความที่มีความหมายและสัมพันธ์กันได้ ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษาได้หลากหลาย ChatGPT สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยการเรียนรู้ส่วนตัวสำหรับผู้เรียน โดยสามารถตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน ช่วยแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อธิบายเนื้อหาที่ซับซ้อน ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทำการบ้านหรือโครงการ และแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมรวมถึงการสร้างสรุปเนื้อหาหรือแผนการเรียนรู้อื่นๆ ที่เข้าใจง่าย ทั้งยังสามารถใช้เพื่อฝึกภาษาใหม่ โดยการสนทนากับ AI ซึ่งช่วยเพิ่มทักษะการสื่อสารและการเขียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับผู้สอน ChatGPT สามารถช่วยเตรียมเอกสารการสอน เช่น สร้างคำถามสำหรับแบบฝึกหัดและข้อสอบ ช่วยค้นคว้าข้อมูลสำหรับการบรรยาย และเสนอแนวคิดใหม่ๆ สำหรับการจัดกิจกรรมในห้องเรียน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยผู้สอนตรวจสอบงานของผู้เรียนและให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นได้อย่างรวดเร็ว การนำ ChatGPT มาใช้ในการศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่ทันสมัยช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้งานเทคโนโลยีนี้ควรมีการกำกับดูแลและปรับใช้อย่างเหมาะสม และนอกจากนี้ Chat GPT ยังมีข้อจำกัดและความท้าทายที่ต้องพิจารณา เช่น ความแม่นยำของข้อมูลที่ AI นำเสนอ ซึ่งอาจมีความผิดพลาดหรือไม่ครบถ้วน การรักษาความเป็นส่วนตัวของผู้เรียน และการหลีกเลี่ยงการพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไป ทั้งนี้การใช้งาน AI ในการศึกษาควรได้รับการกำกับดูแลและปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทและเป้าหมายทางการศึกษา เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการศึกษาในยุคปัจจุบัน

การศึกษาผลกระทบของการใช้ ChatGPT ในการวิเคราะห์ความเข้าใจเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมของวัตถุในระบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในชีวิตประจำวันหรือในทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ความเข้าใจในหลักการเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ และแก้ปัญหาฟิสิกส์ในชีวิตประจำวัน โดยที่ ChatGPT สามารถแก้ปัญหาการคำนวณทางฟิสิกส์ อธิบายวิธีแก้ปัญหา และสร้างแบบฝึกหัดใหม่ๆ ในระดับมัธยมศึกษาได้ (Liang et al., 2023) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของ ChatGPT เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อประเมินความถูกต้องของการตอบสนองของ ChatGPT ซึ่งจะเป็พื้นฐานในการพัฒนาแนวทางการใช้ ChatGPT ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนหากเทคโนโลยี AI ที่มีข้อจำกัดนี้ไม่ได้รับการใช้อย่างเหมาะสม อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษา (Physics Education Research, PER) เป็นการศึกษาทางวิชาการที่เน้นการเข้าใจ ปรับปรุงวิธีการสอนและการเรียนฟิสิกส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับมหาวิทยาลัย และส่งเสริมให้นักศึกษาเรียนรู้ฟิสิกส์ได้ดียิ่งขึ้น โดยอาศัยกระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (Beichner, R., 2009) งานวิจัยในสาขานี้ครอบคลุมหลากหลายประเด็น ได้แก่ วิธีการสอนแนวทางการเรียนรู้ การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนรู้ และการสำรวจความเข้าใจในแนวคิดทางฟิสิกส์ของผู้เรียน (Rakkapao, S., 2014) โดยในการตรวจสอบแนวคิดรวบยอด (concept) ของผู้เรียน มักใช้เครื่องมือมาตรฐาน (research-based instruments) ที่พัฒนาจากการวิจัยและได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย เครื่องมือเหล่านี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อวัดความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาฟิสิกส์ และสามารถระบุความเข้าใจผิด (misconceptions) ที่ผู้เรียนอาจมี โดยใช้แบบทดสอบที่ผ่านกระบวนการทดสอบและปรับปรุงอย่างละเอียดเพื่อให้มีความเชื่อถือได้ (reliability) และความเที่ยงตรง (validity) สำหรับเนื้อหาทางด้านกลศาสตร์ มีแบบทดสอบวัดความเข้าใจของผู้เรียนในแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ที่ได้รับการพัฒนาโดย Hestenes, D. และคณะ (1992) เรียกว่า Force Concept Inventory (FCI) เนื่องจาก

คำถามและตัวเลือกของแบบทดสอบ FCI มีหลายบริบทมาเกี่ยวข้อง ต่อมาจึงได้รับการพัฒนาอีกครั้งโดย Thornton, R. และคณะ (1998) เรียกว่า Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) แบบทดสอบ FMCE นี้ได้มีการประเมินความเที่ยงตรงจากผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาระดับดีมาก และความน่าเชื่อถือจากการทดสอบโดยใช้สถิติ Cronbach alpha พบว่ามีค่าสูงเท่ากับ 0.91 (Ramlo, S., 2008) สามารถใช้วัดความเข้าใจของผู้เรียนและตรวจสอบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพ

ต่อมาในปัจจุบันความสามารถของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนสามารถทำงานแทนมนุษย์ได้ในลักษณะงานบางอย่าง ChatGPT เป็นอีกหนึ่งตัวช่วยในการเรียนการสอน (Bitzenbauer, P., 2023) การให้คำปรึกษาและการตอบคำถาม การฝึกทำแบบฝึกหัดและข้อสอบ การสอนเสริมและการทบทวนเนื้อหา เนื่องจาก ChatGPT เป็นโมเดลแห่งปัญญาประดิษฐ์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลจำนวนมาก สามารถตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือสร้างเนื้อหาได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของตนเอง และในปี ค.ศ. 2023 มีงานวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาเกี่ยวกับ ChatGPT ถูกใช้เพื่อทำแบบทดสอบในวิชาฟิสิกส์ที่ใช้แคลคูลัสเป็นฐาน และมีการทดสอบให้คะแนนคำตอบของ ChatGPT เหมือนที่ให้คะแนนคำตอบของมนุษย์ ผลปรากฏว่า ChatGPT มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ผ่านวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นเพียงเล็กน้อย โดยแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดหลายอย่างที่พบในผู้เรียนเริ่มต้น การทดสอบและการวิจัยถูกนำเสนอเพื่อการศึกษาและปรับปรุงหลักสูตรในอนาคต (Kortemeyer, G., 2023) และนอกจากนี้ตามรายงานการวิจัยของ Wheeler, S. และคณะ (2023) พบว่าคำตอบของ ChatGPT ต่อคำถามฟิสิกส์มาตรฐานนั้นสอดคล้องกับความเข้าใจทางทฤษฎีที่แม่นยำ แต่มักจะไม่ถูกต้องเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับระบบที่กำหนด ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจผิดหลายประการเช่นเดียวกับผู้เรียน ดังนั้น เพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบและการใช้งาน ChatGPT เพื่อเป็นตัวช่วยในการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการทดสอบ ChatGPT ด้วยแบบทดสอบมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในทางฟิสิกส์ศึกษา ในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่เพื่อปรับใช้ให้สอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนการสอนในอนาคต

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวความคิด ความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเองจากการเรียนรู้ การสังเกต การทดลอง โดยแนวคิดที่ผู้เรียนสร้างขึ้นนั้นมีความแตกต่างจากแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ และต้องได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการตอบคำถามของ ChatGPT โดยใช้คำถามเป็นภาษาอังกฤษตามต้นฉบับ จากแบบทดสอบความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation, FMCE) ที่พัฒนาโดย Thornton, R. และคณะ ซึ่งแบบทดสอบเป็นแบบตัวเลือก จำนวน 43 ข้อ ที่มีเนื้อหาเฉพาะเรื่องแรงและการเคลื่อนที่เท่านั้น ทำการทดสอบกับแชทบอตสาธารณะ ChatGPT ซึ่งมีการเข้าถึง GPT-3.5 รวมการเข้าถึง GPT-4o แบบจำกัด โดยออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการทดสอบถามคำถาม ChatGPT ในห้องสนทนาเดียวกัน และทำการทดสอบด้วยการเพิ่มเงื่อนไขข้อความสนทนา "บทบาทสมมติ" เพื่อทดสอบการตอบคำถามของ ChatGPT เมื่อรับบทบาทที่กำหนดประกอบด้วยสามเงื่อนไข ได้แก่ เงื่อนไขมาตรฐาน บทบาทนักศึกษาฟิสิกส์ และบทบาทศาสตราจารย์ฟิสิกส์ ดังนี้

การทดลองที่ 1: ไม่ได้กำหนดบทบาทโดยใช้ ChatGPT Prompt "Answer the following questions by selecting the correct answer. I'll start:"

การทดลองที่ 2: บทบาทสมมติเป็นนักศึกษาฟิสิกส์ปีแรกที่กำลังสอบ โดยใช้ ChatGPT Prompt "Pretend you are a first-year physics student taking an exam. Answer the following questions with your letter selection. I'll start:"

การทดลองที่ 3: บทบาทสมมติเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่สร้างเฉลยคำตอบสำหรับการสอบ โดยใช้ ChatGPT Prompt "Pretend you are a physics professor creating an answer key for an exam. Write the correct letter answers to the following questions. I'll start:"

ทำซ้ำในแต่ละการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ในห้องสนทนาแยกกัน หลังจากนั้นนำผลคะแนนจากการตรวจคำตอบของแบบทดสอบ FMCE มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ, ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลทดสอบด้วยการทดสอบค่าเอฟ (F-test)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาค้นคว้านี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ค่าเฉลี่ยร้อยละการตอบถูก โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยร้อยละการตอบถูก } (\bar{x}) = \frac{\sum x}{N} \quad (1)$$

เมื่อ $\sum x$ คือ ผลรวมของร้อยละจำนวนการตอบถูก

N คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ใช้สูตรดังนี้

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}} \quad (2)$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x$ คือ ผลรวมของร้อยละการตอบถูกแต่ละข้อ

$\sum x^2$ คือ ผลรวมของร้อยละการตอบถูกแต่ละข้อยกกำลังสอง

การทดสอบค่าเอฟ (F-test) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way analysis of variance) ใช้สูตรดังนี้

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}, \quad df = k, n - k \quad (3)$$

เมื่อ F คือ ค่าสถิติในการแจกแจงแบบเอฟ (F-distribution)

MS_b คือ ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

MS_w คือ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

k คือ จำนวนกลุ่มที่ศึกษา

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

4. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลคะแนนโดยรวมของ ChatGPT จากการทำแบบทดสอบ FMCE ในแต่ละการทดลองโดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน มีค่าเฉลี่ยร้อยละการตอบถูกในการทดลองที่ 1 เท่ากับ 54.88 ในการทดลองที่ 2 เมื่อแจ้งให้ Chat GPT มีบทบาทสมมติเป็นนักศึกษาฟิสิกส์ปีแรกที่กำลังสอบ มีค่าเฉลี่ยร้อยละการตอบถูกเท่ากับ 57.21 และในการทดลองที่ 3 มีบทบาทสมมติเป็นศาสตราจารย์ฟิสิกส์ที่สร้างเฉลยคำตอบสำหรับการสอบ มีค่าเฉลี่ยร้อยละการตอบถูกเท่ากับ 54.88 ผลคะแนนเฉลี่ยโดยภาพรวมรายข้อทั้งหมด มีค่าร้อยละการตอบถูกเท่ากับ 55.66 ซึ่งผ่านเกณฑ์ประเมินผลการเรียนเพียงเล็กน้อย มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับร้อยละ 44.34 เมื่อทดสอบผลการเปรียบเทียบทางสถิติของทั้งสามเงื่อนไขในบทบาทสมมติของ ChatGPT ด้วยสถิติ F-test โดยได้นำข้อมูลการทดลองทั้งสามแบบมาตรวจสอบความเป็นการแจกแจงปกติด้วย Shapiro-Wilk Test พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนร้อยละการตอบถูกของการทดลองทั้งสามแบบ มีค่า P-value เท่ากับ 0.999748 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าคะแนนร้อยละการตอบถูกของการทดลองทั้งสามแบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ ค่าร้อยละการตอบถูก และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของ ChatGPT สำหรับเรื่องแรงและการเคลื่อนที่โดยภาพรวมทั้ง 43 ข้อ

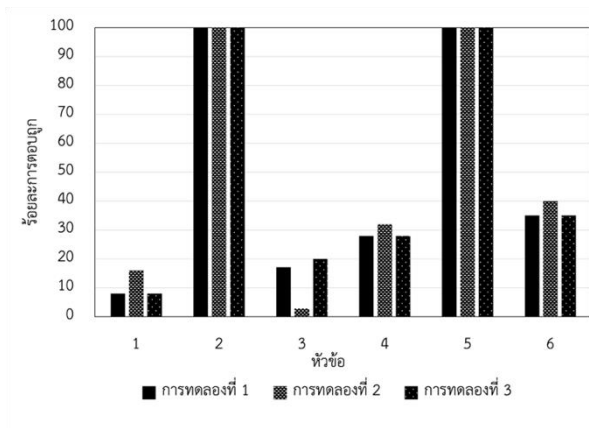
เงื่อนไข ChatGPT	ร้อยละการตอบถูก		ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน		F	P-value	Shapiro-Wilk Test
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD			
การทดลองที่ 1	54.88	43.45	43.45	43.45	0.000252	0.999748	0.085

การทดลองที่ 2	57.21	45.85	44.85	44.85	0.202
การทดลองที่ 3	54.88	43.45	45.12	43.45	0.086
รวม	55.66	43.59	44.34	43.59	

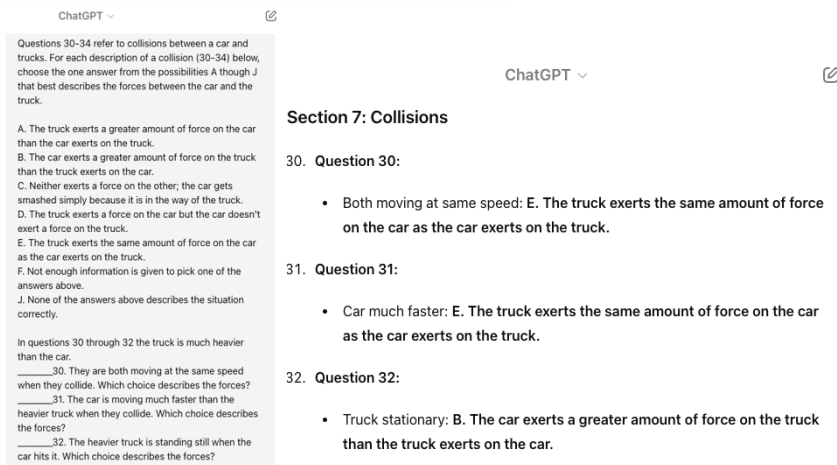
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยร้อยละการตอบถูกต้องตามแนวคิดรวบยอด

หัวข้อ	แนวคิดรวบยอด	ชื่อคำถาม	จำนวนคำถาม	การทดลองที่ 1		การทดลองที่ 2		การทดลองที่ 3		รวม	
				\bar{x}_1	SD	\bar{x}_2	SD	\bar{x}_3	SD	\bar{x}	SD
1	แรงลากเลื่อน (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน)	1-4, 7	5	8	17.89	16	17.89	8	17.89	10.67	4.62
2	แรงกลับทิศ (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน)	8-13, 27-29	9	100	0	100	0	100	0	100	0
3	กราฟของแรง (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน)	14, 16-21	7	17.14	13.80	2.86	7.56	20	11.55	13.33	9.18
4	กราฟของความเร็ว	22-26, 30-32,	5	28	33.47	32	46.04	28	33.47	29.33	2.31
5	กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน	34, 36, 38	6	100	0	100	0	100	0	100	0
6	กราฟของความเร็ว	40-43	4	35	10	40	16.33	35	10	36.67	2.89

ผลการวิเคราะห์ร้อยละการตอบถูกต้องของ ChatGPT โดยใช้แบบทดสอบ FMCE ซึ่งประกอบด้วยจำนวน 43 ข้อ จากตารางที่ 1 เป็นการวิเคราะห์แบบทดสอบโดยภาพรวมรายข้อ ในจำนวนการทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง พบว่า ChatGPT สามารถตอบคำถามบางข้อได้ถูกต้อง แต่บางข้อไม่สามารถตอบได้ถูกต้อง ทำให้ข้อมูลมีการกระจายตัวค่อนข้างมาก จึงมีการวิเคราะห์แยกเป็นแนวคิดรวบยอดตามกลุ่มเนื้อหา โดยเมื่อจัดกลุ่มคำถามเพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจตามแนวคิดรวบยอด ซึ่งพิจารณาจากรายละเอียดของคำถาม สามารถแบ่งแนวคิดรวบยอดออกเป็น 6 หัวข้อ ได้แก่ แรงลากเลื่อน (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน), แรงกลับทิศ (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน), กราฟของแรง (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน), กราฟของความเร็ว, กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน และกราฟของความเร็ว หลังจากนั้นหาค่าเฉลี่ยร้อยละการตอบถูกต้องตามแนวคิดรวบยอดดังกล่าว โดยผลของการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 2 และแผนภูมิแสดงค่าร้อยละการตอบถูกต้องของ ChatGPT แยกตามแนวคิดรวบยอดในแต่ละหัวข้อ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ร้อยละการตอบถูกต้องจากแบบทดสอบ FMCE ของ ChatGPT ตามแนวคิดรวบยอด



คำถาม

คำตอบ

รูปที่ 2 ตัวอย่างคำถามและคำตอบของ ChatGPT ที่สามารถตอบได้ถูกต้อง

ผลการสำรวจความเข้าใจตามแนวคิดรวบยอดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของ ChatGPT จากรูปที่ 1 พบว่า ChatGPT สามารถตอบคำถามในหัวข้อแรงกลับทิศ (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน) และหัวข้อกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ได้อย่างถูกต้องในทั้งสามเงื่อนไขการทดลอง ตัวอย่างคำถามแสดงดังรูปที่ 2 รองลงมาคือ หัวข้อกราฟของความเร็วมีค่าร้อยละ 36.67, กราฟของความเร่งมีค่าร้อยละ 29.33, กราฟของแรง (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน) มีค่าร้อยละ 13.33 และแรงลากเลื่อน (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน) มีค่าร้อยละ 10.67 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการประเมินผลตามเงื่อนไขการทดลองสำหรับบทบาทสมมติเป็นนักศึกษาฟิสิกส์ปีแรกที่กำลังสอบ พบว่า แนวคิดรวบยอดในหัวข้อกราฟของแรง (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน) มีค่าร้อยละ 2.85 เป็นค่าน้อยที่สุด ส่วนในหัวข้ออื่น ๆ มีค่าร้อยละการตอบถูกมากกว่าทั้งการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 3 ซึ่งจากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการกำหนดบทบาทสมมติให้กับ ChatGPT ไม่มีผลต่อการตอบคำถามของ ChatGPT ซึ่งมีความสอดคล้องจากงานวิจัยของ Wheeler และคณะ (2023) ที่ระบุว่า ChatGPT ให้คำอธิบายการสนทนาที่ถูกต้องแม่นยำเกี่ยวกับทฤษฎีฟิสิกส์ในบางกรณี และคำอธิบายที่ไม่ถูกต้องหรือทำให้เข้าใจคลาดเคลื่อนในบางกรณี ผู้เรียนที่ใช้ในการเรียนทางฟิสิกส์อาจได้รับประโยชน์จากคำอธิบาย แต่ก็เสี่ยงต่อการที่จะมีการเสริมความเข้าใจผิดทั่วไปด้วย นอกจากนี้ หากพิจารณาจากผลคะแนนรายหัวข้อตามแนวคิดรวบยอดของแบบทดสอบ ผลคะแนนของ ChatGPT อยู่ในระดับต่ำในส่วนของกลุ่มหัวข้อ แรงลากเลื่อน, กราฟของแรง, กราฟของความเร่ง และกราฟของความเร็ว ซึ่งเป็นลักษณะคำถามที่ต้องวิเคราะห์และใช้รูปภาพประกอบการตอบกลับของ ChatGPT ยังทำแบบทดสอบได้ไม่ถี่นัก มีแนวโน้มที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจผิดได้หากใช้ ChatGPT เป็นผู้ช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งการตอบคำถามเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของ ChatGPT สะท้อนถึงความเข้าใจโดยทั่วไปของผู้เรียนที่จำเป็นต้องใช้วิจารณ์ญาณในการวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งสำหรับการพิจารณาเคลื่อนที่ อย่างไรก็ตาม ChatGPT ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นรุ่น ChatGPT 4.0 หากได้รับการอัปเดตใหม่อาจทำให้ ChatGPT เป็นผู้ช่วยในการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้

5. สรุปและอภิปรายผล

การประเมินความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของ ChatGPT โดยใช้แบบทดสอบ FMCE พบว่า ChatGPT สามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 55.66 การกำหนดเงื่อนไขบทบาทสมมติไม่มีผลต่อการตอบคำถามของ ChatGPT เมื่อวิเคราะห์ผลความเข้าใจตามแนวคิดรวบยอดพบว่า ChatGPT สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องในหัวข้อแรงกลับทิศ (กฎข้อที่ 1, 2 ของนิวตัน) และกฎข้อที่ 3 ของนิวตันซึ่งแสดงถึงความเข้าใจเชิงทฤษฎีที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดทางฟิสิกส์ อย่างไรก็ตาม ในหัวข้ออื่น ๆ ที่ต้องใช้วิจารณ์ญาณในการวิเคราะห์และใช้รูปภาพประกอบเป็นหลัก ได้แก่ แรงลากเลื่อน, กราฟของแรง, กราฟของความเร่ง และกราฟของความเร็ว การตอบคำถามของ ChatGPT ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนซึ่งหมายความว่า การตอบสนองที่ไม่ถูกต้องของ ChatGPT อาจส่งผลให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลที่ผิดหรือคลาดเคลื่อนได้เมื่อใช้

ChatGPT เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้สำหรับวิชาฟิสิกส์ ผู้ใช้จึงควรเน้นใช้ ChatGPT สำหรับการอธิบายแนวคิดทางทฤษฎี การตอบคำถามเชิงข้อความ และการทบทวนเนื้อหา จะช่วยให้การใช้งาน ChatGPT เป็นผู้ช่วยในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประยุกต์ใช้ ChatGPT ทางการศึกษาที่เป็นไปได้ คือ ผู้สอนสร้างคำถาม โจทย์ปัญหา และแบบฝึกหัดที่ต้องการให้ผู้เรียนระบุและแก้ไขปัญหาโดยที่ ChatGPT ไม่สามารถแก้ได้อย่างถูกต้อง ก่อนนำชุดแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในชั้นเรียน โดยที่ผู้สอนสามารถใช้ ChatGPT เป็นการศึกษานำร่อง (a pilot study) ดังเช่นงานวิจัยของ Bitzenbauer (2023) ที่ให้ผู้เรียนได้ตรวจข้อสอบอย่างมีวิจารณญาณของข้อ มูล ที่ ChatGPT ให้เกี่ยวกับธรรมชาติของโฟตอน รวมถึงการตั้งคำถามเกี่ยวกับอนุภาคของคลื่น และอภิปรายผลในชั้นเรียนในรูปแบบ think-pair-share เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ ChatGPT ซึ่งผลคำตอบที่ได้จากการตอบสนอง ของ AI โดยทั่วไป ผู้เรียนจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม เช่นเดียวกับความเข้าใจของ ChatGPT เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ คำตอบของ ChatGPT ใช้ถ้อยคำที่น่าเชื่อถือ และมักจะอ้างถึงคำอธิบายทางทฤษฎีเพื่อเสริมคำตอบที่ถูกต้อง ดังนั้นการออกแบบ คำถาม โจทย์ปัญหา และ ลักษณะ แบบ ฝึก หัด จึงควรเป็นลักษณะท้าทายให้ผู้เรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นขั้นตอนเกี่ยวกับข้อมูลที่นำเสนอในคำตอบของ ChatGPT ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคุ้นเคยมากยิ่งขึ้นกับการประยุกต์ใช้แนวคิดทางฟิสิกส์ และเสริมทักษะในการตรวจสอบข้อเท็จจริงในเนื้อหาที่เรียนอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้ร่วมวิจัยเป็นอย่างดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สาขาวิทยาศาสตร์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่สนับสนุนสื่อ อุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

Beichner, R. (2009). An introduction to physics education research. In C. Henderson & K. A. Harper (Eds.), *Getting start in PER*. American Association of Physics Teachers.

Bitzenbauer, P. (2023). ChatGPT in physics education: A pilot study on easy-to-implement activities. *Contemp. Educ. Technol.*, 15(3), ep430. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13176>

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *Phys. Teach.*, 30(3), 141-158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>

Kortemeyer, G. (2023). Could an artificial-intelligence agent pass an introductory physics course? *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 19(1), 010132. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010132>

Liang, Y., Zou, D., Xie, H., & Wang, F. L. (2023). Exploring the potential of using ChatGPT in physics education. *Smart Learn. Environ.*, 10(52). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00273-7>

Rakkapao, S. (2014). Improving students' conceptual understanding of the Newton's laws of motions by using the predict-observe-explain (POE) method. *Prince of Songkla University*. <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2010/9832>

Ramlo, S. (2008). Validity and reliability of the force and motion conceptual evaluation. *Am. J. Phys.*, 76(9), 882-886. <https://doi.org/10.1119/1.2952440>

Santhuenkaew, T. (2024). Using artificial intelligence technology AI (Chat GPT) to promote writing skills. *J. Appl. Educ.*, 2(2), 45-58. <https://so16.tci-thaijo.org/index.php/JAE/article/view/213>

Thornton, R., & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *Am. J. Phys.*, 66(4), 338-351. <https://doi.org/10.1119/1.18863>

Wheeler, S., & Scherr, R. E. (2023). ChatGPT reflects student misconceptions in physics. In R. Jones & A. Pawl (Eds.), *Physics Education Research Conference 2023* (pp. 386-390). American Association of Physics Teachers. <https://doi.org/10.1119/perc.2023.pr.Wheeler>

การศึกษาปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา

นางสาวกัญญาพัชญ์ บุญพรรณธวัชณ์^{1*} รตนภูมิ ไนสุ²

¹ สาขาวิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น

² สาขาวิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น

*6590041047@feu.edu, 082-2827898

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา กลุ่มเป้าหมายคือผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 1 คน ครูและบุคลากรทางการศึกษา จำนวน 9 คน คณะกรรมการสถานศึกษาและตัวแทนผู้ปกครองจำนวน 7 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ปัญหาภาวะถดถอยของผู้เรียนในสถานศึกษา สำหรับผู้บริหารสถานศึกษา แบบสอบถามปัญหาภาวะถดถอยของผู้เรียนในสถานศึกษา สำหรับครู และแบบสอบถามปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในช่วงการแพร่ระบาดโรคโควิด-19 สำหรับผู้ปกครองและตัวแทนผู้ปกครอง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า ปัญหาภาวะถดถอยของผู้เรียนในสถานศึกษา ในภาพรวมมีปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ด้านผู้เรียน เรื่องการอ่านออกเขียนได้ในระดับมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ด้านผู้ปกครอง เรื่อง ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ในระดับมากที่สุด ด้านครู เรื่อง ภาระงานที่นอกเหนือจากการสอน ในระดับมากที่สุด ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในระดับปานกลาง และด้านการบริหารจัดการ ในระดับน้อย ตามลำดับ

คำสำคัญ ภาวะถดถอยทางการเรียนรู้, โควิด-19

A study of the problem of learning decline among students in educational institutions.

Miss Pinyapat Boonpantawat 1* And *Ratanapoom Nosu*²

1 Department of Educational Administration Faculty of Education Far Eastern University

2 Department of Educational Administration Faculty of Education Far Eastern University

*6590041047@feu.edu, 082-2827898

Abstract

The purpose of this research is to study the problem of learning decline among students in educational institutions. The target group is Educational institution administrators, 1 person, teachers and educational personnel, 9 people, educational institution committee and parents' representatives, 7 people. The research instrument was an interview form regarding the recession of students in educational institutions. For educational institution administrators Questionnaire on problems of student recession in educational institutions for teachers and questionnaire on problems in teaching and learning during the COVID-19 outbreak. For parents and guardian representatives Statistics used in data analysis include averaging, standard deviation and analyze content

The research results found that The problem of student recession in educational institutions Overall, there is a problem of learning regression on the student side. About reading and writing at the highest level, followed by parents' side regarding economic problems at a high level, teachers' side regarding workloads other than teaching at a high level, and the learning management process aspect. at a moderate level and management at a low level, respectively

Keywords: Important terms of learning loss, Covid-19

1. บทนำ

ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัสที่มีการถ่ายทอดจากคนไปสู่คน โดยมีการพบเชื้อครั้งแรกในเมืองอู่ฮั่น สาธารณรัฐประชาชนจีน และยังมี การแพร่ระบาดกระจายเชื้อไปยังประเทศต่างๆ อย่างรวดเร็วรวมถึงประเทศไทย (สรินญา มารศรี และ ประยูร แสงใส, 2021) ทำให้เกิดผลกระทบเป็นวงกว้างต่อสังคม คุณภาพชีวิต และเศรษฐกิจของทุกประเทศทั่วโลก เมื่อพิจารณาในมิติทางการศึกษา พบว่าสถานการณ์โรคระบาดทำให้สถานศึกษาทุกระดับต้องหยุดเรียนในบางช่วง ส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามที่ควรจะได้รับในระบบสถานศึกษาอย่างสมบูรณ์ ครูผู้สอนต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการสอนและวิธีการจัดการเรียนรู้ และเปลี่ยนแพลตฟอร์มในการจัดการเรียนรู้ให้เป็นรูปแบบออนไลน์ (Online Learning) หรือห้องเรียนเสมือนจริงมากขึ้น นอกจากนี้ผู้บริหารสถานศึกษาและครูที่จะต้องอุทิศและทุ่มเทพลังความสามารถเพื่อจัดสรรทรัพยากรต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนแล้ว พ่อแม่ ผู้ปกครอง รวมถึงสมาชิกในครอบครัวที่มีส่วนเกี่ยวข้องก็จำเป็นต้องสนับสนุนการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนด้วยเช่นกัน ผลจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 ส่งผลต่อการเติบโตทางวิชาการ พิจารณาจากผลการเรียนในวิชาหลักภาษาไทยของผู้เรียนในบางระดับชั้นมีการถดถอยลงเมื่อเทียบกับช่วงก่อนระบาด นอกจากนี้ การแพร่ระบาดยังเพิ่มความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงช่องทางการเรียนรู้ ขาดโอกาสในการได้รับความช่วยเหลือจากระบบสถานศึกษา ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนทางวิชาการอย่างมาก การหยุดชะงักไปอันเนื่องมาจากสถานการณ์แพร่ระบาดส่งผลให้เกิดความเหลื่อมล้ำมากยิ่งขึ้นเช่นกัน ผลกระทบของการแพร่ระบาดไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนในระบบการศึกษาเท่านั้น แต่ยังคงครอบคลุมถึงการพัฒนาทักษะชีวิต ทักษะอาชีพ และความสามารถในการปรับตัวของผู้เรียนในระยะยาว การเรียนรู้ออนไลน์ที่เพิ่มขึ้นอาจสร้างความท้าทายใหม่ๆ ให้กับผู้เรียนที่ขาดแคลนทรัพยากรหรือสิ่งสนับสนุนที่จำเป็น เช่น การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสม ในด้านบวก สถานการณ์นี้ยังเป็นโอกาสให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเรียนการสอน ครูผู้สอนสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างสรรค์วิธีการสอนที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การนำแพลตฟอร์มออนไลน์มาใช้สามารถเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าถึงแหล่งความรู้ที่หลากหลายจากทั่วโลกและสามารถเรียนรู้ตามความสนใจและความสามารถของตนเอง

จากข้อมูลดังกล่าว กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดนโยบายและจุดเน้นประจำปีงบประมาณ 2566 ในการยกระดับคุณภาพการศึกษาโดยส่งเสริมสนับสนุนให้จัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ค้นพบพรสวรรค์ ความสนใจ ความถนัดในอาชีพของตนด้วยการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง (Active Learning) ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียนจัดการเรียนรู้ตามความสนใจรายบุคคลของผู้เรียนผ่านดิจิทัลแพลตฟอร์มการเรียนรู้ โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ขับเคลื่อนนโยบายดังกล่าว มีการกำหนดนโยบาย จุดเน้นยุทธศาสตร์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา เพื่อมุ่งหวังให้มีการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทุกช่วงวัยในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้รับการศึกษาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานสอดคล้องกับศักยภาพให้เป็นผู้มีสมรรถนะและทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ส่งเสริมสนับสนุนให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้เชิงรุก(Active Learning) และเป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรม(Co-creation) ให้กับผู้เรียนในทุกระดับชั้น และมีนโยบายเร่งด่วนในปีงบประมาณ 2566 จุดเน้นที่ 1 เร่งแก้ปัญหากลุ่มผู้เรียนที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยเพิ่มโอกาสในการศึกษาฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้(Learning Loss Recovery) ให้กับผู้เรียนทุกระดับรวมทั้งลดความเครียดและสุขภาพจิตของผู้เรียน จากปัญหาดังกล่าว โรงเรียนบ้านห้วยไคร้ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์แพร่ระบาดโรคโควิด-19 ที่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ เช่นกัน เนื่องจากสภาพบริบทของโรงเรียน ผู้เรียนเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ การจัดการเรียนการสอนจึงไม่ค่อยประสบผลสำเร็จในด้านของการเรียนรู้ ผู้เรียนไม่ค่อยให้ความสนใจ จึงเกิดเป็นปัญหาตามมาในเรื่องของการสื่อสารภาษาไทย สภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนที่บ้านไม่เอื้ออำนวย (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ,2565) ซึ่งพบข้อสรุปจากการสังเคราะห์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในภาพรวมของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากผลการทดสอบทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน(O-NET) ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านมา พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเมื่อปีการศึกษา 2563 ซึ่งปีการศึกษา 2564 ไม่มีการทดสอบ และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบของสถานศึกษาระหว่างระดับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาที่ระดับประเทศ พบว่า ผลการทดสอบทางการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้(สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่เขต3:2565)

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ นั้น เพื่อค้นหาความหมายและองค์ประกอบของภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ ด้านการอ่านออกเขียนได้ โดยแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ คือ

ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการและคุณลักษณะของการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 5 ตัวแปร ตามบริบทในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1.ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี(Di Pietro et al., 2020) 2.การกำกับตนเองในการเรียนรู้(Cho et al., 2021) 3.ทักษะของครูช(Ikeda & Yamaguchi, 2021) 4. การมีส่วนร่วมของพ่อแม่ในการเรียนรู้ที่บ้าน(Cardinal, 2020) และ 5.การจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ (Asian Development Bank, 2021)โดยปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ส่งผลไปยังภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 รวมทั้งวิเคราะห์ปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การหากระบวนการแก้ปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา

2.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ (Learning loss) หรือการสูญเสียการเรียนรู้ ได้รับกล่าวถึงและได้รับความสนใจอย่างมาก ตั้งแต่ช่วงปลายปีพ.ศ. 2562 จนถึงปัจจุบัน เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา-19 หรือที่รู้จักกัน COVID-19 แต่ในความเป็นจริงแล้วภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ไม่ได้มีมาอย่างยาวนาน ภายใต้อิทธิพลจากสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ โดยการกระทำของบุคคล หรือโดยระบบการศึกษา ที่ล้วนส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งสิ้น ดังนั้น การทำความเข้าใจลักษณะของภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ที่ชัดเจนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ภูมิศรัณย์ ทองเสียนาค (2564ก) ได้กล่าวว่า ภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ (Learning loss) อาจเนื่องมาจากความไม่พร้อมของผู้ปกครอง การขาดแคลนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ การเข้าถึงอินเทอร์เน็ต การใช้เวลาหน้าจอมากเกินไป ขาดปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน จนทำให้เกิดความเครียดทั้งเด็กและครู นอกจากนี้ยังได้มีการประเมินว่าภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในช่วงการเรียนแบบทางไกลจะเกิดแบบไม่สมดุล เช่น กลุ่มเด็กยากจน กลุ่มด้อยโอกาสจะได้รับผลกระทบมากกว่ากลุ่มเด็กที่มีฐานะที่ดีกว่า ยิ่งเด็กยากจนก็ยังมีโอกาสที่จะหลุดจากระบบการศึกษามากกว่าเด็กกลุ่มอื่น งานวิจัยในสหรัฐอเมริกาพบว่าเด็กที่สามารถเรียนแบบออนไลน์ได้ดีในช่วงสถานการณ์โควิด-19 คือเด็กที่เรียนในห้องเรียนได้ตั้งอยู่แล้ว แต่เด็กกลุ่มระดับกลางหรือระดับล่างในห้องเรียนเมื่อเรียนออนไลน์ก็จะเกิดภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ที่รุนแรง ทำให้ยิ่งถูกทิ้งห่าง สำหรับประเทศไทยนั้น ธนาคารโลกได้มีรายงานว่าช่วงก่อนที่จะเกิดโควิด-19 ก็มีสถานะความยากจนของการเรียนรู้ (Learning poverty) อยู่แล้วประมาณ 23% คือในเด็กไทยอายุสิบขวบ 100 คน มีเด็กที่ไม่สามารถอ่านเขียนได้คล่องถึงประมาณ 20 คน เทียบกับเด็กมาเลเซีย 13 คน สิงคโปร์ 3 คน หรือเด็กเวียดนาม 2 คน เมื่อเกิดโควิดก็จะยิ่งทำให้สถานการณ์ความยากจนของการเรียนรู้ของประเทศแย่ลงกว่าเดิม อันจะนำไปสู่ความสูญเสียของทรัพยากรมนุษย์ของเขาและรายได้ในอนาคต คุณภาพชีวิต รวมไปถึงระดับความเจริญทางเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศ และธนาคารโลกยังระบุเพิ่มเติมในรายงานดัชนีทุนมนุษย์ว่านักเรียนไทยใช้เวลาเฉลี่ยในการเรียนหนังสือประมาณ 12.7 ปี แต่ความรู้ที่ได้เทียบได้กับการเรียนเพียง 8.7 ปี ดังนั้น แม้ว่าจะไม่เกิดสถานการณ์โควิด-19 เด็กไทยก็มีความรู้ที่หายไปประมาณ 4 ปีอยู่แล้ว อันเนื่องมาจากคุณภาพการเรียนการสอน ยิ่งเกิดสถานการณ์ที่เด็กไม่ได้เรียนในโรงเรียนตามปกติ ความรู้ที่เขามีก็คงจะยิ่งลดน้อยลง อย่างไรก็ตามที่กล่าวมานั้นเป็นแค่การมองในแง่เศรษฐกิจ แต่ยังไม่ได้มองในแง่ของทุนมนุษย์ ทั้งเรื่องสภาพจิตใจ อารมณ์ การพัฒนาทักษะในสังคมต่าง ๆ ซึ่งเด็กจะขาดไปเมื่อไม่ได้มาเรียนหนังสือในโรงเรียน รวมไปถึงเรื่องอาหารที่ขาดแคลนในกลุ่มเด็กยากจน และเด็กที่ไม่ได้ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาหลักก็จะมีปัญหา เพราะไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ครู โดยเฉพาะเด็กพิการ เด็กที่มีความต้องการพิเศษ ที่ใช้ชีวิตโดยปราศจากโรงเรียนจะยิ่งมีปัญหามากกว่าเดิม รวมไปถึงกลุ่มเด็กปฐมวัย เด็กก่อนวัยเรียนในช่วง 0-7 ปี ซึ่งถือเป็นช่วงวัยทอง (Golden age) ของพัฒนาการในชีวิต หากผ่านช่วงวัยนี้ไปแล้วจะย้อนกลับมาพัฒนา ก็อาจจะสายเกินไป หากเป็นพ่อแม่ชนชั้นกลางก็อาจสามารถจ้างครูที่เลี้ยงมาสอนหรือสามารถดูแลเองได้ แต่สำหรับครอบครัวที่ยากจนต้องพึ่งพาศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในชุมชนในช่วงเวลาที่ศูนย์เด็กเล็กต้องถูกปิดย่อมมีผลต่อพัฒนาการของเด็กกลุ่มนี้เป็นอย่างมาก อีกเรื่องที่สำคัญคือการวัดผล ประเมินผล เพราะช่วงโควิดทำให้ระบบวัดผลประเมินผลในหลายประเทศต้องถูกยกเลิกไป หากเด็กต้องกลับไปเรียนโดยมีความรู้ที่หายไป ก็จะเกิดความเสียหายในระยะยาว เพราะจะเรียนตามเพื่อนไม่ทัน รวมถึงไม่สามารถรองรับเนื้อหาใหม่ ๆ

ที่ยากขึ้นไปได้ ดังนั้นจึงควรมีการวัดผลประเมินผลเพื่อให้ครูสามารถรู้ได้ว่าทักษะความรู้ของเด็ก ณ วันที่เขากลับมาเรียนเป็นอย่างไร หายไปแค่ไหน ควรสอนเสริมในประเด็นใด พร้อมกับมีระบบการเรียนแบบเร่งรัด (Acceleration program) ให้เด็กสามารถเรียนได้ทันเพื่อน หลายประเทศมีแนวทางที่ใช้ต่างกัน ทั้งใช้ระบบตัวต่อ ทั้งแบบหนึ่งต่อหนึ่งหรือแบบห้องเรียน ที่ทำโดยภาคเอกชน NGO ภาครัฐ ที่สนับสนุนงบประมาณ หรือใช้การสอนเสริมในท้ายของวัน หรือเพิ่มเวลาเรียนในช่วงเสาร์ อาทิตย์ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา Learning loss แบบถาวร ทั้งนี้ การจัดการศึกษาในช่วงสถานการณ์โควิดต้องเป็นการจัดการศึกษาที่ยืดหยุ่นให้เหมาะกับบริบทของนักเรียน

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนา (2563) กล่าวว่า การออกแบบการเรียนรู้ในยุคปกติใหม่(New normal) มีจุดเน้นอยู่ที่ การทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพที่เป็นการเรียนรู้เชิงลึก คือ รู้จริง รู้ชัดนำไปประยุกต์ใช้ และสร้างสรรค์นวัตกรรมได้ การออกแบบการเรียนรู้ที่จะตอบสนองจุดเน้นดังกล่าว ควรดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

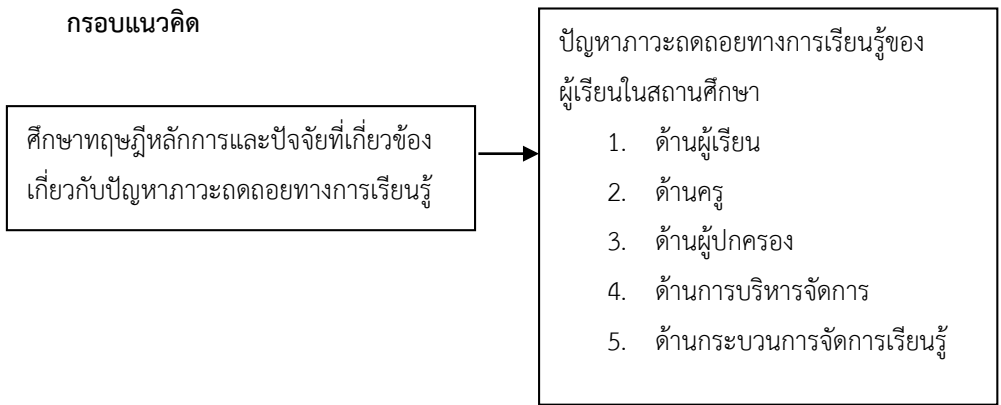
วิเคราะห์ Passion ของผู้เรียนว่าอะไรที่สามารถกระตุ้นผู้เรียนให้มี Passion ในการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนจะมีสิ่งกระตุ้นแตกต่างกัน หากผู้สอนค้นพบสิ่งกระตุ้น Passion ดังกล่าวจะเป็นจุดเริ่มต้นของพฤติกรรมการเรียนรู้อันพึงประสงค์ของผู้เรียนเช่น ความกระตือรือร้น การแสวงหาความรู้ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นต้น

วิเคราะห์สาระและกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ Passion ของผู้เรียน กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ สาระและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตอบสนองความความสงสัยใคร่รู้ของผู้เรียน กิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ Passion จะช่วยทำให้ผู้เรียนใช้พื้นที่การเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง ตรงกันข้ามหากกิจกรรมการเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับ Passion ผู้เรียนจะมีพฤติกรรมไม่ยอมการเรียนรู้วิเคราะห์แพลตฟอร์มและวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ช่วยทำให้ผู้เรียนมีทางเลือกที่จะเรียนรู้ด้วยวิธีการต่างๆ สอดคล้องกับวิถีชีวิตของตนเอง (หลายเส้นทางเป้าหมายเดียวกัน) สำหรับแพลตฟอร์มการเรียนรู้ นั้น อาจจะเป็นการเรียนรู้ออนไลน์ การเรียนรู้ที่โรงเรียน การเรียนรู้ที่บ้าน การเรียนรู้ที่ชุมชน ส่วนวิธีการเรียนรู้ควรเน้นวิธีการเรียนรู้ตามแนวทาง Active learning ในทุกแพลตฟอร์มเพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สะท้อนคิด และถอดบทเรียนเป็นแก่นของความรู้ ซึ่งการถอดบทเรียนจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึก

เตรียมทรัพยากรการเรียนรู้สำหรับการเรียนรู้ในแต่ละแพลตฟอร์มและวิธีการเรียนรู้ขั้นตอนนี้จะช่วยทำให้ผู้เรียนมีโอกาสเลือกพื้นที่การเรียนรู้ของตนเองในลักษณะการเรียนรู้ส่วนบุคคล (Personalized learning) หรือการเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการส่วนบุคคลของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีจิตใจจดจ่อและมุ่งมั่นกับการเรียนรู้ของตนเองจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะเปิดพื้นที่การเรียนรู้ทั้ง 5 ประการ ได้แก่ (1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเอง (2) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบและใช้วิธีการเรียนรู้ของตนเอง (3) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินเพื่อพัฒนาตนเอง (4) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อส่วนรวม และ (5) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสะท้อนคิดตนเอง เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ครั้งใหม่ หากผู้สอนเปิดพื้นที่การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้มากเท่าใด การเรียนรู้เชิงลึกจะเกิดขึ้นได้มากเท่านั้น

ประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มและวิธีการเรียนรู้ที่ผู้สอนได้ใช้ในการจัดการเรียนรู้ว่าสามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการประเมินในส่วนนี้จะนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีพื้นที่การเรียนรู้มากขึ้น

ภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ (Learning loss) เป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ “การเรียนรู้” (Learning) ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3 ทฤษฎี ได้แก่ ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behavioral Theories) ทฤษฎีพุทธิปัญญานิยม (Cognitive learning) และ ทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมแนวพุทธิปัญญา (Social cognitive learning) (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2564) โดยงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคม (Social cognitive theory) (Bandura, 1986) ใช้เป็นกรอบหลักในการศึกษา โดยเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมการเรียนรู้ของบุคคลโดยที่บุคคลนั้นไม่จำเป็นต้องแสดงออกทางพฤติกรรม เมื่อได้รับการเรียนรู้ในเรื่องหนึ่งเรื่องใด หากแต่การที่บุคคลนั้นได้รับองค์ความรู้ใหม่หรือการเรียนรู้เรื่องใหม่ก็ถือว่าบุคคลนั้นได้เกิดการเรียนรู้ขึ้นแล้ว แม้จะยังไม่มีการแสดงทางพฤติกรรมใดๆ ดังนั้น การเรียนรู้ตามแนวคิดของ (Bandura, 1986) นั้นจึงมุ่งเน้นที่การเปลี่ยนแปลงภายในของบุคคล อีกทั้ง พฤติกรรมของบุคคลนั้นไม่ได้เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเพียงเท่านั้น แต่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจัยภายในของบุคคลร่วมด้วย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

ประชากรเป็นนักเรียนในระดับประถมศึกษา ซึ่งกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 1 คน ครูและบุคลากรทางการศึกษา จำนวน 9 คน คณะกรรมการสถานศึกษาและตัวแทนผู้ปกครอง จำนวน 7 คน รวม 17 คน ดำเนินการเก็บข้อมูลในรูปของแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์

เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

1. แบบสัมภาษณ์ปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา(สำหรับผู้บริหารสถานศึกษา) จำนวน 5 ข้อ ประเด็นในการสัมภาษณ์ เสนอความคิดเห็น 5 ด้าน คือ ด้านผู้เรียน ด้านครู ด้านผู้ปกครอง ด้านการบริหารจัดการ และด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในสถานศึกษา พร้อมทั้งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความต้องการในการแก้ปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา
2. แบบสอบถามปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา(สำหรับครูและบุคลากรทางการศึกษา) จำนวน 5 ด้าน คือด้านผู้เรียน ด้านครู ด้านผู้ปกครอง ด้านการบริหารจัดการ และด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในห้องเรียนที่ทำการสอนว่ามีปัญหาในด้านใด ในรูปแบบของRating Scale
3. แบบสอบถามปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในช่วงการแพร่ระบาดโรคโควิด-19(สำหรับคณะกรรมการสถานศึกษาและตัวแทนผู้ปกครอง) จำนวน 2 ด้าน คือ ด้านการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่บ้าน และ ด้านการจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ ที่บ้านของผู้เรียนว่ามีปัญหาในระดับใด ในรูปแบบของRating Scale

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบบสอบถามปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ และ แบบสอบถามปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในช่วงการแพร่ระบาดโรคโควิด-19 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดย ค่าเฉลี่ย สรุปข้อมูลในรูปแบบตาราง และการพรรณนาเป็นความเรียงได้ตารางส่วนแบบสัมภาษณ์เป็นการวิเคราะห์เนื้อหาแบบ ข้อมูลที่มีลักษณะข้อคิดเห็น สรุปผลในรูปแบบรายงานหรือบทความ

4.ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา ทั้ง 5 ด้าน ตาราง1 ภาพรวมปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ระดับปัญหา	ลำดับปัญหา
ด้านผู้เรียน	4.52	มากที่สุด	1
ด้านครู	4.41	มาก	3
ด้านผู้ปกครอง	4.44	มาก	2
ด้านการบริหารจัดการ	4.31	มาก	5
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.37	มาก	4
รวม	4.41	มาก	

จากตารางที่ 1 พบว่าปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษาภาพรวมทั้ง 5 ด้าน อยู่ในระดับ มาก (ค่าเฉลี่ย 4.41) โดยมีปัญหามากที่สุดคือ ด้านผู้เรียน (ค่าเฉลี่ย 4.52) รองลงมาคือ ด้านผู้ปกครอง (ค่าเฉลี่ย 4.44) ด้านครู (ค่าเฉลี่ย 4.41) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย 4.37) และ ด้านการบริหารจัดการ (ค่าเฉลี่ย 4.31) ตามลำดับ และจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารสถานศึกษา กล่าวว่าหัวใจสำคัญในการบริหารสถานศึกษาคือ งานบริหารวิชาการในด้านผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะพัฒนาให้สถานศึกษาบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้ได้อย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์รายด้าน

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน SD.	ระดับปัญหา
ด้านผู้เรียน			
การอ่านออกเขียนได้	5.00	0.00	มากที่สุด
การคิดเลขเป็น	4.56	0.53	มากที่สุด
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน	4.67	0.50	มากที่สุด
คะแนนการวัดผลประเมินผลระดับชาติ	4.89	0.33	มากที่สุด
สมรรถนะในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน	4.67	0.50	มากที่สุด
สมรรถนะในการนำทักษะไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน	4.56	0.53	มากที่สุด
สมรรถนะในการนำคุณลักษณะไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน	4.56	0.53	มากที่สุด
ความรู้เท่าทันในการใช้สื่อและเทคโนโลยี	4.56	0.53	มากที่สุด
ทักษะการสื่อสาร การพูด และการแก้ปัญหา	4.56	0.53	มากที่สุด
การฝึกทักษะด้านการปฏิบัติ	4.67	0.50	มากที่สุด
การเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกและการปฏิบัติจริง	4.11	0.33	มาก
สภาวะทางอารมณ์ การปรับตัว	4.44	0.88	มาก
ความกระตือรือร้นต่อการเรียน	4.44	0.73	มาก
ความมีจิตสาธารณะ	4.33	0.50	มาก
ความเครียดและความวิตกกังวลในการเรียน	4.33	0.71	มาก
แรงจูงใจในการเรียน	4.56	0.53	มากที่สุด
ความต้องการจำเป็นพิเศษด้านร่างกาย	4.00	0.71	มาก
รวม	4.52	0.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่าปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษา โดยมีระดับปัญหามากที่สุดคือ การอ่านออกเขียนได้ (ค่าเฉลี่ย 5.00) คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ คณะนวัตผลประเมินผลระดับชาติ (ค่าเฉลี่ย 4.89) คิดเป็นร้อยละ 97.78 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน การฝึกทักษะด้านการปฏิบัติ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับที่ 4.67) คิดเป็นร้อยละ 93.33 การคิดเลขเป็น สมรรถนะในการนำทักษะไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สมรรถนะในการนำคุณลักษณะไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ความรู้เท่าทันในการใช้สื่อและเทคโนโลยี ทักษะการสื่อสาร การพูด การแสดงออก และ แรงจูงใจในการเรียน(ค่าเฉลี่ยเท่ากับที่ 4.56) คิดเป็นร้อยละ 91.11 ตามลำดับ

5.สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในสถานศึกษาสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

ปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ ด้านผู้เรียน พบว่า ในเรื่องการอ่านออกเขียนได้ อยู่ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 5.00, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00) ซึ่งถือว่าเป็นปัญหามากที่สุด สำหรับผู้เรียน ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ผลจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 ส่งผลต่อการเติบโตทางวิชาการ พิจารณาจากผลการเรียนในวิชาหลักภาษาไทยของผู้เรียนมีการถดถอยลง สอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา(2565) ที่ได้สรุปผลการวิจัยสภาพปัญหาของผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 พบว่าเกิดภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ด้านทักษะการอ่าน ซึ่งเห็นได้ว่างานวิจัยสามารถนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนตามบริบทของตนเอง

จากการดำเนินการวิจัยพบข้อเสนอแนะว่า สถานศึกษาควรจัดทำกระบวนการแก้ปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อแก้ปัญหาในด้านการอ่านออกเขียนซึ่งจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ ปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดีขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษาที่เป็นกลุ่มศึกษาในการดำเนินการใช้เครื่องมือ และเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณะครูที่เสียสละเวลาและให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

7.เอกสารอ้างอิง

- ภูมิศรัณย์ ทองเลี่ยมนาค. (2564ก). สสำรวจผลกระทบหลัง COVID-19 จุดเปลี่ยนครั้งสำคัญของการศึกษาโลก. สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2566, จาก <https://workpointtoday.com/education-covid-19-4>.
- วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนา. (2563). New normal ทางการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สริญญา มารศรี และ ประยูร แสงใส. (2021). วิธีสอนทางเลือกของครูสังคมศึกษาในยุคสถานการณ์โควิด 19. *วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์* ฉบับที่. 2 ปีที่ 6 พฤษภาคม - สิงหาคม 2564 หน้า 765 – 778.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2564). การจัดการศึกษาในระบบออนไลน์ในยุค New normal COVID-19. *วารสารรัชต์ภาคย์*, 15(40), 33-42.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.(2565). การศึกษาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในสถานการณ์โควิด-19 : สภาพการณ์บทเรียน และแนวทางการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2566, จาก http://opac01.stou.ac.th/multim/Gift_eBook/16720.pdf
- Asian Development Bank. (2021). Learning and earning losses from COVID-19 school closures in developing Asia. Special Topic of the Asian Development Outlook 2021.
- Bandura. (1986). Social foundation of thought and action: a cognitive theory. New Jersey:

Prentice-Hall, Inc.

Cardinal. (2020). “Lost Learning”: What does the research really say?. Geneva, Switzerland: International Baccalaureate Organization.

Cho et al. (2021). Philippine basic education system: strengthening effective learning during the COVID-19 pandemic and beyond, Philippines COVID-19 Monitoring Survey Policy Notes.

DiPietro et al. (2020). The likely impact of COVID-19 on education: Reflections based on the existing literature and international datasets. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Ikeda & Yamaguchi. (2021). Online learning during school closure due to COVID-19. Japanese economic review (Oxford, England).

การพัฒนาการจัดทำโครงการศึกษาพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แก่ผู้เรียน

นายศรัญญู อุรณณ์^{1*}, พรนิกา จันทรน้อย²

¹มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น 120 ถนนมทิตล ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100

²มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น 120 ถนนมทิตล ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100

Saranyoo32mt@gmail.com , 0954535919

ple.pornnipa@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษาของโรงเรียนบ้านม่วงโตน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาลำพูนเขต 2 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ 1) บุคลากรในสถานศึกษา จำนวน 14 คน 2) คณะกรรมการสถานศึกษา จำนวน 2 คน 3) ผู้ใหญ่บ้าน ในเขตบริการสถานศึกษา จำนวน 4 คน 4) ผู้ปกครองนักเรียนจำนวน 20 คน 5) ประชาชนชาวบ้านจำนวน 2 คน รวมทั้งหมดจำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้ความถี่ ร้อยละ และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

สภาพบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ ของสถานศึกษา ทั้ง 3 ด้าน พบว่า 1) ด้านสภาพของแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบันโดยรวม อยู่ในระดับปานกลาง โรงเรียนมีการส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้ และนักเรียนได้ใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ 2) ด้านการวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับมาก โรงเรียนมีการจัดประชุมการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ร่วมกับผู้นำชุมชน ประชาชนชาวบ้าน แลกเปลี่ยนเรียนรู้อยู่เสมอทั้งรูปแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ และ 3) ด้านการศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษาโดยรวม อยู่ในระดับมาก โดยโรงเรียนและประชาชนชาวบ้านร่วมกัน ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน นำผลการประเมินการใช้แหล่งเรียนรู้มาวางแผนปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น

คำหลัก : การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ โครงการพัฒนาแหล่งเรียนรู้

Development in Designing Educational Projects for Learning Resource Development in Educational Institutions to Enhance Student Learning

นายศรีัญญ อุจรณ์^{1*}, พรนิภา จันทน์น้อย²

¹มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น 120 ถนนมหาราช ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100

²มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น 120 ถนนมหาราช ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100

Saranyoo32mt@gmail.com , 0954535919

ple.pornnipa@gmail.com

Abstract

This research aims to study the context and environment in the development of learning resources outside of Ban Muang Ton School, under the Lamphun Primary Educational Service Area Office 2. The target groups include: 1) 14 educational institution personnel's, 2) 2 educational institution committee members , 3) 4 village headmen in the educational institution service area , 4) 20 student parents , and 5) 2 folk philosophers , totaling 42 people. / The research tools were questionnaires, and the data were analyzed using frequencies, percentages, and content analysis. The research results can be summarized as follows: / 1. Conditions of the context and environment in the development of learning resources of educational institutions in all three areas show that the current learning resources overall are at a moderate level. The school promotes the use of learning resources, and students can utilize existing learning resources. / 2. Planning for creating learning resources outside the school is at a high level. The school holds meetings with community leaders and folk philosophers to develop learning resources, exchanging knowledge in both formal and informal formats. / 3. Education and overall development of learning resources outside"&" of educational institutions are at a high level. The school and local philosophers collaborate to design learning management using community learning resources. They use the results of evaluations to plan improvements and developments.

Keywords: Development of learning resources Learning resource development project

1. บทนำ

ความเป็นมา

การพัฒนาแหล่งเรียนรู้มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้เพราะแหล่งเรียนรู้จะเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย รวมไปถึงการส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง ได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะการนำแหล่งเรียนรู้ของชุมชน ที่มีความหลากหลายมาใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับผู้เรียน (ปริญญา จันทะคาม : 2561) กล่าวถึงความสำคัญของแหล่งเรียนรู้ คือ เครื่องมือที่สำคัญของครูผู้สอนที่จะ ออกแบบการเรียนรู้ได้หลากหลาย ซึ่งเหมาะสมกับศักยภาพและความสามารถของผู้เรียนที่แตกต่างกัน ทั้งสภาพแวดล้อมในโรงเรียนและนอกโรงเรียนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หรือได้ศึกษาค้นคว้า ด้วยตนเองได้รับประสบการณ์ตรง เกิดการเรียนรู้จากชุมชนเกิดความสัมพันธ์อันดีกับชุมชน แหล่งเรียนรู้จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จากสิ่งที่อยู่รอบตัวโดยที่ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ ทำให้การเรียนมีคุณค่า ส่งเสริมสภาพการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้แก่ผู้เรียน ผู้เรียนมีความรู้ และสามารถดำรงชีวิตในสังคมอย่างเป็นปกติสุข ทุกคนจึงต้องช่วยกันพัฒนาแหล่งความรู้ใหม่ จำนวนมากและหลากหลายขึ้น เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในการเรียนรู้แก่ทุกคนตลอดชีวิต

การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสนใจในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน เช่น ห้องสมุด ห้องปฏิบัติการ สวนหย่อม สวนสมุนไพร สวนพฤกษศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนหรือผู้ที่สนใจ หากต้องการศึกษาก็ต้องเป็นนักเรียนที่จะได้ใช้แหล่งเรียนรู้เหล่านี้ ส่งผลแหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ ใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ และไม่ทั่วถึง (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542) มาตรา 25 รัฐต้องส่งเสริมการดำเนินงานและการจัดตั้งแหล่งเรียนรู้ตลอดชีวิตทุกรูปแบบ ได้แก่ ห้องสมุดประชาชน พิพิธภัณฑ์ หอศิลป์ สวนสัตว์ สวนสาธารณะ สวนพฤกษศาสตร์ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์การศึกษาและนันทนาการ แหล่งข้อมูล และแหล่งเรียนรู้อื่นอย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ อาจกล่าวได้ว่า รัฐต้องการให้สังคม มีแหล่งเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของบุคคลที่จะเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย กว้างขวางและมีจำนวนมากพอ ที่จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ โดยไม่จำเป็นว่าการเรียนรู้นั้นจะเกิดจากการศึกษาในรูปแบบใด

โรงเรียนบ้านม่วงโตน มีหมู่บ้านในเขตบริการ 4 หมู่บ้าน ประกอบด้วย บ้านม่วงโตน บ้านแพะโป่ง บ้านปากทางม่วงโตน และบ้านเหล่าหมื่น ซึ่งถือว่ามีแหล่งวัฒนธรรม ประเพณี ภูมิปัญญาที่หลากหลาย มีความน่าสนใจและควรอนุรักษ์ รักษาให้คงอยู่สืบไป แต่การบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ทางวัฒนธรรมและภูมิปัญญา ยังไม่เท่าที่ควร ทำให้บุคคลทั้งภายในและภายนอกไม่ให้ความสนใจ หรือขาดการสืบทอดส่งต่อกันอาจทำให้แหล่งเรียนรู้ทางวัฒนธรรม ภูมิปัญญาเหล่านี้สูญหายไป อีกทั้งโรงเรียนบ้านม่วงโตนได้มีการส่งเสริมให้ครูและบุคลากรทางการศึกษาจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียนในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งถือว่ายังมีแหล่งเรียนรู้ที่ไม่หลากหลายและบางแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียนใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้เฉพาะบางกลุ่มสาระหรือบางรายวิชา ซึ่งไม่ตอบสนองต่อความต้องการของครูผู้สอนในทุกกลุ่มสาระ ส่งผลให้นักเรียนไม่ได้เกิดทักษะ หรือไม่สามารถดึงศักยภาพของตนเองออกมาได้

ด้วยปัญหาที่ทางโรงเรียนยังมีแหล่งเรียนรู้ที่ยังไม่เพียงพอ ไม่ตรงกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ และส่วนใหญ่เป็นแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน อาจจะทำให้ไม่สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการใช้แหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน อีกทั้งจากรายงานประเมินตนเองของสถานศึกษา (SAR) ปีการศึกษา 2564 (รายงานประเมินตนเอง ปี 2564 หน้า 38) ในด้านการบริหารจัดการ กล่าวไว้ในข้อเสนอแนะว่า โรงเรียนควรมีแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เนื่องจากที่โรงเรียนมีแหล่งเรียนรู้ที่ไม่เพียงพอ และยังไม่มีการศึกษาและจัดการกับสถานที่ในชุมชนในการพัฒนาให้เป็นแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษาได้ ดังนั้น ควรมีการจัดทำโครงการศึกษาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษาขึ้น

จากที่มาและความสำคัญดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแหล่งการเรียนรู้ของสถานศึกษา เพื่อศึกษาบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา จัดทำโครงการศึกษาพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา และประเมินโครงการศึกษาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา

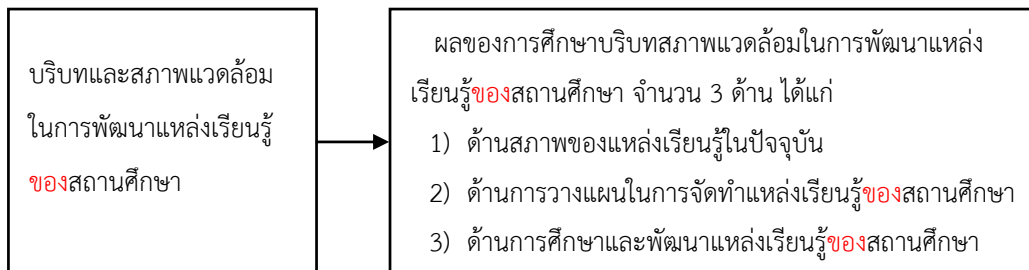
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การจัดทำโครงการศึกษาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา เพื่อศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา ผู้ศึกษาได้ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎีวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงการศึกษาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา มีผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความหมายของแหล่งเรียนรู้ ดังนี้ ศิริมา จิตต์จรัสและอรอุษา ปุณยบุรณะ (2562) ให้ความหมายของคำว่า แหล่งเรียนรู้ คือ แหล่งข้อมูลข่าวสารสารสนเทศ วิทยากร ประสบการณ์ ตรงวัตถุ สิ่งของต่างๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น สมาคม บุคคล สถานที่สถาบัน หน่วยงาน และวัสดุสิ่งของที่มนุษย์สร้างขึ้น เทคโนโลยี สิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติ กิจกรรมประเพณีหรือการดำรงชีวิตในชุมชนในท้องถิ่นที่มีคุณค่าและมีความสำคัญต่อการเรียนการสอน ส่วน กมลพร ภูมิพล (2564) ให้ความหมายของคำว่า แหล่งเรียนรู้ คือ แหล่งเรียนรู้เป็นแหล่งที่ให้ข้อมูลข่าวสารความรู้สามารถจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อขยายประสบการณ์ของผู้เรียน และกัญเกียรติ แดงสีดา (2563) ได้กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ว่า การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ ผู้บริหารโรงเรียนจึงต้องเป็นผู้นำการดำเนินการ สำคัญความสำเร็จโดยกำหนดเป็นนโยบายที่ชัดเจน มุ่งเน้นการบริหารจัดการโดยอาศัยวงจรคุณภาพหรือ Deming Cycle (PDCA) ดังนี้ 1) ขั้นการวางแผน (Plan) 2) ขั้นการดำเนินงาน สร้างและพัฒนาแหล่งการเรียนรู้ (Do) 3) ขั้นตรวจสอบ ทบทวน กำกับติดตาม (Check) 4) ขั้นสรุปและรายงานผลการสร้างและพัฒนาแหล่งการเรียนรู้ (Action)

กรอบแนวคิดการวิจัย



3. วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย ครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษาและครูโรงเรียนบ้านม่วงโตน ปีการศึกษา 2566 ประกอบด้วย บุคลากรในสถานศึกษา จำนวน 14 คน คณะกรรมการสถานศึกษา จำนวน 2 คน ผู้ปกครองนักเรียน จำนวน 20 คน ผู้นำชุมชน จำนวน 4 คน ประชาชนชาวบ้าน จำนวน 2 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) รวมทั้งสิ้น 42 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทและสิ่งแวดล้อมทั้งในและนอกสถานศึกษา จำนวน 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านสภาพของแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน
2. ด้านการวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา

3. ด้านการศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา

ลักษณะของแบบสอบถาม เป็นมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) มีค่าน้ำหนัก 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนและแปลความหมาย ดังนี้

- ระดับ 5 หมายถึง บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
- ระดับ 4 หมายถึง บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับมาก
- ระดับ 3 หมายถึง บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับปานกลาง
- ระดับ 2 หมายถึง บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับน้อย
- ระดับ 1 หมายถึง บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาความหมาย หลักการ แนวคิดทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาบริบทของแหล่งเรียนรู้
2. กำหนดขอบเขตในการสร้างแบบสอบถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา
3. ออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้ในการศึกษา โดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสร้างข้อคำถามในแบบสอบถาม ให้ครอบคลุมเกี่ยวกับการศึกษาสภาพบริบทของสถานศึกษา จำนวน 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านสภาพของแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน 2) ด้านการวางแผนการจัดทำแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา 3) ด้านการศึกษาพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา แบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ
4. นำแบบสอบถามที่สร้างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความตรงเชิงเนื้อหาและการใช้ภาษาเพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม
5. ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาและภาษา
6. นำแบบสอบถามที่ได้รับคืนจากผู้เชี่ยวชาญมาตรวจสอบความถูกต้อง ปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบโดยพิจารณาหาค่า IOC (index of item objective congruence) โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป
7. นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบและจัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ จากคณบดีคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพาร์อิส-เทอร์น เพื่อขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการสถานศึกษา ขอเก็บข้อมูลจากผู้บริหารและบุคลากร
2. นำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การศึกษาบริบทและสภาพในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของชุมชน โดยประชุมชี้แจงการตอบแบบสอบถามอย่างละเอียดและชัดเจน
3. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามด้วยตนเอง ในวันที่ 1 มีนาคม 2566 -

30 เมษายน 2567 จำนวน 42 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 100 จากนั้นผู้ศึกษานำมาตรวจสอบพบว่า แบบสอบถามมีความสมบูรณ์ทุกฉบับ จึงนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4. นำแบบสอบถามมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์โดยใช้ความถี่ ร้อยละ และนำผลการวิเคราะห์เสนอในรูปตารางประกอบคำบรรยาย

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการศึกษาสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ (บุญชุม ศรีสะอาด 2554) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง	บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง	บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง	บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง	บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง	บุคลากรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพบริบทของแหล่งเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 แบบสอบถามปลายเปิด (Open Ended Form) เพื่อให้ผู้ตอบคำถามได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ เกี่ยวกับบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา

4. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านสภาพของแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน 2) ด้านการวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา 3) ด้านการศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ตามตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา

ด้านสภาพของแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน

ข้อ	สภาพแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน	ค่าสถิติ		แปลความหมาย	ลำดับ
		\bar{x}	S.D.		
1.	โรงเรียนมีการส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้	4.02	0.51	มาก	1
2.	โรงเรียนมีการจัดทำข้อมูลแหล่งเรียนรู้ให้เป็นปัจจุบัน	3.38	0.24	ปานกลาง	4
3.	โรงเรียนมีแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย	2.95	0.43	ปานกลาง	9
4.	โรงเรียนมีการวัดผลจากการใช้แหล่งเรียนรู้	2.98	0.51	ปานกลาง	8
5.	โรงเรียนมีแหล่งเรียนรู้ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดและบูรณาการได้ทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้	3.17	0.19	ปานกลาง	6
6.	โรงเรียนมีโครงการปรับปรุงพัฒนาแหล่งเรียนรู้	3.71	0.55	มาก	3

7.	โรงเรียนมีครูผู้ดูแลและรับผิดชอบแหล่งเรียนรู้	3.33	0.42	ปานกลาง	5
8.	นักเรียนได้ใช้แหล่งเรียนรู้	3.76	0.58	มาก	2
ข้อ	สภาพแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน	ค่าสถิติ		แปล ความหมาย	ลำดับ
		\bar{x}	S.D.		
9.	โรงเรียนมีแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน	2.76	0.43	ปานกลาง	11
10.	โรงเรียนสร้างความเข้าใจให้คณะครู นักเรียน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทราบเกี่ยวกับการใช้แหล่งเรียนรู้	3.07	0.41	ปานกลาง	7
11.	โรงเรียนจัดทำคู่มือการใช้แหล่งเรียนรู้เพื่อเผยแพร่ให้กับผู้เรียนและผู้สนใจ	2.81	0.21	ปานกลาง	10
รวม		3.27	0.22	ปานกลาง	

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา โดยรวมด้านสภาพแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.27$) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ โรงเรียนมีการส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.02$) รองลงมาคือ นักเรียนได้ใช้แหล่งเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.76$) และโรงเรียนมีโครงการปรับปรุงพัฒนาแหล่งเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.71$) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ โรงเรียนมีแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 2.76$)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา

ด้านการวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา

ข้อ	การวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา	ค่าสถิติ		แปล ความหมาย	ลำดับ
		\bar{x}	S.D.		
1.	ท่านมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายและแผนพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.21	0.46	มาก	9
2.	โรงเรียนมีการจัดทำแผนพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา	4.19	0.16	มาก	10
3.	โรงเรียนมีการวางแผนการใช้แหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.26	0.30	มาก	7
4.	ท่านเห็นความสำคัญของการบริหารแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.60	0.25	มากที่สุด	3
5.	โรงเรียนจัดตั้งคณะกรรมการสำรวจแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.19	0.21	มาก	10
ข้อ	การวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา	ค่าสถิติ			
		\bar{x}	S.D.		

6.	โรงเรียนกำหนดบทบาทหน้าที่ของคณะกรรมการดำเนินงานการบริหารแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างชัดเจน	4.48	0.26	มาก	5
7.	ท่านมีการดำเนินงาน การพัฒนาแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.57	0.35	มากที่สุด	4
8.	โรงเรียนจัดประชุมการพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้	4.74	0.20	มากที่สุด	1
9.	โรงเรียนกับผู้นำชุมชน ประชาชนชาวบ้าน แลกเปลี่ยนเรียนรู้อยู่เสมอ ทั้งรูปแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ	4.62	0.24	มากที่สุด	2
10.	โรงเรียนกำหนดให้บุคลากรเข้าศึกษาแหล่งเรียนรู้ภายในชุมชน	4.24	0.23	มาก	8
11.	ผู้สอนคัดเลือกแหล่งเรียนรู้ในชุมชนที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้	4.31	0.32	มาก	6
รวม		4.40	0.23	มาก	

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา โดยรวมด้านการวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$) เมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ โรงเรียนจัดประชุมการพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.74$) รองลงมา คือ โรงเรียนกับผู้นำชุมชน ประชาชนชาวบ้าน แลกเปลี่ยนเรียนรู้อยู่เสมอ ทั้งรูปแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.62$) และ ท่านเห็นความสำคัญของการบริหารแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ โรงเรียนมีการจัดทำแผนพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา และ โรงเรียนจัดตั้งคณะกรรมการสำรวจแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.19$)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา

ด้านการศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา

ข้อ	การวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา	ค่าสถิติ		แปลความหมาย	ลำดับ
		\bar{X}	S.D.		
1.	มีการกำหนดผู้รับผิดชอบในการแก้ไขและพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้	4.31	0.32	มาก	9
ข้อ	การวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา	ค่าสถิติ		แปลความหมาย	ลำดับ
		\bar{X}	S.D.		
2.	การนำสาเหตุของปัญหาในการใช้แหล่งเรียนรู้ นำมาป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ	4.48	0.26	มาก	6
3.	นำผลการประเมินการใช้แหล่งเรียนรู้มาวางแผนปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น	4.62	0.24	มากที่สุด	2
4.	โรงเรียนมีการเน้นย้ำนโยบายหรือวิธีการทำงานในการใช้แหล่งเรียนรู้เพื่อให้ได้ผลงานตามแผนที่วางไว้	4.29	0.21	มาก	10

5.	โรงเรียนจัดแหล่งเรียนรู้นอกโรงเรียนให้สอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน	4.55	0.25	มากที่สุด	4
6.	โรงเรียนมีการประชาสัมพันธ์การบริหารแหล่งเรียนรู้	4.24	0.23	มาก	12
7.	โรงเรียนมีการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษากับชุมชน	4.48	0.40	มาก	6
8.	โรงเรียนและปราชญ์ชาวบ้านร่วมกันออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน	4.69	0.22	มากที่สุด	1
9.	ผู้สอนระบุเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนไว้ในรายละเอียดของรายวิชา	4.55	0.25	มากที่สุด	4
10.	โรงเรียนมีการสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้เพียงพอ	4.26	0.25	มาก	11
11.	ผู้บริหารนิเทศติดตามการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์	4.52	0.30	มากที่สุด	5
12.	โรงเรียนดำเนินการเชิงรุกในการปรับปรุงรูปแบบโครงสร้างองค์กรและบุคลากรที่ทำหน้าที่ด้านการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนโดยตรง	4.40	0.34	มาก	7
13.	ผู้บริหารสนับสนุนให้ผู้สอนและภาคเครือข่าย ใช้ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อการพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน	4.24	0.23	มาก	12
14.	โรงเรียนมีผู้นำในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน	4.36	0.23	มาก	8
ข้อ	การวางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา	ค่าสถิติ		แปล ความหมาย	ลำดับ
		\bar{X}	S.D.		
15.	การประเมินผลการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนและชุมชนเป็นสำคัญ	4.60	0.24	มากที่สุด	3
รวม		4.44	0.25	มาก	

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา ด้านการศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้สถานศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} = 4.44) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ โรงเรียนและปราชญ์ชาวบ้านร่วมกันออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.69) รองลงมาคือ นำผลการประเมินการใช้แหล่งเรียนรู้มาวางแผนปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.62) และ การประเมินผลการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนและชุมชนเป็นสำคัญ อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.60) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ โรงเรียนมีการประชาสัมพันธ์การบริหารแหล่งเรียนรู้และ ผู้บริหารสนับสนุนให้ผู้สอนและภาคเครือข่าย ใช้ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อการพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน อยู่ในระดับมาก (\bar{X} = 4.24)

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ เกี่ยวกับบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา

1. ควรมีการบูรณาการกับหลักสูตรท้องถิ่น เพื่ออนุรักษ์แหล่งเรียนรู้หรือภูมิปัญญา
2. ควรมีการนิเทศ เกี่ยวกับการใช้แหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษา โดยผู้บริหารเพื่อให้ทราบถึงปัญหาและสามารถหาแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาแหล่งเรียนรู้
3. ควรจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการกับรายวิชาต่างๆกับแหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ทั้งในและนอกสถานศึกษาเพื่อให้ นักเรียนได้ใช้เวลากับแหล่งเรียนมากขึ้น

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาครูในการจัดทำโครงการศึกษาพัฒนาแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แก่ผู้เรียน ผลการวิจัยพบประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย บริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา พบว่าโรงเรียนยังมีแหล่งเรียนรู้ไม่หลากหลาย และมีคู่มือในการใช้แหล่งเรียนรู้เพื่อเผยแพร่ให้กับนักเรียนและผู้สนใจน้อย แต่ในการวางแผนพัฒนาแหล่งเรียนรู้ โรงเรียนมีการจัดประชุมการพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้ ร่วมกับผู้นำชุมชน ประชาชนชาวบ้าน แลกเปลี่ยนเรียนรู้อยู่เสมอ และแนวทางที่ศึกษาและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ โดยโรงเรียนและประชาชนชาวบ้านร่วมกันออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน มีการประเมินผลการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน

1. การศึกษาบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา ด้านสภาพ

แหล่งเรียนรู้ในปัจจุบัน ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะสถานศึกษายังมีแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกที่ไม่หลากหลาย มีคู่มือการใช้แหล่งเรียนรู้เพื่อเผยแพร่ให้กับนักเรียนและผู้สนใจน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ ญานิศดา ดวงสีทอง (2561) ที่กล่าวว่า แหล่งเรียนรู้ต้องมีความหลากหลายที่สามารถตอบสนองความต้องการของแต่ละบุคคลในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เพราะบุคคลมีความต้องการแตกต่างกันไปตามความสามารถ ความสนใจ ความถนัดและความพร้อมที่จะเรียนรู้ หากสามารถดำเนินการจัดแหล่งเรียนรู้ได้อย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ ก็สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตและเกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ได้ทุกที่

2. การศึกษาบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา ด้านการ

วางแผนในการจัดทำแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะ โรงเรียนมีการจัดประชุมการพัฒนาการใช้แหล่งเรียนรู้ ร่วมกับผู้นำชุมชน ประชาชนชาวบ้าน แลกเปลี่ยนเรียนรู้อยู่เสมอ ทั้งรูปแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ และบุคลากรในสถานศึกษา ผู้ปกครอง ชุมชน เห็นความสำคัญของการบริหารแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน สอดคล้องกับ ปัทมา จันปัญญา (2561) ที่กล่าวว่า การบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทั้งในระบบและนอกระบบให้มีประสิทธิภาพ มีแนวทางดำเนินการ ดังนี้ 1) สร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแหล่งการเรียนรู้ในชุมชน ให้เจ้าหน้าที่และบุคลากรทุกระดับรู้ว่า คืออะไร มีลักษณะอย่างไร มีความสำคัญ อย่างไร เป็นต้น 2) มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน หน่วยงานส่วนกลางควรกำหนดนโยบายให้ชัดเจนว่าจะมีการรณรงค์เพื่อพัฒนาแหล่งการเรียนรู้อย่างหลากหลายขึ้นในชุมชน 3) มีการจัดทำแผนในระดับพื้นที่ในการนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติอย่างจริงจัง 4) ส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการวางแผน กำหนดแผนในการสร้าง หรือพัฒนาแหล่งการเรียนรู้ 5) หน่วยงานส่วนกลางสนับสนุนงบประมาณและทรัพยากรในการจัดสร้างหรือพัฒนาแหล่งการเรียนรู้ในชุมชน

3. การศึกษาบริบทและสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้นอกสถานศึกษา ด้านการ ศึกษาและพัฒนาแหล่ง

เรียนรู้นอกสถานศึกษา ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะโรงเรียนมีแนวทางในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ คือ โรงเรียนและ

ปราชญ์ชาวบ้านร่วมกันออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน มีการประเมินผลการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนและชุมชนเป็นสำคัญและนำผลการประเมินการใช้แหล่งเรียนรู้มาวางแผนปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น สอดคล้องกับ กู้เกียรติ แดงสีดา (2563) ที่กล่าวว่า การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ ผู้บริหารโรงเรียนจึงต้องเป็นผู้นำการดำเนินการ ความสำเร็จโดยกำหนดเป็นนโยบายที่ชัดเจน ซึ่งอาจบริหารจัดการได้ดังนี้ 1) ขั้นการวางแผน (Plan) คือสถานศึกษาควรให้ผู้มีส่วนได้เสียในการวางแผนดำเนินงานบริหารแหล่งเรียนรู้ 2) ขั้นการดำเนินงาน สร้างและพัฒนาแหล่งการเรียนรู้ (Do) สถานศึกษาจัดอบรมการใช้สื่อเทคโนโลยี การเลือกใช้แหล่งเรียนรู้ภายในสถานศึกษาที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน 3) ขั้นตรวจสอบ ทบทวน กำกับติดตาม (Check) ผู้บริหารสถานศึกษาร่วมเป็นคณะกรรมการ เข้าร่วมนิเทศ ติดตามการใช้แหล่งเรียนรู้ในระยะก่อนใช้ ระหว่างใช้และหลังใช้แหล่งเรียนรู้ 4) ขั้นสรุปและรายงานผลการสร้างและพัฒนาแหล่งการเรียนรู้ (Action) สถานศึกษาแต่งตั้งคณะกรรมการวิเคราะห์ข้อมูลการบริหารแหล่งเรียนรู้ ร่วมกับเครือข่ายโรงเรียน เพื่อหาแนวทางการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ให้เหมาะสมกับ หลักสูตรสถานศึกษา บริบทของสถานศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

- กู้เกียรติ แดงสีดา. (2563). *แนวทางการบริหารแหล่งเรียนรู้ภายในสถานศึกษายุคดิจิทัล* สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์].
- ญาณิศา ดวงศรีทอง. (2561). *การพัฒนาแหล่งเรียนรู้เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21* โรงเรียนหนองไผ่จรูญวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนครเขต 2. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร].
- บุญชม ศรีสะอาด. (2554) การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : สุสิริยาสาน.
- ปัทมา จันปัญญา. (2561). *การศึกษาปัญหาและแนวทางการจัดการแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนของกลุ่มเครือข่ายวังบูรพา จังหวัดสระแก้ว* สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา].
- ปริญญา จันทะคาม. (2561). *แนวทางการพัฒนาแหล่งเรียนรู้โดยมีส่วนร่วมของชุมชน สำหรับ* สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 1. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม].
- นรากร งามสมัย. (2564) *แนวทางการจัดกิจกรรมนักเรียนแบบมีส่วนร่วมของชุมชนในโรงเรียนพุทธวัฒนธรรม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา* [วิทยานิพนธ์ หลักสูตรปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา].
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2566) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (2542) / สืบค้นวันที่ 18 พฤศจิกายน 2566. จาก <https://www.moe.go.th/>
- โรงเรียนบ้านม่วงโดน. (2564) รายงานการประเมินตนเอง (SAR). โรงเรียนบ้านม่วงโดน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ลำพูน เขต 2.

การพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล

นายอนุชา น้าสา^{1*} พัชรวิพรรณ กิจมี²

¹ สาขาวิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น

² สาขาวิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น

*6590041043@feu.edu, 096-6976390

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) การวิจัยได้ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารสถานศึกษาจำนวน 11 คนจากโรงเรียนในสังกัดเทศบาลนครเชียงใหม่

ผลการวิจัยพบว่าผู้บริหารทุกคนเห็นว่าการใช้ AI ในการศึกษาเป็นสิ่งจำเป็นในการเพิ่มประสิทธิภาพการสอนและการเรียนรู้ AI สามารถช่วยครูในการสร้างและพัฒนาสื่อวัตกรรมการสอน การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียน การพัฒนาหลักสูตร และการพัฒนาผลงานวิชาการ ผู้บริหารยังเน้นว่าครูควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ AI และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) รวมถึงทักษะในการใช้เครื่องมือ Generative AI เช่น ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot, และ Suno เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ทักษะครู, สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล, ปัญญาประดิษฐ์, AI, ศตวรรษที่ 21

Development of Teacher's Skills in the 21st Century in Digital Media Technology Literacy

Mister Anucha Namsar ^{1*} And Patchareewan Kitmee ²

¹ Department of Educational Administration Faculty of Education Far Eastern University

² Department of Educational Administration Faculty of Education Far Eastern University

*6590041043@feu.edu, 0966976390

Abstract

This research aims to study the perspectives of school administrators on 21st-century teachers' skills in using digital media technology with artificial intelligence (AI). The study employed in-depth interviews with 11 school administrators from schools under the Chiang Mai Municipality.

The findings revealed that all administrators recognized the necessity of AI in enhancing teaching and learning efficiency. AI can assist teachers in creating and developing innovative teaching materials, analyzing student learning outcomes, developing curricula, and advancing academic work. The administrators also emphasized that teachers should have knowledge and understanding of AI and Machine Learning, as well as skills in using Generative AI tools such as ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot, and Suno for effective learning management.

Keywords: *Teacher skills, Digital media technology, Artificial intelligence, AI, 21st century*

1. บทนำ

ยุคศตวรรษที่ 21 สถานการณ์โลกที่การแข่งขันทางเศรษฐกิจเข้มข้นขึ้น สังคมโลกเชื่อมโยงกันมากขึ้นในสภาพไร้พรมแดน แนวโน้มการพัฒนาทางเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดอย่างปัญญาประดิษฐ์สร้างสรรค์หรือ Generative AI ที่มีโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Models, LLMs) มีความสามารถในการสร้างเนื้อหาใหม่ ๆ จากข้อมูลที่มีอยู่ไม่ว่าจะเป็นข้อความ ภาพ วิดีโอ หรือเสียง โดยใช้ข้อมูลจำนวนมากเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้และสร้างเนื้อหาใหม่ที่มีคุณภาพสูง และไม่ได้เป็นเพียงเทคโนโลยีที่สนับสนุนการทำงานเช่นที่ผ่านมาอีกต่อไป หากแต่ได้หลอมรวมเข้ากับวิถีการดำเนินชีวิต Generative AI เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อการเปลี่ยนวิธีเรียนรู้ของครูผู้สอน นักเรียน และนักการศึกษาเป็นอย่างมาก และมีแนวโน้มว่าจะมีความสำคัญมากยิ่งขึ้นเป็นทวีคูณ ในภาคการศึกษาจึงต้องเข้าใจ และรู้จักวิธีใช้เทคโนโลยีใหม่ การเตรียมพร้อมให้คนไทยมีความฉลาดทางดิจิทัล สามารถสร้างสรรค์และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลได้อย่างเต็มศักยภาพ เพื่อเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน (สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีได้มีผลกระทบต่อทุกด้านของชีวิต รวมถึงด้านการศึกษา การพัฒนาทักษะการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลของครูเป็นสิ่งสำคัญที่ไม่สามารถมองข้ามได้ การปรับปรุงและพัฒนาทักษะเหล่านี้จะช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสมและทันสมัย

ในยุคศตวรรษที่ 21 การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง ซึ่งมีผลกระทบต่อทุกด้านของชีวิต รวมถึงด้านการศึกษา เทคโนโลยีดิจิทัลกลายเป็นส่วนสำคัญที่ไม่สามารถมองข้ามได้ในกระบวนการเรียนการสอน การพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลของครูจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน แต่ยังสามารถช่วยในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม การศึกษาที่เน้นทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้เปลี่ยนแปลงไปจากรูปแบบเดิมอย่างมาก โดยเน้นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการเรียนการสอนยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ และทำให้การศึกษาเป็นไปอย่างมีชีวิตชีวาและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของผู้คน การใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลในการเรียนการสอนทำให้นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลและความรู้ได้อย่างรวดเร็วและหลากหลาย นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและการเรียนรู้แบบเปิดกว้างที่สามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Bri Stauffer, 2022)

การวิจัยในเรื่องการพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการเตรียมความพร้อมให้ครูสามารถรับมือกับความท้าทายของการศึกษาในยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม การใช้เทคโนโลยีในห้องเรียนเป็นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการสอน การใช้แอปพลิเคชันในการประเมินผล การใช้สื่อการสอนแบบออนไลน์ หรือการใช้ AI เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ แนวโน้มเหล่านี้สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในวิธีการสอนและการเรียนรู้ ครูต้องเผชิญกับความท้าทายหลายประการในการใช้เทคโนโลยีในการสอน เช่น การต้องปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ความจำเป็นในการพัฒนาทักษะทางดิจิทัล ความต้องการในการจัดการเวลาในการเรียนการสอนและการพัฒนาเนื้อหาที่เหมาะสม นอกจากนี้ ครูยังต้องมีความสามารถในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีให้สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของนักเรียน (อัญสุชา บุญขันติมาถ, 2561) ครูที่มีทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสามารถสร้างสรรค์การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและน่าสนใจมากขึ้น การใช้เทคโนโลยีช่วยให้ครูสามารถเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้ที่หลากหลายและทันสมัย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการสื่อสารและการทำงานร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน และระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ในบริบทของการศึกษาในประเทศไทย การพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลของครูเป็นสิ่งจำเป็นและเร่งด่วน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและแนวโน้มการศึกษาโลกที่กำลังเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การเตรียมครูให้พร้อมสำหรับการสอนในยุคดิจิทัลจึงเป็นการลงทุนที่สำคัญที่จะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างยั่งยืน โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษามุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยการศึกษามุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษามุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

แนวคิดทักษะในศตวรรษที่ 21

มีนักวิชาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงแนวคิดทักษะในศตวรรษที่ 21 ไว้ ดังนี้

Kirsten Slyter (2019) ได้นำเสนอทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ไว้ ดังนี้

ในขณะที่เทคโนโลยีก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วโลกของการทำงานก็เช่นกัน ทุก ๆ ปีจะมีผู้เชี่ยวชาญด้าน เทคโนโลยีทักษะหรืออุปกรณ์ใหม่ ๆ กำลังพยายามอย่างหนักเพื่อให้เกิดความเชี่ยวชาญ เทคโนโลยีและทักษะ ใหม่ ๆ ที่หลั่งไหลเข้ามาอย่างต่อเนื่องนี้ทำให้รู้สึกวุ่นวายตามทัน และคาดเดาได้ยากถึงเทคโนโลยีที่ยังไม่มีใน ตลาด แต่ทุกคนสามารถเตรียมพร้อมสำหรับความสำเร็จในอนาคตได้โดยมุ่งเน้นไปที่ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นใน ช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนี้ สิ่งที่บางคนเรียกว่า "ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21" ทักษะเหล่านี้เป็นทักษะ พื้นฐานที่สามารถพัฒนาและเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการทำงานต่าง ๆ

Stauffer (2022) ได้กล่าวถึง ทักษะในศตวรรษที่ 21 คือชุดของทักษะ ความรู้ และความสามารถที่เป็นสำหรับบุคคลที่จะเติบโต และประสบความสำเร็จในศตวรรษที่ 21 ทักษะเหล่านี้นอกเหนือจากวิชาการทั่วไปแล้ว มุ่งเน้นที่การเตรียมบุคคลให้พร้อมสำหรับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและความท้าทายที่อาจเผชิญ

จากการศึกษาแนวคิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 สรุปได้ว่า ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังที่กล่าวมาข้างต้นมีความสำคัญที่ส่งผลให้บุคคลสามารถเติบโตในโลกที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ประสบความสำเร็จในการทำงาน ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้มีความคิดสร้างสรรค์ เรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้

การบริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21

การบริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 เป็นเรื่องที่สำคัญและต้องการการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและความต้องการของยุคปัจจุบัน ซึ่งมีประเด็นสำคัญหลายประการที่ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้ความสนใจ ได้แก่

1. การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม ผู้บริหารสถานศึกษาควรนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการบริหารจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการศึกษา การใช้เทคโนโลยีสามารถช่วยในการจัดการข้อมูล การสื่อสาร และการเรียนการสอนให้มีความทันสมัยและเข้าถึงได้ง่ายขึ้น
2. การพัฒนาทักษะของบุคลากร การพัฒนาทักษะของครูและบุคลากร อให้บุคลากร ความรู้ความสามารถที่ทันสมัยและสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การฝึกอบรมและการพัฒนาตนเองเป็นสิ่งที่ต้องได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง
3. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ รูปแบบการเรียนการสอนควรเน้นการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของนักเรียน โดยให้ความสำคัญกับรูปแบบการบริหารสถานศึกษาเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีทักษะการเรียนรู้ ในศตวรรษที่ 21 และการทำงานร่วมกัน ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21
4. การพัฒนาสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้บริหารสถานศึกษาควรสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้และพัฒนาทักษะต่างๆ ของนักเรียน

การบริหารสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 จึงเน้นการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาปรับใช้ การพัฒนาทักษะบุคลากร การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และการพัฒนาสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ เพื่อให้การศึกษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของสังคมในยุคปัจจุบัน และอนาคต

แนวทางการพัฒนาทักษะครู

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2018) ได้ระบุว่ากรอบแนวทางในการพัฒนาข้าราชการและบุคลากรภาครัฐ โดยมีเป้าหมาย เพื่อให้ข้าราชการและบุคลากรภาครัฐเร่งพัฒนาตนเองและสนับสนุนการพัฒนาผู้อื่นอย่างต่อเนื่อง และให้ทุกส่วน

ราชการ หน่วยงานของรัฐ และหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องดำเนินการนำแนวทางการพัฒนาทักษะ ดิจิทัลดังกล่าวไปปรับใช้ในการพัฒนา และเสริมสร้าง กำลังคนในสังกัดเพื่อสนับสนุนการปรับเปลี่ยนเป็นรัฐบาลดิจิทัล ทักษะด้านดิจิทัลของข้าราชการและบุคลากร ภาครัฐเพื่อปรับเปลี่ยนเป็นรัฐบาลดิจิทัลเป็นทักษะ ทวีไป (Generic Skill) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ ความสามารถ ความรู้ ประสบการณ์และคุณลักษณะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษางานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

ในการทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัย ภายในประเทศที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

บันเย็น เพ็งกระจ่าง (2561) ได้ศึกษาเรื่อง การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 สำหรับ ครู ในวิทยาลัยเทคโนโลยีควานันท์ ผลการวิจัยพบว่า 1.ความคิดเห็นของครูที่มีต่อการพัฒนาครูด้านการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ของ โรงเรียนสารสาสน์วิเทศคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($X = 4.10$) เมื่อ พิจารณารายด้าน เรียงลำดับ ค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา และต่ำสุด ดังนี้ ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านเคารพ ให้เกียรติอยู่ในระดับมาก ($X = 4.27$) รองลงมาคือ ด้าน จริยธรรม อยู่ในระดับมาก ($X = 4.16$) และ ค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านสังเคราะห์ อยู่ในระดับมาก ($X = 3.97$) 2.ความเห็นเพิ่มเติมพบว่า ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาครูด้านการเรียนการสอนใน ศตวรรษที่ 21 ของโรงเรียนสารสาสน์วิเทศคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ปัญหาและอุปสรรคการ พัฒนาครูด้านการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ครูส่วนใหญ่ยังขาดการพัฒนา และการฝึกอบรม เช่น หลักสูตร นวัตกรรมใหม่ และเทคโนโลยีใหม่ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 17.78 รองลงมา ขาดแคลนงบประมาณในการสร้างสื่อ นวัตกรรมใหม่ๆ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 และครู ในแต่ละวิชายังมีความรู้แต่ในตำราเรียน หรือมีความรู้ในสิ่งใหม่ๆ ยัง น้อย ครูที่มีประสบการณ์สูง ไม่ยอมช่วยเหลือครูที่เข้าใหม่ ไม่เสนอแนะช่วยเหลือ จำนวนนักเรียนใน 1 ชั้นเรียนมีจำนวนมาก ไปจึง ทำให้การตรวจสอบไม่ทั่วถึง หากนักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหา ครูอายุยังน้อยกันมากจึงขาด ความรับผิดชอบ นโยบายของโรงเรียนไม่ สอดคล้องกับพัฒนาการแต่ละช่วงวัยของนักเรียนที่ควร ได้รับทำให้ครูทำงานไม่ตรงกับที่ได้เรียนมา และด้านการประสานงานที่ไม่ ค่อยตรงกันน้อยที่สุด จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.22

นันทนัช สุขแก้ว และคณะ (2562) ได้ศึกษาเรื่อง ทักษะครูในยุคดิจิทัล ของโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี สังกัดสำนักงานเขต พื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ผลการวิจัยพบว่า 1.ระดับทักษะของครูในยุคดิจิทัล โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี โดยภาพรวมทั้ง 3 ด้าน มี ค่าเฉลี่ยทักษะอยู่ในระดับมาก โดยสามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ คือ ทักษะชีวิตและอาชีพ โดยที่การให้ ความสำคัญกับ การปฏิบัติงานอย่างเต็มกำลัง และเต็มความสามารถ เป็นทักษะที่อยู่ในระดับมาก และอยู่ในอันดับสูงสุด รองลงมา คือทักษะด้านการ เรียนรู้และนวัตกรรม โดยที่ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในการนำเสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์ได้ เป็นทักษะที่อยู่ในระดับ มาก ส่วนทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี โดยที่ความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และ เกิดความถูกต้อง เป็นทักษะที่อยู่ในระดับมาก และอยู่ในอันดับต่ำสุด 2.ผลการเปรียบเทียบระดับ ทักษะครูในยุคดิจิทัล โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี จำแนกตามวุฒิการศึกษา ประสบการณ์ทำงาน และกลุ่มวิชาที่สังกัด พบว่า ระดับ ทักษะของครูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งภาพรวม และรายด้าน ครูที่มีระดับการศึกษาปริญญาตรี หรือเทียบเท่า จะมีทักษะครูในยุคดิจิทัลแตกต่างกับครูที่มีวุฒิมหาวิทยาลัยในระดับสูง กว่าปริญญาตรี ครูที่มีประสบการณ์สอน ต่ำกว่า 5 ปี และระหว่าง 5-10 ปี มีทักษะครูที่แตกต่างกับครูที่มีประสบการณ์สอน 10 ปีขึ้นไป และครูที่สังกัดกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม มีทักษะในยุคทางดิจิทัล ที่มากกว่าครูที่สังกัดในกลุ่ม สาระสุขศึกษาและพลศึกษา การงานอาชีพ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

ชมภูนุช พุฒินทร (2563) ได้ทำการศึกษาเรื่อง รูปแบบการพัฒนาทักษะดิจิทัลแบบออนไลน์ด้วยการเรียนรู้แบบเชิงรุก สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู เพื่อเตรียมความพร้อมสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0 ผลการวิจัยพบว่า 1.ทักษะดิจิทัลของนักศึกษาวิชาชีพครูอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดตามลำดับ คือ 1) ด้านการสอนและการเรียนรู้ 2) ด้านการสร้างนวัตกรรมในรูปแบบต่าง ๆ 3) ด้านการค้นหาข้อมูล และการใช้งานที่มีคุณภาพ 4) ด้านการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่มีอยู่ 5) ด้านการปกป้องข้อมูล ตัวเองและป้องกันข้อมูลของผู้อื่น และ 6) ด้านการสื่อสารและความร่วมมือ 2. ความต้องการในการพัฒนาทักษะให้นักศึกษาวิชาชีพครู ทักษะหลักในด้าน สร้างสรรค์เป็นอันดับแรก รองลงมา คือด้านรู้ใช้ และด้านรู้เข้าใจ 3. รูปแบบการฝึกทักษะดิจิทัลแบบออนไลน์ด้วยการเรียนรู้แบบเชิงรุกสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) การทดสอบก่อนเรียน 2) การเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนครอบคลุม 3 มิติคือ รู้ใช้ รู้เข้าใจ และรู้สร้างสรรค์ และ 3) การทดสอบหลังเรียน 4. ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการฝึกทักษะดิจิทัลแบบออนไลน์ด้วยการเรียนรู้แบบเชิงรุกสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าอยู่ในระดับมากในด้าน วัตถุประสงค์ การเรียน ด้านการวัดประเมินผล ด้านรูปแบบการพัฒนาทักษะดิจิทัล และด้านเนื้อหาบทเรียน และ ความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลางคือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

นวพัฒน์ เก็มกาแมน (2563) ได้ทำการศึกษาเรื่อง แนวทางการพัฒนาการรู้ดิจิทัลสำหรับครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 ผลการวิจัยพบว่า 1) สภาพปัจจุบันการรู้ดิจิทัลของครู ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.13, S.D. = 0.79$) และสภาพที่พึงประสงค์การรู้ดิจิทัลของครู ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55, S.D. = 0.74$) 2) ความต้องการจำเป็นของพัฒนาการรู้ดิจิทัลสำหรับครู ตามการจัดลำดับมากที่สุด ได้แก่ (1) ด้านการใช้ (2) ด้านการสร้างสรรค์ (3) ด้านจริยธรรม (4) ด้านความเข้าใจ (5) ด้านการเข้าถึง และ (6) ด้านการสื่อสาร ตามลำดับ 3) แนวทางการพัฒนาการรู้ดิจิทัลสำหรับครู ได้แก่ (1) ด้านการใช้ การอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้เครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพ (2) ด้านการสร้างสรรค์ กระตุ้นการสร้างเจตคติการพัฒนาสื่อการสอนบนแพลตฟอร์มที่หลากหลาย (3) ด้านจริยธรรม การให้ความรู้ทางพระราชบัญญัติคอมพิวเตอร์และการใช้ดิจิทัลเพื่อความมั่นคงปลอดภัย (4) ด้านความเข้าใจ ส่งเสริมความเข้าใจที่เหมาะสมกับผู้เรียนอย่างมีวิจารณญาณ (5) ด้านการเข้าถึง สนับสนุนอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีให้มีความพร้อมอยู่เสมอ และ (6) ด้านการสื่อสาร ส่งเสริมการทำงานเป็นทีมผ่านการใช้ดิจิทัล

อมรรัตน์ ดอนพิลา (2566) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความต้องการจำเป็นและแนวทางพัฒนาทักษะดิจิทัลของครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภูมิภาคอาหาร ผลการวิจัยพบว่า 1. สภาพปัจจุบันของทักษะดิจิทัลของครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภูมิภาคอาหาร ตามความคิดเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาและครูอยู่ในระดับมาก ส่วนสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมากที่สุด 2. ทักษะดิจิทัลของครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภูมิภาคอาหาร ตามความคิดเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาและครู จำแนกตามสถานภาพการดำรงตำแหน่งมีความคิดเห็นต่อสภาพปัจจุบันโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนสภาพที่พึงประสงค์ โดยรวมไม่แตกต่างกัน และจำแนกตามขนาดโรงเรียนมีความคิดเห็นต่อสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์โดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3. ความต้องการจำเป็นของครูในศตวรรษที่ 21 พบว่า ทักษะประยุกต์สำหรับการทำงาน มีความต้องการจำเป็นมากที่สุด 4. ทักษะดิจิทัลของครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภูมิภาคอาหารที่ต้องพัฒนา คือ ทักษะประยุกต์สำหรับการทำงาน โดยมีแนวทางพัฒนาด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) ด้านทักษะการใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อการศึกษา คือ นำเกมสมาธิใช้ในกระบวนการเรียนการสอนสร้างช่อง YouTube และมีวิดีโอสื่อการเรียนรู้ และเข้ารับการฝึกอบรมทักษะการใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อการศึกษา 2) ด้านทักษะการใช้ดิจิทัลเพื่อความมั่นคงปลอดภัย คือ สร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ และถ่ายทอดความรู้ ด้านความปลอดภัยให้กับผู้เรียน และ 3) ด้านทักษะการใช้โปรแกรมสร้างสื่อดิจิทัล คือ พัฒนานตนเองและเรียนรู้จากการปฏิบัติงานด้วยวิธีการที่หลากหลาย และนำไปสู่การพัฒนาเป็นครูต้นแบบ

งานวิจัยต่างประเทศ

ในการทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัย ภายต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

Davy Tsz Kit Ng (2023) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Teachers' AI digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world ผลการวิจัยพบว่า การศึกษานี้ให้ภาพรวมของการวิจัยเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชัน ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ของครูและวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลของครู การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า AI มอบโอกาสมากมายแก่ครูในการวางแผนการสอนที่ดีขึ้น เช่น การกำหนดความต้องการของนักเรียนและทำให้ครูคุ้นเคยกับความต้องการเหล่านั้น การนำไปปฏิบัติ เช่น การให้ข้อเสนอแนะทันทีและการแทรกแซงของครู และการประเมิน เช่น การให้คะแนนเรียงความอัตโนมัติ

นอกจากนี้ ยังพบว่าครูมีบทบาทต่างๆ ในการพัฒนาเทคโนโลยี AI บทบาทเหล่านี้รวมถึงการทำหน้าที่เป็นต้นแบบ สำหรับการฝึกอบรมอัลกอริธึม AI และการมีส่วนร่วมในการพัฒนา AI โดยการตรวจสอบความแม่นยำของระบบการประเมินอัตโนมัติของ AI การค้นพบนี้เน้นย้ำถึงความท้าทายหลายประการในการใช้ AI ในการฝึกสอน เช่น การขาดความรู้ทางเทคนิคและการปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีใหม่ๆ ทั้งยังชี้ให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาสาขานี้เพื่อให้ครูสามารถใช้ AI ในการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการพัฒนาครูให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องพัฒนาให้ครูมีความรู้และสมรรถนะในการเข้าใจ ใช้ และสร้างสื่อเทคโนโลยีดิจิทัล โดยมีกระบวนการให้ความรู้ และพัฒนาครูให้มีทักษะการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อให้ครูผู้สอนได้นำทักษะการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลไปพัฒนาตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปสู่การจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้โดยเกิดผลสำเร็จเป็นรูปธรรม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัย ดังนี้

กลุ่มเป้าหมาย

- 1) ผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนในสังกัดเทศบาลนครเชียงใหม่ จำนวน 11 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

- 1) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เรื่อง การพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการพัฒนาบุคลากร เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างในการสร้างแบบสัมภาษณ์
- 2) ศึกษาวิธีการสร้างแบบสัมภาษณ์โดยปรับปรุงและพัฒนามาจาก วราพินทร์ ชาววิวัฒน์ เรื่อง แนวทางการส่งเสริมทักษะดิจิทัลของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา พิชญ์โลก เขต 2 และ เกาแซ เต็ดอดขุนทด เรื่อง รูปแบบการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้สำหรับครูในศตวรรษที่ 21 ของโรงเรียนฉะเชิงเทราปัญญาอนุกุล จังหวัดฉะเชิงเทรา

3) ผู้วิจัยกำหนดหัวข้อ ประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์เกี่ยวกับมุมมองผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) พิจารณาข้อคำถามว่ามีความชัดเจนทางภาษากับกลุ่มเป้าหมายหรือไม่

4) ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาแก้ไขความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษาและความสมบูรณ์ของแบบสัมภาษณ์

5) ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

6) ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปเสนอผู้ทรงคุณวุฒิทางการใช้ Generative AI และด้านการบริหารสถานศึกษา จำนวน 3 คน เพื่อสอบถามความสอดคล้องและเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์

7) ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาและให้ความเห็นชอบ

8) ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ฉบับสมบูรณ์ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะบดีคณะศึกษาศาสตร์ ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลวิจัยผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 11 คน

2) ผู้วิจัยส่งหนังสือขอความร่วมมือก่อนวันนัดหมายสัมภาษณ์ อย่างน้อย 1 สัปดาห์

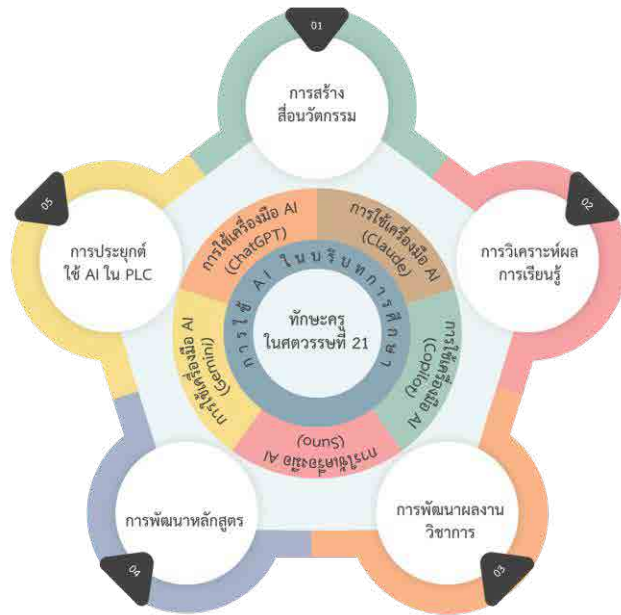
3) ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 22 – 26 เมษายน 2567

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดย Content analysis จากนั้นนำมาวิเคราะห์และนำเสนอเป็นความเรียง

4. ผลการวิจัย

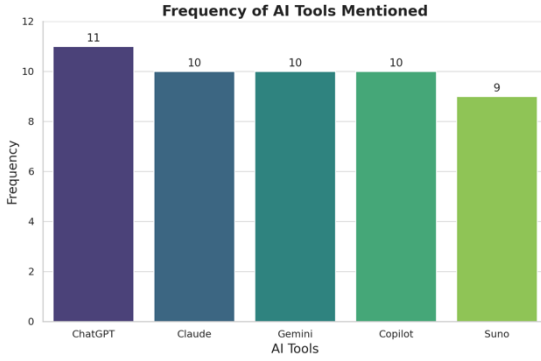
ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษามุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย เกี่ยวกับมุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) จำนวน 11 คน ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 1 คำถาม ดังนี้ 1) ท่านคิดว่าในศตวรรษที่ 21 ครูควรมีทักษะด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) อย่างไร ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์และสรุปเป็นประเด็น ดังนี้



รูปที่ 1 มุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้บริหารสถานศึกษา 11 คน แสดงให้เห็นว่าผู้บริหารมีมุมมองที่คล้ายคลึงกันเกี่ยวกับการใช้ AI ในการพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ความสำคัญของ AI ในการศึกษาได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่ามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการสอนและการเรียนรู้ การพัฒนาทักษะการใช้ AI ของครูจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องให้ความสำคัญและสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการสัมภาษณ์มุมมองผู้บริหารสถานศึกษา 11 คน มาวิเคราะห์และสรุปเป็นประเด็นใน ตารางที่ 1 สรุปประเด็นมุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ดังนี้

สรุปประเด็นมุมมองของผู้บริหารสถานศึกษา	มุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาทั้ง 11 คน
ความสำคัญของ AI	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้บริหารทุกคนเห็นพ้องกันว่า AI มีบทบาทสำคัญในการยกระดับคุณภาพการศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน การใช้ AI จะช่วยให้ครูสามารถปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์
ทักษะที่ครูควรมี	<ul style="list-style-type: none"> - ครูควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ AI และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) - ความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือ Generative AI เช่น ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot, Suno - ความสามารถในการบูรณาการ AI ในการจัดการเรียนรู้และพัฒนาหลักสูตร - ความสามารถในการวิเคราะห์และเลือกใช้เครื่องมือ AI ที่เหมาะสม

<p>การใช้เครื่องมือ AI</p>	<p>- ผู้บริหารทั้งหมดแนะนำให้ครูใช้เครื่องมือ AI ต่างๆ เช่น ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot, Suno ในการสร้างบทเรียนและสื่อการเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพ</p>  <p>แผนภูมิแท่งที่ 1 แสดงความถี่ของเครื่องมือ AI ที่ผู้บริหารสถานศึกษาแนะนำให้ครูใช้</p>
<p>การสร้างและพัฒนาสื่อ นวัตกรรมการสอน</p>	<p>- ผู้บริหารทุกคนเห็นว่าการใช้ AI เช่น ChatGPT และ Suno ช่วยให้ครูสามารถสร้างสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพสูงและน่าสนใจ การใช้ AI ช่วยในการออกแบบและสร้างสื่อการสอนที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น</p>
<p>การวิเคราะห์และประเมินผล การเรียนรู้ของนักเรียน</p>	<p>- AI ChatGPT และ Gemini ช่วยครูในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างละเอียดและแม่นยำ ทำให้ครูสามารถปรับการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนได้</p>
<p>การพัฒนาผลงานด้านวิชาการ</p>	<p>- ผู้บริหารทุกคนเห็นพ้องกันว่า AI มีบทบาทสำคัญในการช่วยครูพัฒนาผลงานด้านวิชาการ เช่น การวิจัย การเขียนบทความวิชาการ และการพัฒนาสื่อการสอน AI สามารถช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ สังเคราะห์ข้อมูล และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ทำให้ครูสามารถสร้างผลงานที่มีคุณภาพสูงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น</p>
<p>การพัฒนาหลักสูตร</p>	<p>- ผู้บริหารสถานศึกษาเน้นว่าการใช้ AI เช่น ChatGPT, Claude และ Gemini ช่วยให้ครูสามารถออกแบบและพัฒนาหลักสูตรได้อย่างรวดเร็วและตรงกับความต้องการของนักเรียน AI ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอแนวทางการพัฒนาหลักสูตรที่เหมาะสม นอกจากนี้ การใช้ AI ยังช่วยปรับเนื้อหาหลักสูตรให้ทันสมัยและสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา ทำให้หลักสูตรมีความน่าสนใจและตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนแต่ละคนได้ดียิ่งขึ้น</p>
<p>การนำไปใช้พัฒนางาน PLC ของครู</p>	<p>- AI สนับสนุนกระบวนการ PLC (Professional Learning Community) ของครู โดยการวิเคราะห์ข้อมูลและผลการเรียนรู้ร่วมกัน ช่วยให้ครูสามารถปรับปรุงและพัฒนาการสอนของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ</p>

เหตุผลในการใช้ Generative AI	- การใช้ Generative AI ช่วยลดเวลาในการเตรียมการสอนและเพิ่มคุณภาพของบทเรียน นอกจากนี้ยังช่วยให้ครูสามารถสร้างสื่อการสอนที่มีคุณภาพและทันสมัย ทำให้นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น
-------------------------------------	--

ตารางที่ 1 สรุปประเด็นมุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

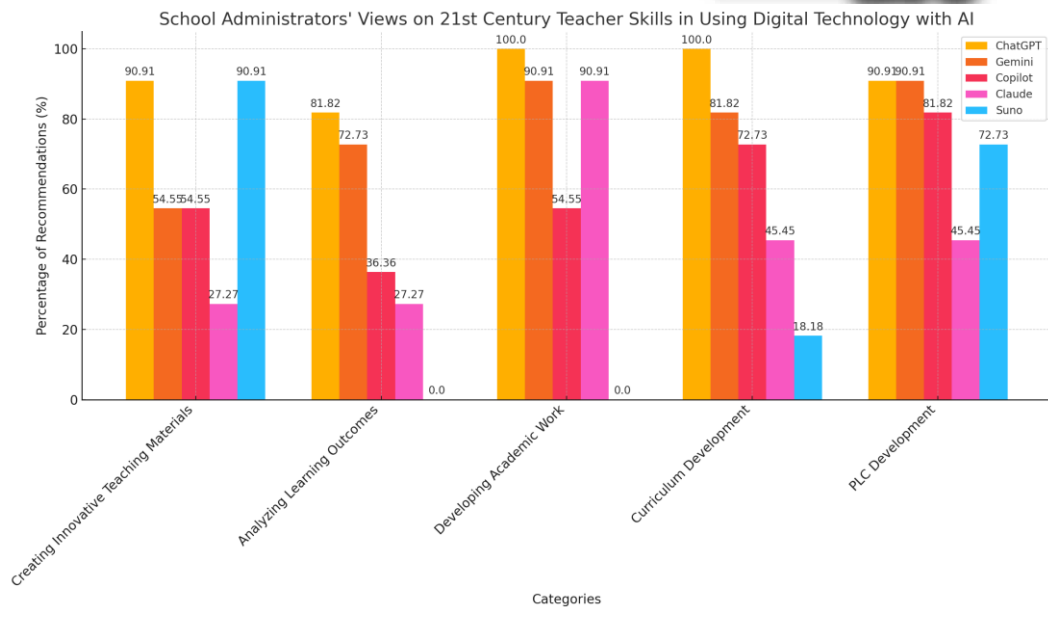
การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยใช้การสัมภาษณ์ผู้บริหารสถานศึกษาจำนวน 11 คน จากผลการวิจัยสามารถสรุปมุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ได้ดังนี้

1. ความสำคัญของ AI ในบริบทการศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ในมุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาทั้ง 11 คน เห็นพ้องกันว่า AI มีบทบาทสำคัญในการยกระดับคุณภาพการศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน การนำ AI มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนจะช่วยให้ครูสามารถปรับปรุงและพัฒนาวิธีการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ AI ช่วยให้การสอนเป็นไปอย่างมีระบบ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนในยุคดิจิทัลได้ดียิ่งขึ้น

AI ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษา โดยเฉพาะในเรื่องของการสร้างสรรค์สื่อการสอน การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียน และการพัฒนาหลักสูตร การใช้ AI จะทำให้ครูมีเครื่องมือที่ทันสมัยในการพัฒนาการสอนให้มีคุณภาพสูงขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดภาระงานของครู ทำให้ครูมีเวลามากขึ้นในการดูแลนักเรียนอย่างใกล้ชิด

2. ทักษะของครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ครูควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ AI และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) รวมถึงความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือ Generative AI เช่น ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot, และ Suno นอกจากนี้ครูควรมีความสามารถในการบูรณาการ AI ในการจัดการเรียนรู้และพัฒนาหลักสูตร รวมถึงทักษะในการวิเคราะห์และเลือกใช้เครื่องมือ AI ที่เหมาะสม

ทักษะการใช้ AI ของครูเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้การศึกษาในศตวรรษที่ 21 มีประสิทธิภาพและทันสมัย ครูที่มีทักษะในการใช้ AI สามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีความหมายต่อนักเรียน นอกจากนี้ การใช้ AI ยังช่วยครูในการพัฒนาผลงานวิชาการและการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ



แผนภูมิแท่งที่ 2
มุมมองของผู้บริหารสถานศึกษาเกี่ยวกับทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยี

ดิจิทัลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

3.

การใช้เครื่องมือ

AI สำหรับครูในการประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนา

1. การสร้างและพัฒนาสื่อวัตกรรมการสอน ครูสามารถใช้ AI เช่น Suno ในการสร้างและพัฒนาสื่อวัตกรรมการสอน การใช้ AI จะช่วยในการออกแบบและสร้างสื่อที่มีคุณภาพสูงและน่าสนใจ ทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น และสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น โดย AI ที่ถูกแนะนำมากที่สุดคือ ChatGPT และ Suno ทั้งสองได้รับการแนะนำ 90.91% จากผู้บริหาร

2. การวิเคราะห์และประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน AI ช่วยในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างละเอียดและแม่นยำ ทำให้ครูสามารถปรับการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนได้ โดย AI ที่ถูกแนะนำมากที่สุดคือ ChatGPT ได้รับการแนะนำสูงสุดที่ 81.82%

3. การพัฒนาผลงานด้านวิชาการ AI มีบทบาทสำคัญในการช่วยครูในการวิจัยและพัฒนาผลงานวิชาการ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การสังเคราะห์ข้อมูล และการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทำให้ครูสามารถสร้างผลงานที่มีคุณภาพสูงและมีประสิทธิภาพ โดย AI ที่ถูกแนะนำมากที่สุดคือ ChatGPT เป็น AI ที่ถูกแนะนำมากที่สุดถึง 100%

4. การพัฒนาหลักสูตร AI เช่น ChatGPT, Claude และ Gemini ช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบหลักสูตรที่เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละช่วงวัยและบริบทการเรียนรู้ต่างๆ AI ช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ครูสามารถปรับปรุงเนื้อหาหลักสูตรให้ทันสมัยและสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา โดย AI ที่ถูกแนะนำมากที่สุดคือ ChatGPT และ Suno ได้รับการแนะนำมากที่สุดที่ 100%

5. การนำไปใช้พัฒนางาน PLC ของครูผู้สอนร่วมกัน AI สนับสนุนกระบวนการ PLC (Professional Learning Community) ของครูในการวิเคราะห์ข้อมูลและผลการเรียนรู้ร่วมกัน ช่วยให้ครูสามารถปรับปรุงและพัฒนาการสอนของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ AI ในการสร้างสื่อวัตกรรมการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ การพัฒนาผลงานวิชาการ การพัฒนาหลักสูตร และการพัฒนา PLC เป็นสิ่งที่ผู้บริหารเห็นว่ามีประสิทธิภาพ AI สามารถช่วยครูในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ AI ยังช่วยในการวิจัยและพัฒนาผลงานวิชาการ ทำให้ครูสามารถสร้างผลงานที่มีคุณภาพสูงและมีประสิทธิภาพ การฝึกอบรมครูให้มีทักษะในการใช้ AI จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การศึกษาในศตวรรษที่ 21 เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและทันสมัย โดยการประยุกต์ใช้ AI ในการพัฒนาแนวทางการสอน (PLC) AI ที่ถูกแนะนำมากที่สุดคือ ChatGPT และ Suno ได้รับการแนะนำที่ 90.91%

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยในเรื่องการพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล โดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารสถานศึกษาจำนวน 11 คน ผู้วิจัยพบประเด็นที่น่าสนใจจึงนำมาอภิปรายผลได้ ดังนี้

1.ความสำคัญของ AI ในการศึกษา

ผู้บริหารสถานศึกษามีความเห็นตรงกันว่า AI มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการสอนและการเรียนรู้ โดย AI สามารถช่วยครูในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการสอนอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ ตัวอย่างเช่น การใช้งาน ChatGPT ในการสร้างเนื้อหาบทเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ของนักเรียน และการพัฒนาหลักสูตรที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียน

2.ทักษะที่ครูควรมีในศตวรรษที่ 21

ครูควรมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับ AI และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) รวมถึงความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือ Generative AI เช่น ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot, และ Suno ทักษะเหล่านี้จะช่วยให้ครูสามารถบูรณาการ AI ในการจัดการเรียนรู้และพัฒนาหลักสูตร รวมถึงการวิเคราะห์และเลือกใช้เครื่องมือ AI ที่เหมาะสม

3.การใช้งาน AI ในการพัฒนาสื่อและการสอน

AI ช่วยให้ครูสามารถสร้างและพัฒนาสื่อวัตกรรมการสอนที่มีคุณภาพสูงและน่าสนใจ เช่น การใช้ Suno ในการสร้างสื่อการเรียนรู้แบบใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ AI ยังช่วยในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างละเอียดและแม่นยำ ทำให้ครูสามารถปรับการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนได้

4.การพัฒนาผลงานวิชาการและหลักสูตร

AI มีบทบาทสำคัญในการช่วยครูในการวิจัยและพัฒนาผลงานวิชาการ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การสังเคราะห์ข้อมูล และการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทำให้ครูสามารถสร้างผลงานที่มีคุณภาพสูงและมีประสิทธิภาพ การใช้ AI เช่น ChatGPT, Claude และ Gemini ช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบหลักสูตรที่เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละช่วงวัยและบริบทการเรียนรู้ต่างๆ

5.การพัฒนางาน PLC (Professional Learning Community) ของครู

AI สนับสนุนกระบวนการ PLC ของครูในการวิเคราะห์ข้อมูลและผลการเรียนรู้ร่วมกัน ช่วยให้ครูสามารถปรับปรุงและพัฒนาการสอนของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ การฝึกอบรมครูให้มีความรู้ในการใช้ AI เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การศึกษาในศตวรรษที่ 21 เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและทันสมัย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 ด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีดิจิทัล มีข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย และข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1.1 ควรมีการเตรียมเครื่องมือวิจัยที่มีความชัดเจนและครอบคลุมหัวข้อที่ต้องการศึกษา เช่น แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม หรือเครื่องมืออื่น ๆ ที่สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรทดสอบเครื่องมือเหล่านี้กับกลุ่มตัวอย่างย่อยเพื่อปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำมาใช้จริง

1.2 ควรมีการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของข้อมูลอย่างต่อเนื่อง การตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับมาอย่างละเอียดจะช่วยป้องกันข้อผิดพลาดและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย

2. ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม ควรออกแบบและพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมที่เน้นการปฏิบัติและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น Generative AI เพื่อให้ครูสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริงในการสอนและการจัดการเรียนรู้

2.2 การพัฒนาทักษะครูผ่านการฝึกปฏิบัติจริง การฝึกอบรมควรเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการสอนจริง การทำงานกลุ่ม และการจำลองสถานการณ์ (Simulations) เพื่อให้ครูได้ฝึกปฏิบัติและนำไปใช้ได้จริง

2.3 การติดตามและประเมินผลการพัฒนาทักษะของครู ควรมีการติดตามและประเมินผลการพัฒนาทักษะของครูอย่างต่อเนื่อง โดยใช้การสังเกตการณ์ในห้องเรียน การสอบวัดความรู้ ความสามารถและทักษะ และการสัมภาษณ์ครูและนักเรียน ข้อมูลที่ได้จะช่วยให้การปรับปรุงการอบรมให้ตอบสนองต่อความต้องการของครูและนักเรียน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบเครื่องมือ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ ปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษาที่เป็นกลุ่มศึกษาในการดำเนินการใช้เครื่องมือ และเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณะครูที่เสียสละเวลาและให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

7. เอกสารอ้างอิง

ชมภูนุช พุฒิเมตร. (2563). รูปแบบการพัฒนาทักษะดิจิทัลแบบออนไลน์ด้วยการเรียนรูแบบเชิงรุก สำหรับ นักศึกษาวิชาชีพครู เพื่อเตรียมความพร้อมสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี, 17(1), 71-80.

นันทนัช สุขแก้ว และคณะ. (2562). ทักษะครูในยุคดิจิทัล ของโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2. วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาวิทาลัยเกษตรศาสตร์, 74-75.

นพวัฒน์ เก็มกามาณ. (2563). *แนวทางการพัฒนาการรู้ดิจิทัลสำหรับครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7* (วิทยานิพนธ์). ปทุมธานี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. สืบค้นจาก <http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/handle/123456789/4057>

บันเย็น เพ็งกระจ่าง. (2561). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 สำหรับครู ในวิทยาลัยเทคโนโลยีควานันท์. การค้นคว้าอิสระ ศิลปศาสตรมหาวิทาลัยเกริก, 73-76.

อมรรัตน์ ดอนพิลา. (2566). *ความต้องการจำเป็นและแนวทางการพัฒนาทักษะดิจิทัลของครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคกลาง* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์). สกลนคร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. สืบค้นจาก https://gsmsis.snru.ac.th/e-thesis/file_att1/2023050860421229140_fulltext.pdf

Davy Tsz Kit Ng. (2023). Teachers'AI digital competencies and twenty- first century skills in the post- pandemic world. from Association for Educational Communications and Technology 2023. Educational Technology Research and Development, 71, 137-161. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10203->

ข้อเสนอเชิงนโยบายการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่

ชญาณิศ ฤทธิเจริญ , รตนภูมิ โนนสุ

มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น เลขที่ 120 ถนน มหิดล ตำบลสุเทพ อำเภอเมืองเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

chayanisaridcharern@gmail.com, 095-9325813

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ความต้องการและปัจจัยในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเชียงใหม่ 2) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนการสอนภาษาเกาหลีที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีกลุ่มเป้าหมายได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3, นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 361 คน ผู้ปกครองนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 361 คน ผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายวิชาการ หัวหน้ากลุ่มสาระภาษาต่างประเทศ ครูผู้สอนภาษาต่างประเทศ จำนวน 21 คน ผู้ทรงคุณวุฒิด้านบริหารการศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเชียงใหม่ จำนวน 7 คน เครื่องมือในการศึกษาค้นคว้ามีดังนี้ แบบสอบถาม, แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แจกแจงความถี่, ร้อยละ ผลการศึกษพบว่า ด้านความต้องการ สถานศึกษามีความต้องการที่จะเปิดสอนภาษาเกาหลี ร้อยละ 70.37 และมีความต้องการเปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 63.20 ปัจจัยหลักที่ทำให้มีความต้องการเรียนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีความต้องการที่จะเรียนภาษาเกาหลีในระดับมัธยมปลายในระดับความรู้ระดับต้นตามหลักสูตรที่กำหนด การเรียนรู้ผ่านซีรี่ย์เกาหลี โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มโอกาสในการทำงาน ด้านผู้ปกครอง พบว่า มีความต้องการในการเพิ่มโอกาสในการทำงาน โดยให้จัดการเรียนในหลักสูตรปกติ โรงเรียนต้องมีครูผู้สอนที่มีคุณภาพและมีการจัดสื่อการสอนที่หลากหลายมีรูปแบบ โดยมีค่าใช้จ่าย ประมาณ 2,300 บาทต่อภาคเรียน ด้านรูปแบบ โรงเรียนส่วนใหญ่มีรูปแบบต้องการที่จะเปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมต้น โดยเปิดเป็นแผนการเรียนปกติ มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มโอกาสในการทำงาน ในขณะที่ปัจจัยสนับสนุนโรงเรียนมีความพร้อมด้านห้องเรียน แต่ไม่มีครูสอนภาษาเกาหลีโดยตรง และครูที่สอนภาษาต่างประเทศยังไม่เคยผ่านการอบรมเกี่ยวกับภาษาเกาหลี

คำสำคัญ: ข้อเสนอเชิงนโยบาย, ภาษาเกาหลีในสถานศึกษา, รูปแบบการเรียนภาษาเกาหลี, ภาษาเกาหลีในระดับมัธยมศึกษา

The Policy Proposals for teaching Korean language Towards School Under Chiang Mai Secondary
Educational Service Area Office

ชื่อ ชญาณิศา ฤทธิไจริญ , รตนภูมิ โนสุ
มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น เลขที่ 120 ถนน มหิดล ตำบลสุเทพ อำเภอเมืองเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100
chayanisaridcharern@gmail.com, 095-9325813

Abstract

This study aimed to 1) analyze the demand and factors for introducing Korean language courses in schools under the Chiang Mai Secondary Educational Service Area Office and 2) examine the current methods of teaching Korean in these schools. The target groups included 361 students from Grades 9 and 10, 361 parents of these students, 21 school administrators, academic heads, foreign language department heads, and foreign language teachers, as well as 7 educational management experts. The research utilized questionnaires and interviews, with data analyzed using frequency distribution and percentage. The findings revealed that 70.37% of schools wanted to introduce Korean language courses, with 63.20% preferring to start at the lower secondary level. Students were motivated by the prospect of learning through Korean dramas and improving job opportunities. Parents supported the initiative for similar reasons and emphasized the need for qualified teachers and diverse teaching materials, with an estimated cost of 2,300 THB per semester. While most schools were ready to introduce Korean as part of the regular curriculum, they lacked trained Korean language teachers, and existing foreign language teachers had not received specific training in Korean.

Keywords: Policy recommendations, Korean language in educational institutions, Korean language learning model, Korean language in secondary education.

1. บทนำ

ความเป็นมา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาวัฒนธรรมเกาหลีได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่เยาวชนไทย จนก่อให้เกิดกระแสความนิยมวัฒนธรรมเกาหลีหรือ Korean Wave ที่มีการแพร่กระจายอย่างรวดเร็วในหมู่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่และพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งความนิยมในวัฒนธรรมเกาหลีดังกล่าวได้นำไปสู่ความต้องการเรียนรู้ภาษาเกาหลีในหมู่นักเรียนเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากนักเรียนต้องการเข้าถึงและเข้าใจเนื้อหาของสื่อเกาหลีต่างๆ ได้อย่างลึกซึ้งมากกว่าการชมแปลภาษาไทย รวมถึงมีความสนใจที่จะสื่อสารโต้ตอบกับสาวก K-Pop และเนื้อหาเกี่ยวกับเกาหลีในโลกออนไลน์ได้โดยตรง อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีความต้องการในการเรียนรู้ภาษาเกาหลีเพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ยังไม่เปิดสอนภาษาเกาหลีอย่างเป็นทางการ ทำให้นักเรียนที่สนใจต้องหันไปเรียนจากสถาบันกวดวิชาเอกชนภายนอก ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและอาจไม่ตอบโจทย์ความต้องการได้อย่างครอบคลุม จึงมีความคิดที่จะนำเสนอข้อเสนอในการกำหนดนโยบายการเปิดสอนวิชาภาษาเกาหลีในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการของนักเรียน โดยบทความจะได้วิเคราะห์ถึงความสำคัญของการเรียนรู้ภาษาเกาหลี รวมถึงประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับจากการเรียนวิชาดังกล่าว ทั้งในแง่การเข้าถึงและเข้าใจวัฒนธรรมเกาหลี โอกาสในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในด้านการท่องเที่ยวและการดึงดูดนักท่องเที่ยวชาวเกาหลีให้เข้ามาในจังหวัดเชียงใหม่

นอกจากนี้ ความพร้อมของสถานศึกษาในการจัดการเรียนการสอนภาษาเกาหลีในด้านต่างๆ โดยประเมินปัจจัยด้านหลักสูตร สื่อการเรียนการสอน แหล่งทรัพยากรเรียนรู้ งบประมาณ และทรัพยากรบุคคล รวมถึงข้อดีและข้อจำกัดของการเปิดสอนในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำเสนอรูปแบบและแนวทางการจัดการเรียนการสอนภาษาเกาหลีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับโรงเรียนในเขตพื้นที่ดังกล่าว โดยมุ่งหวังให้เกิดการขับเคลื่อนและผลักดันการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อสนองตอบต่อความต้องการและความสนใจของนักเรียนในยุคที่วัฒนธรรมเกาหลีแพร่หลาย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความต้องการและปัจจัยในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่
2. เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนการสอนภาษาเกาหลีที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับข้อเสนอเชิงนโยบาย

ความหมายของข้อเสนอเชิงนโยบาย

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้มีการกำหนดความหมายของ นโยบายไว้ว่า นโยบาย หมายถึง หลักการและวิธีปฏิบัติ ซึ่งถือเป็นแนวทางการดำเนินการ และตามพจนานุกรมของ Oxford English Dictionary ได้ให้คำจำกัดความของนโยบายไว้ว่า นโยบาย หมายถึง ความฉลาดและการใช้ดุลยพินิจที่หลักแหลมในทางการเมืองศิลปะแห่งการดำเนินกิจการของบ้านเมือง การดำเนินการที่ฉลาดรอบคอบ แนวทางการดำเนินการของรัฐบาลพรรคการเมือง (เสนีย์ คำสุข, 2549) เป็นต้น

(Mitrabhakdi & Rujasiri, 2015) กล่าวว่า นโยบาย คือ หลักการ แผนการหรือแนวทางของการปฏิบัติ หรือนโยบาย เป็นการตัดสินใจขั้นต้นอย่างกว้างๆ จากข้อมูลทั่วไป เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานให้ เป็นไปโดยถูกต้องและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

โดยความสำคัญของนโยบาย ประกอบไปด้วย

1. นโยบายช่วยให้ประหยัดเวลา โดยเป็นสิ่งที่คิดหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าก่อนแล้ว ดังนั้นผู้นำนโยบายไปปฏิบัติเพียงแต่เอาข้อมูลที่มีอยู่ก่อนแล้วเป็นปัจจัยเพื่อประกอบการตัดสินใจ
2. นโยบายก่อให้เกิดการประสานงาน โดยนโยบายเดียวกันจะช่วยทำให้แต่ละหน่วยงานย่อยสามารถคาดการณ์ตัดสินใจและปฏิบัติงานด้วยความถูกต้องยิ่งขึ้น
3. นโยบายช่วยให้องค์กรเกิดความมั่นคง เพราะสมาชิกในองค์กรจะเข้าใจและทิศทางการเป้าหมายในการปฏิบัติงาน

4. นโยบายที่ชัดเจนจะช่วยส่งเสริมให้ผู้บริหารแต่ละระดับและแต่ละบุคคลกล้าที่จะตัดสินใจ เพราะ สมาชิกในองค์กรทุกคนทราบถึงขอบเขตของความรับผิดชอบที่ตนเองสามารถตัดสินใจได้
5. นโยบายจะทำหน้าที่เป็นโครงร่างที่จะนำไปสู่การตัดสินใจของผู้บริหารระดับต้นและจะเป็นตัวช่วยให้ผู้บริหารระดับสูงสามารถมอบหมายงานหน้าที่ให้กับผู้บริหารระดับต้นได้
6. นโยบายที่ชัดเจนจะช่วยให้การตัดสินใจเป็นไปโดยถูกต้อง ยุติธรรม และเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น

รูปแบบการกำหนดนโยบาย

ลักษณะทั่วไปของนโยบายอาจแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. นโยบายแบบแนวทางกว้างๆ (blessing) เป็นลักษณะของแนวนโยบายแบบแนวทางกว้างๆ โดยทั่วไปจะมีข้อความที่ระบุทิศทางหรือแนวทางการดำเนินงานในเรื่องที่นโยบายนั้นกำหนด ในลักษณะที่เปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติเลือกทางเลือกในการปฏิบัติที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการดำเนินงานของตนได้มากกว่าหนึ่งทางเลือกหรือได้จากหลายทางเลือก โดยทิศทางในการดำเนินงานอาจเป็นไปในเชิงบอกให้รู้ว่าอยากให้ทำอะไรได้ไม่อย่างใด หรืออาจแสดงออกในแบบกระตุนเชิงชักชวนให้ปฏิบัติตามแนวทางใดแนวทางหนึ่ง ที่สำคัญคือ แสดงจุดเน้นและแนวทางดำเนินงาน
2. นโยบายแบบจำเพาะเจาะจง (indicative) จะมีข้อความที่ชี้แนวทางในการดำเนินงานค่อนข้างชัดเจนแน่นอน จำเพาะเจาะจง (specific) ให้ทำอย่างใดอย่างหนึ่งหรือเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามที่ระบุไว้โดยจะบอกให้ทราบว่าต้องการให้ทำอะไรนั้นสิ่งใด ส่งเสริมเรื่องใดโดยเฉพาะในบางกรณีอาจจะเสนอแนะมาตรการที่เหมาะสมเสริมหรือประกอบไว้ให้อีกด้วย ข้อความที่ระบุทิศทางการทำงานและกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติตามนโยบายแบบจำเพาะเจาะจง จะมีความแน่นอนไม่มีทางเลือกให้มากนัก หรือมีให้ก็ค่อนข้างจำกัด

นโยบายการสอนภาษาเกาหลี

นโยบายการสอนภาษาเกาหลีเป็นการกำหนดแนวทางและข้อกำหนดเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการเรียนการสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษา นโยบายดังกล่าวสามารถครอบคลุมหลากหลายด้าน (Jung & Norton, 2002) เช่น การจัดการหลักสูตร การฝึกอบรมครูผู้สอน การจัดหาสื่อการเรียนการสอน และการสนับสนุนทางการเงินหรือทรัพยากรต่าง ๆ โดยสามารถนำมาใช้ในสถานศึกษาได้ดังนี้

1. การพัฒนาหลักสูตรและสื่อการเรียนการสอน: จัดทำหลักสูตรภาษาเกาหลีที่เหมาะสมกับระดับการศึกษาของนักเรียน และจัดหาสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัย เช่น หนังสือเรียน วิดีโอ ซีดีเสียง และสื่อการสอนออนไลน์ ตัวอย่างเช่น ประเทศออสเตรเลียได้พัฒนาหลักสูตรภาษาเกาหลีในระดับมัธยมศึกษาโดยร่วมมือกับรัฐบาลเกาหลีใต้เพื่อจัดหาสื่อการสอนที่มีคุณภาพ
2. การฝึกอบรมครูผู้สอน: จัดโครงการฝึกอบรมครูผู้สอนภาษาเกาหลีให้มีทักษะและความรู้ในการสอน รวมถึงการจัดส่งครูไปฝึกอบรมที่ประเทศเกาหลีใต้ ตัวอย่างเช่น ประเทศไทยมีการจัดโครงการฝึกอบรมครูผู้สอนภาษาเกาหลีร่วมกับมหาวิทยาลัยในเกาหลีใต้เพื่อพัฒนาทักษะการสอนของครูไทย
3. การสนับสนุนทางการเงินและทรัพยากร: จัดสรรงบประมาณและทรัพยากรสำหรับการสอนภาษาเกาหลี เช่น การจัดห้องเรียนที่เหมาะสม การจัดหาสื่อการเรียน และการสนับสนุนการทำกิจกรรมเกี่ยวกับวัฒนธรรมเกาหลี ตัวอย่างเช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา มีโครงการสนับสนุนจากรัฐบาลในการจัดสรรงบประมาณสำหรับการสอนภาษาเกาหลีในโรงเรียนมัธยมศึกษา
4. การส่งเสริมการเรียนรู้วัฒนธรรมเกาหลี: จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความเข้าใจในวัฒนธรรมเกาหลี เช่น การจัดงานเทศกาลเกาหลีในโรงเรียน การเชิญวิทยากรจากเกาหลีใต้มาให้ความรู้ และการจัดทัศนศึกษาไปยังประเทศเกาหลีใต้ ตัวอย่างเช่น ประเทศแคนาดา มีการจัดงานเทศกาลเกาหลีประจำปีในโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในวัฒนธรรมเกาหลี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์เชิงสำรวจ โดยการศึกษาจากเอกสาร หนังสือ ตำรา งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อได้แนวคิดทฤษฎีรวมถึงสาระสำคัญเกี่ยวกับการเปิดสอนภาษาเกาหลีภายในสถานศึกษารวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปิดสอนและการสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษากำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ทำการศึกษ ได้แก่ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3, นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 361 คน ผู้ปกครองนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 361 คน ผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายวิชาการ หัวหน้ากลุ่มสาระภาษาต่างประเทศ ครูผู้สอนภาษาต่างประเทศ จำนวน 21

คน ผู้ทรงคุณวุฒิด้านบริหารการศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเชียงใหม่ จำนวน 7 คน โดยผู้วิจัยที่กำหนดคุณสมบัติและเกณฑ์การคำตอบสำหรับผู้ที่ถูกเลือกมาตอบแบบสอบถาม ดังนี้

1. แบบสอบถามสภาพความต้องการ ปัจจัยและรูปแบบในการจัดการสอนภาษาเกาหลีภายในโรงเรียนมัธยมศึกษาของจังหวัดเชียงใหม่

2. แบบสัมภาษณ์ความต้องการจัดการสอนภาษาเกาหลีภายในโรงเรียนมัธยมศึกษาของจังหวัดเชียงใหม่

วิธีที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการสร้าง และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามใน 2 ด้าน เพื่อให้แบบสอบถามมีคุณภาพ คือ ความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อถือได้หรือความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยดำเนินการนำแบบสอบถามที่ได้รับข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่เป้าหมายจำนวน 30 เพื่อวิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามฉบับร่างทั้งฉบับด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของครอนบาค (α -Cronbach's Alpha Coefficient) เป็นการวัดคุณภาพความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามว่าแต่ละข้อคำถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการเก็บแบบสอบถาม ด้วยการใช้สถิติบรรยาย (Descriptive Statistics) ได้แก่ 1) การแจกแจงความถี่, ร้อยละ

2. ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเล่าเรื่อง (Discriptive Analysis)

4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ร้อยละความต้องการของกลุ่มโรงเรียนที่เปิดสอนภาษาเกาหลีและกลุ่มโรงเรียนที่ยังไม่ได้เปิดทำการสอนภาษาเกาหลีมาก่อนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่

ที่	รายการ	ร้อยละ (%)
1.	โรงเรียนที่คาดว่าจะเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษา	
	1.1 ต้องการเปิดสอน	70.37
	1.2 ไม่ต้องการเปิดสอน	29.63
2.	ระดับชั้นที่คาดว่าจะเปิดทำการสอน	
	2.1 ระดับมัธยมต้น	63.20
	2.2 ระดับมัธยมปลาย	36.80
3.	รูปแบบที่คาดว่าจะทำการเปิดสอน	
	3.1 เปิดในแผนการเรียน	42.10
	3.2 วิชาเลือกเพิ่มเติม	36.80
	3.3 นอกเวลาเรียน/เสริมทักษะ	21.10
4.	ความต้องการที่เป็นปัจจัยในการเปิดสอน	
	4.1 เพื่อการเรียนรู้ต่อ	16.65
	4.2 เพื่อขอทุนการศึกษา	21.00
	4.3 เพื่อการทำงานในประเทศเกาหลี	31.60
	4.4 พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21	21.00
	4.5 ตามนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการมี	4.50
	4.6 ได้รับความร่วมมือระหว่างประเทศในสถานศึกษาไทยกับสถานศึกษาเกาหลีได้	5.25
5.	ความพร้อมของห้องเรียนในการสอน	
	5.1 เพียงพอ	78.90
	5.2 ไม่เพียงพอ	21.10

6.	ความพร้อมและความสามารถของครูผู้สอนในสถานศึกษา	
	6.1 ไม่มีครูผู้สอนภาษาเกาหลี	56.80
	6.2 ครูมีความสามารถระดับต่ำ	18.70
	6.3 ครูมีความสามารถระดับกลาง	15.50
	6.4 ครูมีความสามารถระดับสูง	9.50
7.	ครูผู้สอนภาษาเกาหลีเคยผ่านการอบรม	
	7.1 ไม่เคย	78.90
	7.2 อบรมหลักสูตรการใช้ Ai	5.30
	7.3 อบรมหลักสูตรติวสอบ TOPIK	5.30
	7.4 อบรมหลักสูตรอบรมครูผู้สอนภาษาเกาหลี	5.30
	7.5 อบรมหลักสูตรอื่นๆ	5.30

จากตาราง พบว่า โรงเรียนมีความต้องการเปิดสอนภาษาเกาหลีและคาดว่าจะเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ ร้อยละ 70.37 โดยมีระดับขั้นที่คาดว่าจะเปิดสอนภาษาเกาหลีในระดับมัธยมต้นร้อยละ 63.20 และระดับรูปแบบการเรียนที่คาดว่าจะเปิดสอนแผนการเรียนร้อยละ 42.10 มีเป้าหมายเพื่อการทำงานในประเทศเกาหลี ร้อยละ 31.60 ความพร้อมของห้องเรียนในการสอนมีความพร้อมคิดเป็นร้อยละ 78.90 ในด้านของความพร้อมและความสามารถของครูผู้สอนในสถานศึกษาพบว่า สถานศึกษาส่วนใหญ่ยังไม่มีครูผู้สอนภาษาเกาหลีคิดเป็นร้อยละ 56.80 และมีครูที่ยังไม่เคยผ่านการอบรมสูงถึงร้อยละ 78.90

ตาราง 2 ร้อยละความต้องการและปัจจัยในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ของนักเรียน

ที่	รายการ	ร้อยละ (%)
1.	นักเรียนเคยเรียนภาษาเกาหลีมาก่อนหรือไม่	
	1.1 เคย	72.70
	1.2 ไม่เคย	27.30
2.	ระดับความรู้ภาษาเกาหลีที่ต้องการ	
	2.1 ระดับต้น	83.70
	2.2 ระดับกลาง	16.30
3.	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการเรียนภาษาเกาหลี	
	3.1 กระแสวัฒนธรรมเกาหลี (Korean Wave)	12.10
	3.2 การเพิ่มโอกาสทางการศึกษา	37.90
	3.3 มีความสนใจในภาษาและวัฒนธรรมเกาหลี	19.90
	3.4 การเพิ่มโอกาสในการทำงาน	30.10
4.	นักเรียนสนใจในการเรียนภาษาเกาหลีในรูปแบบใด	
	4.1 เรียนตามหลักสูตรที่สพฐ. กำหนด	77.40
	4.2 เรียนเป็นวิชาเพิ่มเติม	14.30
	4.3 เรียนเป็นกิจกรรมหลังเลิกเรียน	8.30
5.	สื่อในรูปแบบใดที่ให้นักเรียนสนใจภาษาเกาหลีและสามารถพัฒนาทักษะภาษาเกาหลีของตนเองได้	
	5.1 ซีรี่ย์เกาหลี	38.90
	5.2 กิจกรรมแลกเปลี่ยนภาษา	4.80
	5.3 กระแส K-Pop	9.20
	5.4 ช่องยูทูปสอนภาษาเกาหลีและรายการวาไรตี้	24.10

5.5 แอปพลิเคชันเรียนภาษา	17.10
5.6 คอร์สเรียนภาษาออนไลน์	5.90

จากตาราง พบว่า ความต้องการและปัจจัยในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ นักเรียนเคยเรียนภาษาเกาหลีมาก่อนสูงถึงร้อยละ 72.70 โดยมีความต้องการในการเรียนรู้ภาษาเกาหลีในระดับต้นคิดเป็นร้อยละ 83.70 และนักเรียนมีความสนใจในการเรียนภาษาเกาหลีในรูปแบบตามหลักสูตรที่กำหนดคิดเป็นร้อยละ 77.40 ปัจจัยที่ทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนภาษาเกาหลีได้แก่ การเพิ่มโอกาสทางการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 37.90 สื่อการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนสนใจภาษาเกาหลีและสามารถพัฒนาทักษะภาษาเกาหลีของตนเองสองอันดับแรกได้แก่ ด้วยซีรีส์เกาหลีร้อยละ 38.90

ตารางที่ 3 ร้อยละความต้องการและปัจจัยในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ของผู้ปกครอง

1.	มีความสนใจหรือไม่ในการที่จะให้บุตรหลานของท่านเรียนภาษาเกาหลี	ร้อยละ
	1.1 สนใจ	66.50
	1.2 ไม่สนใจ	15.70
	1.3 ยังไม่แน่ใจ	17.90
2.	เหตุผลต่อการส่งเสริมให้บุตรหลานของท่านเรียนภาษาเกาหลี	
	2.1 เพื่อเพิ่มโอกาสในการศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย	25.50
	2.2 เพื่อเพิ่มโอกาสในการหางาน	37.30
	2.3 เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสาร	26.10
	2.4 เพื่อความรู้ความเข้าใจวัฒนธรรมเกาหลี	11.10
3.	ความสำคัญต่อการเรียนภาษาเกาหลี	
	3.1 มาก	56.20
	3.2 ปานกลาง	31.50
	3.3 น้อย	12.30
4.	รูปแบบที่สนใจที่จะให้บุตรหลานของท่านเรียนภาษาเกาหลี	
	4.1 เรียนในหลักสูตรปกติ	63.70
	4.2 เรียนเป็นวิชาเลือก	11.50
	4.3 เรียนเป็นกิจกรรมหลังเลิกเรียน	9.10
5.	ระดับค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการเรียนภาษาเกาหลี	
	5.1 1,800 บาท/เทอม	27.00
	5.2 2,300 บาท/เทอม	43.40
	5.3 2,700 บาท/เทอม	11.50
	5.4 3,200 บาท/เทอม	18.10
6.	การอำนวยความสะดวกที่อยากให้มีในการเรียนภาษาเกาหลี	
	6.1 ห้องเรียนที่ทันสมัย	13.50
	6.2 สื่อการสอนที่หลากหลาย	35.30
	6.3 ครูผู้สอนที่มีคุณภาพ	51.20

จากตารางพบว่า ความต้องการและปัจจัยในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ของผู้ปกครอง มีความสนใจและสนับสนุนให้บุตรหลานเรียนภาษาเกาหลีคิดเป็นร้อยละ 66.50 มีเหตุผลหลักที่ต้องการให้บุตรหลานเรียนภาษาเกาหลีอันดับแรกได้แก่ เพื่อเพิ่มโอกาสการหางานคิดเป็นร้อยละ 37.30 โดยเห็นความสำคัญต่ออนาคตของบุตรหลานในการเรียนภาษาเกาหลี ระดับมากคิดเป็นร้อยละ 56.20 โดยรูปแบบการเรียนในหลักสูตรปกติคิดเป็นร้อยละ 63.70 ผู้ปกครองความเห็นเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการเรียนภาษาเกาหลีพบว่า ควรอยู่ที่ประมาณ

2,300 บาท/เทอม คิดเป็นร้อยละ 43.40 และในส่วนของสถานศึกษาควรมีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อสนับสนุนการเรียนภาษาเกาหลีและต้องการครูผู้สอนที่มีคุณภาพมีสื่อการสอนที่หลากหลายคิดเป็นร้อยละ 51.20, 35.30 ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า โรงเรียน ส่วนใหญ่มีความต้องการเปิดสอนภาษาเกาหลีและคาดว่าจะเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ โดยคาดว่าจะเปิดสอนภาษาเกาหลีในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ความต้องการและปัจจัยของนักเรียนในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษา นักเรียนเคยเรียนภาษาเกาหลีมาก่อน โดยมีความต้องการในการเรียนรู้ภาษาเกาหลีในระดับต้น และนักเรียนมีความสนใจในการเรียนภาษาเกาหลีในรูปแบบตามหลักสูตรที่กำหนด ปัจจัยที่ทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนภาษาเกาหลีได้แก่ การเพิ่มโอกาสทางการศึกษา สื่อการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนสนใจภาษาเกาหลีและสามารถพัฒนาทักษะภาษาเกาหลีของตนเองได้แก่ ซีรีส์เกาหลี ด้านผู้ประกอบการพบว่า ความต้องการและปัจจัยในการเปิดสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจและสนับสนุนให้บุตรหลานเรียนภาษาเกาหลี เหตุผลหลักที่ต้องการให้บุตรหลานเรียนภาษาเกาหลีได้แก่ เพื่อเพิ่มโอกาสการหางาน โดยเห็นความสำคัญต่ออนาคตของบุตรหลานในการเรียนภาษาเกาหลี ระดับมาก มีรูปแบบการเรียนในหลักสูตรปกติ ผู้ปกครองมีความเห็นเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการเรียนภาษาเกาหลีพบว่า ควรอยู่ที่ประมาณ 2,300 บาท/เทอม และในส่วนของสถานศึกษาควรมีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อสนับสนุนการเรียนภาษาเกาหลีและต้องการครูผู้สอนที่มีคุณภาพมีสื่อการสอนที่หลากหลาย

การวิเคราะห์การจัดการสอนภาษาเกาหลีในสถานศึกษา พบว่ารูปแบบการเรียนที่คาดว่าจะเปิดสอนแผนการเรียน โดยมีเป้าหมายเพื่อ การทำงานในประเทศเกาหลี โรงเรียนส่วนใหญ่มีความพร้อมของห้องเรียนในการสอน ในด้านของความพร้อมและความสามารถของครูผู้สอนในสถานศึกษาพบว่า สถานศึกษาส่วนใหญ่ยังไม่มีครูผู้สอนภาษาเกาหลี และมีครูที่ยังไม่เคยผ่านการอบรมค่อนข้างมาก

5.2 อภิปรายผล

การศึกษาแนวคิดการนำภาษาเกาหลีมาสอนในสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ ผู้ศึกษาสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ประเด็นการสนับสนุนการเปิดสอนภาษาเกาหลี เนื่องจากสามารถช่วยเปิดโอกาสทางการศึกษาให้นักเรียนได้เรียนรู้ภาษาใหม่ ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการศึกษาต่อและประกอบอาชีพในอนาคต โดยประเทศเกาหลีได้มีบทบาททางเศรษฐกิจและวัฒนธรรมในระดับภูมิภาคและระดับโลก นอกจากนี้ยังส่งเสริมความเข้าใจระหว่างวัฒนธรรมและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างประเทศไทยและเกาหลีได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีชุมชนคนเกาหลีอาศัยอยู่ และเป็น การเพิ่มทักษะและศักยภาพให้กับนักเรียนในการใช้ภาษาต่างประเทศ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในยุคโลกาภิวัตน์ ในส่วนของประเด็นที่ควรพิจารณาในการเปิดสอนภาษาเกาหลี ประกอบด้วย ด้านความพร้อมของบุคลากรครูผู้สอนภาษาเกาหลี รวมถึงการจัดหลักสูตร สื่อการเรียนการสอน และงบประมาณสนับสนุนอย่างเพียงพอ ความต้องการและความสนใจของนักเรียนที่จะเรียนภาษาเกาหลี เนื่องจากเป็นภาษาใหม่นอกเหนือจากภาษาต่างประเทศหลักที่เรียนกันอยู่แล้ว การบริหารจัดการหลักสูตรให้สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา ไม่กระทบต่อการเรียนรู้วิชาหลักและไม่เป็นภาระเกินไปสำหรับนักเรียน และการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ปกครองนักเรียนเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างราบรื่น จากผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kwak et al., 2016) ที่กล่าวว่า การกำหนดเป้าหมายและจุดประสงค์ของ หลักการสอนภาษาเกาหลีนั้นจำเป็นต้องมี 1. เนื้อหาจะต้องยึดผู้เรียนเป็นหลัก 2. เรียบเรียงเนื้อหา อย่างเป็นระบบจากง่ายไปยาก 3. จัดขอบเขตเนื้อหาและพิจารณาเนื้อหาตามลำดับของผู้เรียน ตามลำดับของการพัฒนาหลักสูตร หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำหลักสูตรไปทดลองใช้ ตามขั้นตอนการ พัฒนาหลักสูตรซึ่งจากผลการวิจัยในหลักสูตรประสบความสำเร็จและต้องพัฒนาให้ทันสมัยอยู่ตลอดและสอดคล้องกับ (กุล & ตรา, 1996) กล่าวว่า ข้อดีของวิธีการสอนแบบฟัง-พูดคือ ผู้เรียนส่วนใหญ่โดยทั่วไปสามารถเรียนภาษาได้ เพราะวิธีสอน ที่ไม่เน้น สติปัญญาหรือเหตุผลมากนัก และสอดคล้องกับ (เพริศ) ได้กล่าวว่าวิธีการเรียนเน้นให้มีการท่องจำบทสนทนา มีการฝึกอุป ประโยคซ้ำ ๆ หรือมี แบบฝึกประเภทแทนที่ แบบประเภทเปลี่ยนรูป เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้รูปประโยคและใช้ได้อย่าง ถูกต้องโดยอัตโนมัติ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้มีการขยายโอกาสให้เด็กในพื้นที่ห่างไกลแต่อยากเรียนภาษาเกาหลี ได้เรียนในสิ่งที่ชอบ
2. ควรมีการดำเนินการสอนเปิดสอนภาษาเกาหลีในพื้นที่รอบนอก หรือชานเมือง
3. ควรเพิ่มงบประมาณสนับสนุนในด้านอุปกรณ์การเรียนหรือห้องเรียนที่เป็นห้องเรียนภาษาเกาหลีโดยเฉพาะ
4. ควรมีครูเจ้าของภาษาที่เพียงพอต่อการเรียนการสอน
5. ควรสนับสนุนให้นักเรียน โรงเรียนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเข้ามีส่วนร่วมในการพัฒนาการเรียนการสอน ตลอดจนหลักสูตรการสอน เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนมากยิ่งขึ้น

อ้างอิง

- มุกดาภรณ์ ศรีพงษ์เพริศ. ปัจจัยคัดสรรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษ ที่ 21 ของครู ประถมศึกษา จังหวัดปทุมธานี (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี. คณะครุศาสตร์ อดุทธสาทรกรรม. สาขาวิชาการบริหารการศึกษา).
- สนีย์ คำสุข, อาจารย์ที่ปรึกษา, จุมพล หนิมพานิช, อาจารย์ที่ปรึกษา, & มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. สำนักบัณฑิตศึกษา. พฤติกรรมเบี่ยงเบนในการหาเสียงเลือกตั้งระดับท้องถิ่น: ศึกษาเฉพาะกรณี การเลือกตั้งสมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนตำบลและนายกองค์การบริหารส่วนตำบลในเขตพื้นที่อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช).
- อึ้ง วัฒนกุล, & สุมิตรา. (1996). ความสัมพันธ์ระหว่างความสารถในการสื่อสารกับผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ภาษาอังกฤษ. *Journal of Education Studies*, 24(3), 57-77.
- Jung, S. K., & Norton, B. (2002). Language planning in Korea: The new elementary English program. *Language policies in education: Critical issues*, 245, 265.
- Khanacademy. (2020). Khan Academy. Retrieved May, 7, 2021, from <https://th.khanacademy.org/>
- Osterwalder and Pigneur. (2010). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*
- Kwak, J. Y., Kim, K. M., Yang, H. J., Yu, K. J., Lee, J. G., Jeong, Y. O., & Shim, S. G. (2016). Prevalence of colorectal adenomas in asymptomatic young adults: a window to early intervention? *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 51(6), 731-738.
- Mitrabhakdi, D., & Rujasiri, P. (2015). The Study of good citizenship characteristics of undergraduate of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
- Osterwalder and Pigneur. (2010). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*
- Petasen, P., & Mesupnikom, N. (2020). การ ศึกษา ภาษา เกาหลี และ เกาหลี ศึกษา ใน มหาวิทยาลัย ของ ไทย: สถานะ ปัจจุบัน ปัญหา และ ความ ทำทาย และ ข้อเสนอแนะเชิง นโยบาย. *Thai Journal of East Asian Studies*, 24(1), 18-35.
- Pholphithuk, V., Pailai, T., & Thummarat, P. (2020). ข้อเสนอเชิง นโยบาย เพื่อ พัฒนาการ จัดการ ศึกษา ตาม แผนการ ศึกษา แห่ง ชาติ 20 ปี (พ. ศ. 2560-2579) ใน จังหวัด นครพนม. *Journal of Roi Et Rajabhat University*, 14(3), 81-92.

แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักศึกษา

ภานุพันธ์ ลาภรัตนทอง^{1*} และ กุศล ช่างบุญศรี²

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่อยู่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50200

²มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่อยู่ 38 ถนนหาดเจ้าสำราญ ตำบลนาวิ่ง อำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี รหัสไปรษณีย์ 76000

*E-mail : porjmt@mutl.ac.th , เบอร์โทรศัพท์ 098-935-5795

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักศึกษา โดยการนำเสนอสถานการณ์สุขภาพในประเทศ ความสำคัญของกิจกรรมทางกาย การเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสม กับช่วงวัยของนักศึกษา กับ รวมถึงแนวทางการส่งเสริมการจัดกิจกรรมทางกายสำหรับนักศึกษาในมหาวิทยาลัย งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้ใช้การวิจัยเชิงเอกสาร ด้วยการ วิเคราะห์ สังเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายจากบทความเชิงวิชาการ บทความวิจัย และหนังสือที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่า จะต้องอาศัยความร่วมมือทุกภาคส่วนภายในมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะผู้บริหาร ที่จะต้องมีการบริหารจัดการเชิงนโยบายของมหาวิทยาลัย เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมและสนับสนุนการมีคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับนักศึกษาและบุคลากร โดยมีองค์ประกอบของแนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายในมหาวิทยาลัย ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการทำให้เปลี่ยนแปลง องค์ประกอบที่ 3 สิ่งนำออก องค์ประกอบที่ 4 สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : การส่งเสริมกิจกรรมทางกาย / กิจกรรมทางกาย / กิจกรรมทางกายที่เหมาะสม

A guideline of promoting suitable physical activities for students

Panuphan Laprattanathong ^{1*} Kusol Chongboonsri ²

¹ Rajamangala University of Technology Lanna : 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

² Phetchaburi Rajabhat University: 38 , Hat Chao Samran Road, Na Wung Subdistrict,
Phetchaburi Province 76000

*E-mail : porjmt@mutl.ac.h

Abstract

The objective of this paper is to show the guidelines of promoting physical activities appropriate to students in term of health situation within the nation, the significance of physical activities, selection of physical activities appropriate with age range of students including guidelines for promoting physical activities appropriate to students in university. This qualitative research uses documentary research by analyzing and synthesizing content about physical activities from academic articles. Research articles and related books.

The results of the study found that requires coordination from every segment in university especially the administrators who must be in charge of policy management in university. Moreover, it is aimed to illustrate the ways to promote and support students as well as personnel to have a better quality of life. The composition of guidelines for promoting physical activities appropriate to students in university are 1. import factor, 2. changing process, 3. export factor, and 4. environment.

Keywords: Promotion of physical activity /Suitable physical activities

1. บทนำ

ความเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกที่เป็นผลมาจากกระบวนการโลกาภิวัตน์ โดยเฉพาะก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเพิ่มขึ้น การประกอบกิจกรรมทางกาย(Physical Activity) ถูกลดทอนลงและทดแทนด้วยเครื่องกลในรูปแบบของสิ่งอำนวยความสะดวก ประกอบกับการติดต่อสื่อสารที่พัฒนาอย่างก้าวกระโดด ส่งผลให้สมาร์ทโฟนมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของผู้คนในการเชื่อมโยงกับโลกออนไลน์และโดยเฉพาะอย่างยิ่งคนในสังคมเมืองให้เวลากับสื่อสังคมออนไลน์บนสมาร์ทโฟนมากขึ้นการหาข้อมูลข่าวสารเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน อาทิ การหาเส้นทาง สั่งซื้อสินค้า ทำธุรกรรมทางการเงิน ฯลฯ ทำให้การเคลื่อนไหวทางกิจกรรมทางกายลดน้อยลง ส่งผลต่อรูปแบบวิถีของการใช้ชีวิตประจำวันเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจากการสำรวจของ ศูนย์พัฒนาองค์ความรู้ด้านกิจกรรมทางกายประเทศไทย (2565) พบว่า ปี 2564-2565 พบว่า สถานการณ์การมีกิจกรรมทางกายของคนไทยในภาพรวม ลดลงจากเดิมเล็กน้อย จากร้อยละ 63.0 เหลือเพียงร้อยละ 62.0 และในช่วงเวลาเดียวกันนั้นพบว่า วัยผู้ใหญ่ อายุ 18 –59 ปี มีกิจกรรมทางกาย ร้อยละ 66.8 ลดลงเหลือเพียง ร้อยละ 65.8 ตามลำดับ สอดคล้องกับ ปิยวัฒน์ เกตุวงศา และคณะ (2563) พบว่า จากการสำรวจระดับกิจกรรมทางกายในประชากรไทย ระหว่างปี 2555-2563 กลุ่มเด็กวัยเรียนและวัยรุ่น มีกิจกรรมทางกายเพียงพอที่น้อยที่สุดเมื่อ เทียบกับกลุ่มวัยอื่น ๆ ทั้งในด้านสัดส่วนผู้ที่มีพฤติกรรมทางกายเพียงพอและจำนวนชั่วโมงในการมีพฤติกรรมทางกายในแต่ละวัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงใจ ศิริวัฒนาศิลป์ และคณะ (2567) พบว่า พฤติกรรมการมีกิจกรรมทางกายส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนใหญ่พบว่านักศึกษาที่มีพฤติกรรมการมีกิจกรรมทางกาย คือ ท่านั่งคุยกับเพื่อน ๆ ในเวลาว่างนานกว่า 10 นาทีซึ่งเป็นพฤติกรรมเนือยนิ่งที่จะส่งผลเสียต่อสุขภาพของนักศึกษา ซึ่งการมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอ อาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคในกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรัง อาทิ โรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง เบาหวาน และโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นปัญหาทางด้านสุขภาพอันดับหนึ่งของโลก จากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ. 2563 พบว่า ประชาชนวัยทำงาน อายุ 15 -59 ปี มีแนวโน้มการเสียชีวิตด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังหรือ NCDs เพิ่มขึ้น ซึ่งโรคไม่ติดต่อเรื้อรังนี้เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตไม่น้อยกว่า 36 ล้านคนทั่วโลกในแต่ละปี และประมาณ 320,000 คนต่อปี ในประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 75ของสาเหตุการเสียชีวิตทั้งหมด โดยมีปัจจัยเสี่ยงสำคัญ ได้แก่ การรับประทานอาหารหวาน มัน เค็มการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สูบบุหรี่ และการมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอ ทั้งนี้องค์การอนามัยโลกระบุว่ากิจกรรมทางกายที่เพียงพอจะช่วยลดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (World Health Organization, 2010)

การพัฒนาประเทศชาติให้มีความยั่งยืนประชากรในประเทศต้องมีความสมบูรณ์ทั้งด้านจิตใจและร่างกาย ตามหลักการ “การพัฒนาที่ยั่งยืน” มุ่งเน้นไปที่การให้ “คนเป็นศูนย์กลางในการพัฒนา” และเพื่อเป็นพัฒนาคนและสังคมไทยให้เป็นรากฐานที่แข็งแกร่งของประเทศมีความพร้อมทางกาย ใจ สติปัญญา มีพลานามัยที่สมบูรณ์แข็งแรง มีสุขภาพดีขึ้น และมีความพร้อมในการขับเคลื่อนการพัฒนา ประเทศไปข้างหน้าได้อย่างเต็มศักยภาพ (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2566) การพัฒนาประเทศเพื่อให้เจริญก้าวหน้าในอนาคตจำเป็นต้องอาศัย คนวัยแรงงาน (Man Power) ซึ่งส่วนใหญ่ที่มีศักยภาพสูงจะอยู่ในหนุ่มสาว หรือวัยเรียนโดยเฉพาะช่วงอายุของประชากรที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับอุดมศึกษาจะเป็นกำลังแรงงานสำคัญในการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้มหาวิทยาลัยจึงมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมสุขภาพให้กับนักศึกษา โดยเฉพาะในมหาวิทยาลัยนั้นจะเป็นองค์กรสุดท้ายในระบบที่จะสามารถส่งเสริมและสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาเหล่านั้นได้เข้าร่วมกิจกรรมกีฬา การออกกำลังกายเพื่อสร้างเสริมสุขภาพให้กับตนเอง ก่อนที่ออกไปสู่สังคมการทำงานที่มีเวลาว่างน้อยลงในการดูแลและใส่ใจสุขภาพ (ทวีศักดิ์ สว่างเมฆ, 2558) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมทางกาย ที่มีความเหมาะสมกับความต้องการและช่วงวัย เพื่อเป็นการเตรียมกำลังคนที่มีความพร้อมทั้งความรู้และสภาพร่างกายออกสู่ภาคแรงงานที่จะเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาประเทศ จากสถานการณ์ดังกล่าวประกอบกับแนวทางในการพัฒนาประเทศโดยใช้ “คนเป็นศูนย์กลางในการพัฒนา” จึงจำเป็นต้องศึกษา แนวทางทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาขั้นพื้นฐาน เพื่อการมีสุขภาพ และความเป็นอยู่ที่ดี (Good Health and Well-Being) ตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ต อ โ ป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักศึกษา

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกาย ซึ่งประกอบไปด้วย กิจกรรมทางกาย สถานการณ์การมีกิจกรรมทางกาย และแนวทางในการส่งเสริมการมีกิจกรรมทางกาย ตลอดจนทรัพยากรในการบริหารจัดการที่สำคัญ ประกอบไปด้วย บุคลากร (Man) งบประมาณ (Money) วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ (Material) ซึ่งเป็นทรัพยากรสำคัญในการส่งเสริมการมีกิจกรรมทางกาย ซึ่ง พงษ์เอก สุกใส (2556) กล่าวว่า ทรัพยากรการบริหารที่สำคัญในการบริหารจัดการกีฬาที่สำคัญขององค์การบริหารส่วนจังหวัด ประกอบด้วย บุคลากร (Man) งบประมาณ (Money) สถานที่ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวก (Materials and Facility) วิธีการจัดการ (Management) สอดคล้องกับ ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์ (2559) กล่าวว่า กระบวนการจัดการจะเป็นเครื่องช่วยในการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏให้ประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ไว้ซึ่งทรัพยากรการบริหารที่สำคัญในการบริหารจัดการกิจกรรมทางกายของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ประกอบด้วย บุคลากร (Man) งบประมาณ (Money) สถานที่ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวก (Materials and Facility) และการจัดการ (Management) โดยทรัพยากรดังกล่าวจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการ POLE ตามแนวคิดของของ Chelladurai (2014) และ Daft (2010) ในกรอบแนวคิดทฤษฎีระบบ

สรุปจากที่กล่าวมาในข้างต้น แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักศึกษา โดยใช้แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกาย ซึ่งประกอบไปด้วย กิจกรรมทางกาย สถานการณ์การมีกิจกรรมทางกาย และแนวทางในการส่งเสริมการมีกิจกรรมทางกาย ทรัพยากรในการจัดการ และกระบวนการ POLE ทฤษฎีระบบ ในการทำการศึกษาครั้งนี้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) ขอบเขตด้านเอกสาร คือ การวิเคราะห์ สังเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับสถานการณ์กิจกรรมทางกาย แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายจากบทความเชิงวิชาการ บทความวิจัย และหนังสือที่เกี่ยวข้อง ขอบเขตเนื้อหา คือ เนื้อหาของกิจกรรมทางกาย สถานการณ์การมีกิจกรรมทางกาย และแนวทางในการส่งเสริมการมีกิจกรรมทางกาย โดยใช้การวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหาในกรอบแนวคิดทฤษฎีระบบ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเขียนบรรยายเชิงพรรณนา

5. ผลการวิจัย

จากการศึกษาการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักศึกษา พบว่ามีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย ดังนี้

1. ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย

การเคลื่อนไหวโดยธรรมชาติของมนุษย์ที่จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน และประกอบอาชีพ ได้แก่ การเดิน วิ่ง กระโดด หยิบ จับ ยก เหยียด โยน แบกหาม ฯลฯ ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวที่ได้รับการพัฒนาในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต หากกิจกรรมดังกล่าวลดน้อยลงจะด้วยสาเหตุใดก็ตามย่อมมีผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงโครงสร้างของร่างกาย (เจริญ กระบวนรัตน์, 2557) ทั้งนี้ กิจกรรมทางกาย เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาสุขภาพทั้งร่างกายและจิตใจ ดังนั้นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายที่ถูกต้องจะเป็นแนวทางในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของแต่ละบุคคล และสร้างเสริมสุขภาพได้ดังนี้

1.1 ความหมายของกิจกรรมทางกาย คือ กิจกรรมทางกาย เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาสุขภาพทั้ง

ร่างกายและจิตใจ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการส่งเสริมสุขภาพ โดยมี นักวิชาการที่ได้ให้ความหมาย “กิจกรรมทางกาย” ไว้ว่าเป็น “การเคลื่อนไหวที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงสร้าง หรือกล้ามเนื้อมัดใหญ่ของร่างกาย ในอริยาบถต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ที่ก่อให้เกิดการใช้และเผาผลาญพลังงานของร่างกาย หรือใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากขณะพัก ครอบคลุมถึงการเคลื่อนไหวร่างกายทั้งหมดในชีวิตประจำวัน ทั้งการทำงาน การเดินทาง และกิจกรรมนันทนาการ ซึ่งประเภทของกิจกรรมทางกายจะมีความแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การเดิน การ วิ่ง การเต้น วายน้ำ โยคะ การ

ที่ ๑ ส ๖ ๓ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙ ๑๐ ๑๑ ๑๒ ๑๓ ๑๔ ๑๕ ๑๖ ๑๗ ๑๘ ๑๙ ๒๐ ๒๑ ๒๒ ๒๓ ๒๔ ๒๕ ๒๖ ๒๗ ๒๘ ๒๙ ๓๐ ๓๑ ๓๒ ๓๓ ๓๔ ๓๕ ๓๖ ๓๗ ๓๘ ๓๙ ๔๐ ๔๑ ๔๒ ๔๓ ๔๔ ๔๕ ๔๖ ๔๗ ๔๘ ๔๙ ๕๐ ๕๑ ๕๒ ๕๓ ๕๔ ๕๕ ๕๖ ๕๗ ๕๘ ๕๙ ๖๐ ๖๑ ๖๒ ๖๓ ๖๔ ๖๕ ๖๖ ๖๗ ๖๘ ๖๙ ๗๐ ๗๑ ๗๒ ๗๓ ๗๔ ๗๕ ๗๖ ๗๗ ๗๘ ๗๙ ๘๐ ๘๑ ๘๒ ๘๓ ๘๔ ๘๕ ๘๖ ๘๗ ๘๘ ๘๙ ๙๐ ๙๑ ๙๒ ๙๓ ๙๔ ๙๕ ๙๖ ๙๗ ๙๘ ๙๙ ๑๐๐

(World Health Organization, 2020: Online ; แผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมกิจกรรมทางกายแห่งชาติ, 2560 : ออนไลน์; เกษม นคร เขตต์, 2559)

จากความหมายของกิจกรรมทางกายข้างต้นพบว่าสาระสำคัญที่นักวิชาการและองค์กรด้านสุขภาพในนิยามความหมายของกิจกรรมทางกายไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ กิจกรรมทางกายเป็นการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ทำงานโดยใช้กล้ามเนื้อโครงสร้าง ซึ่งก่อให้เกิดการใช้และเผาผลาญพลังงาน รวมถึงการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน รวมถึงการทำงาน การเดินทาง กิจกรรมนันทนาการ ซึ่งไม่ได้จำกัดเฉพาะการออกกำลังกาย หรือเล่นกีฬาเท่านั้น

1.2 ลักษณะกิจกรรมทางกาย โดยปี ค.ศ. 2014 องค์การอนามัยโลก ได้จำแนกลักษณะของกิจกรรมทางกายไว้ 4 กลุ่ม ประกอบไปด้วย (1) กลุ่มกิจกรรมในการทำงาน (Activity at work) เช่นการทำงานบ้าน การทำงานที่เป็นอาชีพ (2) กลุ่มกิจกรรมการเดินทาง (Transportation) เช่น การเดินหรือขี่จักรยานไปทำงาน ไปวัดหรือไปตลาด (3) กลุ่มกิจกรรมนันทนาการ (Recreational Activities) เช่น การเล่นกีฬาหลังจากเลิกงาน การเดินหรือขี่จักรยาน การท่องเที่ยวตามแหล่งธรรมชาติ และ (4) กลุ่มพฤติกรรมที่มีการเคลื่อนไหวน้อย (Sedentary Behavior) เช่นการนั่งคุยกับเพื่อน การนั่งในรถขณะเดินทาง การอ่านหนังสือการดูโทรทัศน์ (World Health Organization, 2014; World Health Organization, 2020: Online)

จากความหมายข้างต้นจึงพอจะสรุปโดยสังเขปได้ว่า ลักษณะของกิจกรรมทางกาย เป็นกิจกรรมที่มีการกระทำเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกายซึ่งประกอบไปด้วยกิจกรรมการเดินทางในชีวิตประจำวัน กิจกรรมการทำงานบ้านหรือทำงานเป็นอาชีพ กิจกรรมนันทนาการ รวมถึงพฤติกรรมเนือยนิ่งในชีวิตประจำวัน ซึ่งต่างมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันตามความหนักเบา และระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรม

1.3 ระดับความหนัก-เบา ของกิจกรรมทางกาย ระดับของความหนักเบาของกิจกรรมทางกายมีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวร่างกายในชีวิตประจำวัน ซึ่งการกำหนดระดับความหนักของกิจกรรมทางกายได้มีการแบ่งระดับความหนักของกิจกรรมได้ 3 ระดับ คือ (1) ความหนักระดับเบา คือ ระดับที่มีการเคลื่อนไหวน้อยมาก เช่น การยืน การนั่ง (2) ความหนักระดับปานกลาง คือ การเคลื่อนไหวร่างกายที่ใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการทำงาน มีความหนักและเหนื่อย ทำให้หายใจแรงขึ้นหรือหัวใจเต้นเร็วขึ้นปานกลาง 120-150 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป และออกแรงกายต่อเนื่องเป็นเวลาตั้งแต่ 10 นาที ขึ้นไปในแต่ละครั้ง หรือสามารถพูดเป็นประโยคได้ และมีเหงื่อซึมๆ และ (3) ความหนักระดับหนัก คือ การเคลื่อนไหวร่างกายที่มีรูปแบบมีแบบแผนในการเคลื่อนไหว มีการทำสิ่งนั้นซ้ำ ๆ โดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการออกแรง ทำให้หายใจแรงขึ้น หรือหัวใจเต้นเร็วขึ้นมาก มีอัตราการเต้นของหัวใจ เร็วขึ้นเฉลี่ย 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด หรือ มีระดับชีพจร 150 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป จนทำให้หอบ เหนื่อยและพูดเป็นประโยคไม่ได้ (สำนักงานสำรวจสุขภาพประเทศไทย, 2552 ; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ, 2554) ซึ่งการมีกิจกรรมทางกาย ทั้งในระดับปานกลาง และหนัก จะส่งผลทำให้สุขภาพดีขึ้น (World Health Organization, 2022) และกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มวัยรุ่น โดยเฉพาะในกลุ่ม นักศึกษา ซึ่งอยู่ในช่วงอายุ 18-24 ปี ควรอยู่ที่ระดับปานกลาง ถึง ระดับหนัก สอดคล้องกับแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมทางกายขององค์การอนามัยโลก ที่ระบุไว้ว่า “ผู้ใหญ่ (อายุ 18 – 64 ปี) ควรมีกิจกรรมทางกายเพียงพอ โดยมีกิจกรรมทางกายระดับกลาง อย่างน้อย 150 –300 นาทีต่อสัปดาห์ หรือกิจกรรมทางกายระดับหนัก อย่างน้อย 75 –150 นาทีต่อสัปดาห์ และอาจจะใช้วิธีการผสมผสานทั้งกิจกรรมออกแรงปานกลาง และหนักในเวลาเท่าๆ กันได้ โดยควรมีกิจกรรมในลักษณะแอโรบิก ร่วมด้วยอย่างน้อยครั้งละ 10 นาที” (เกษม นครเขตต์, 2559; World Health Organization, 2020)

1.4 ประโยชน์ของกิจกรรมทางกาย ประโยชน์ของกิจกรรมทางกาย ช่วยสร้างเสริมสุขภาพและสมรรถภาพทางกายเพิ่มขึ้น การมีกิจกรรมทางกายช่วยป้องกันบ้ำดริกษาและฟื้นฟูอาการเจ็บป่วยให้ทุเลาบรรเทาลง ทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ โดย วราพรรณ วงษ์จันทร์ และคณะ (2566) ที่ได้สรุปประโยชน์ของกิจกรรมทางกายที่สำคัญแบ่งเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ (1) ด้านร่างกาย ช่วยในการเผาผลาญแคลอรีและลดไขมันในร่างกาย ควบคุมและรักษาน้ำหนักตัว (2) ด้านจิตใจและอารมณ์ กิจกรรมทางกายมีผลทำให้

ผ่อนคลายลดความเครียด และความกังวล นอกจากนี้ยังพบว่าลดอาการซึมเศร้าได้ในผู้ป่วยโรคเรื้อรัง (3) ด้านสังคม ทำให้เกิดเครือข่ายสังคมหรือชุมชน เกิดการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ มากขึ้น เช่น การทำงานเป็นทีม การมีวินัยในตนเอง การมีน้ำใจนักกีฬา การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี และการเข้าสังคม ลดความรู้สึกโดดเดี่ยวเพิ่มความมั่นใจ และความภาคภูมิใจในตัวเอง (Self-confidence and self-esteem) (4) ด้านการเรียนรู้และสติปัญญา การมีกิจกรรมทางกายเป็นประจำช่วยเพิ่มปริมาณการไหลเวียนของระบบไหลเวียนเลือดไปยังสมองในส่วนของความจำความเข้าใจ ความสามารถในการตัดสินใจ ทำให้มีสติในการแก้ไขปัญหาได้ดี ระบบหายใจและช่วยทำให้กล้ามเนื้อหัวใจแข็งแรง ผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำจะทำงานได้นานกว่าและเหนื่อยช้ากว่าผู้ที่ไม่ออกกำลังกาย (สโรธร เสียงใส และสุจิตรา สุคนธ์ทรัพย์, 2558) ในทางสังคมสำหรับเด็กและวัยรุ่น กิจกรรมทางกายจะเพิ่มความเชื่อมั่นในตนเอง ความรู้สึกที่ดีต่อตนเอง (self-esteem) คุณภาพการนอน และการมีสมาธิ นอกจากนี้มีงานวิจัยระบุว่าวัยรุ่นที่มีกิจกรรมทางกายสม่ำเสมอมีแนวโน้มที่จะสูบบุหรี่ย่น้อยกว่าวัยรุ่นที่ขาด การมีกิจกรรมทางกาย (สนธยา สีละมวด, 2557)

2. การขาดกิจกรรมทางกายของนักศึกษา

สิ่งอำนวยความสะดวกและเทคโนโลยี เช่น รถจักรยานยนต์ รถยนต์ ลิฟต์ประจำอาคารต่าง ๆ เครื่องคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์เคลื่อนที่ บริการแบบส่งตรง ดิลิเวอรี่ (Delivery) หรือขับรถเข้าไปซื้อของจุดจำหน่ายโดยไม่ต้องจอด (Drive Thru) ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของนักศึกษาในด้านการทำกิจกรรมทางกาย ซึ่ง ศรีเสาวลักษณ์ อุ่นพรมมี และสินศักดิ์ชนม์ อุ่นพรมมี (2555) ได้กล่าวว่า “จากการวิจัยพบว่าคนไทย โดยเฉพาะนักศึกษามีกิจกรรมทางกายในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ” จากสถานการณ์ดังกล่าวเริ่มชัดเจนมากขึ้นโดย สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2556) ได้ทำการสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2555 ซึ่งมีผลจากการสำรวจที่น่าสนใจคือ คนไทยเริ่มใช้เทคโนโลยีตั้งแต่อายุ 6 ปีขึ้นไป โดยเยาวชนอายุ 15-24 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุของนักศึกษาซึ่งได้มีการใช้อินเทอร์เน็ตร้อยละ 51.9 และร้อยละ 42.2 ใช้โทรศัพท์มือถือเล่นเกม และที่น่าสนใจคือเยาวชนไทยใช้อินเทอร์เน็ตผ่านคอมพิวเตอร์และมือถือสูงถึง 3.1 ชั่วโมงต่อวัน ครองแชมป์อันดับ 1 ในเอเชีย ซึ่งสถิติเหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันการวิจัยประชากรและสังคมมหาวิทยาลัยมหิดล (2557) พบว่า คนไทยมีการเคลื่อนไหวร่างกายและมีกิจกรรมทางกายที่ลดลง ใช้เวลาในแต่ละวันไปกับหน้าจอคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์หรือโทรศัพท์ และการเดินทางบนท้องถนนซึ่งมีการเคลื่อนไหวค่อนข้างน้อยเป็นส่วนใหญ่ในแต่ละวัน หากไม่นับเวลานอน (ประมาณ 8.4 ชั่วโมง) โดยเฉลี่ยคนไทยใช้เวลากับการทำกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายน้อยมากถึง 13.3 ชั่วโมง ทั้งนี้จากการศึกษาของ ดวงใจ ศิริวัฒนาศิลป์ และคณะ (2567) พบว่านักศึกษามีพฤติกรรมทำกิจกรรมทางกาย คือ นานั่งคุยกับเพื่อน ๆ ในเวลาว่างนานกว่า 10 นาทีซึ่งเป็นพฤติกรรมเนือยนิ่งที่จะส่งผลเสียต่อสุขภาพของนักศึกษา สอดคล้องกับ พลพิพัฒน์ สุขพัฒน์ธี (2558) พบว่า พฤติกรรมทางกายของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา มีพฤติกรรมนั่งหรือนอนอยู่กับที่ ของนักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงส่วนใหญ่ คือ นั่งหรือนอนคุย/เล่นโทรศัพท์มือถือ นั่งหรือนอนดูโทรทัศน์ และนั่งคุยกับเพื่อน นักศึกษาชายมีพฤติกรรมนั่งหรือนอนอยู่กับที่ วันละ 4 ชั่วโมงหรือสัปดาห์ละ 5 วัน ส่วนนักศึกษาหญิงมีพฤติกรรมนั่งหรือนอนอยู่กับที่ วันละ 5 ชั่วโมงหรือสัปดาห์ละ 6 วัน และ เจริญ กระบวนรัตน์ (2556) ได้กล่าวว่า “พฤติกรรมที่ขาดการเคลื่อนไหวหรือกิจกรรมทางกาย (Sedentary Behavior) และขาดการออกกำลังกาย (Exercise) ล้วนแต่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ

ทั้งนี้จากผลการศึกษาและการวิจัยจากนักวิชาการด้านกิจกรรมทางกาย สามารถสรุปได้ว่านักศึกษามีพฤติกรรมขาดการมีกิจกรรมทางกาย ซึ่งเป็นผลมาจากใช้สิ่งอำนวยความสะดวก การใช้อินเทอร์เน็ตเป็นเวลานาน ๆ ใช้โทรศัพท์มือถือ และการนั่งหรือนอนอยู่กับที่ ทำให้เกิดพฤติกรรมเนือยนิ่ง เป็นผลให้เกิดกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังตามมา

3. การส่งเสริมกิจกรรมทางกายในต่างประเทศ

ปัญหาที่มีผลต่อสุขภาพของประชากรโลก ที่กำลังเป็นภัยเงียบที่ขยายตัวรุนแรงมากขึ้นคือ โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases: NCDs) ซึ่งเป็นกลุ่มโรคที่เป็นปัญหาสุขภาพอันดับหนึ่งของโลก อีกทั้งยังเป็นสาเหตุหลักของการตายและการเจ็บป่วย ถึง 2 ใน 3 ของสาเหตุการตายทั้งหมด (World Health Organization, 2014) ซึ่ง องค์การอนามัยโลก ระบุว่าในปี 2010 การมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอ เป็นสาเหตุของความเจ็บป่วยและการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ของประชากรทั่วโลก โดยเฉพาะปี 2014 การขาดกิจกรรมทางกายเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของประชากรโลกถึง 3.2 ล้านคน และพิการ 69.3 ล้านคนแต่ละปี จากข้อมูลสถานการณ์

โรค NCDs ที่มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้องค์กรระดับโลกที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านกิจกรรมทางกาย ตั้งเป้าหมายลดการมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอ และลดพฤติกรรมเนือยนิ่งลงให้ได้ ร้อยละ 10 ภายใน ปี ค.ศ.2025 ซึ่งจากที่ประชุมกฎบัตรโทรอนโตเพื่อกิจกรรมทางกาย : ข้อเสนอระดับโลกเพื่อให้เกิดการปฏิบัติ (The Toronto Charter for Physical Activity: A Global Call for Action) ว่าการประกอบกิจกรรมทางกายเป็นการลงทุนที่ช่วยพัฒนาคน ด้านสุขภาพ ด้านเศรษฐกิจ และความยั่งยืน ทั้งนี้ ในด้านสุขภาพ กิจกรรมทางกายมีประโยชน์ต่อประชาชนทุกกลุ่มอายุ ทำให้เกิดการเจริญเติบโต มีสุขภาพที่ดี เกิดพัฒนาการทางสังคมในเด็ก ลดความเสี่ยงการเป็นโรคเรื้อรัง ปรับปรุงสุขภาพจิตของผู้ใหญ่ ทำให้ผู้สูงอายุทำงานได้อย่างอิสระ ลดความเสี่ยงในการหกล้ม กระดูกหัก และป้องกันโรค ในด้านเศรษฐกิจมีการเพิ่มจำนวนการเข้าร่วมกิจกรรมทางกายซึ่งเป็นการลงทุนที่ทรงพลังในการป้องกันโรคเรื้อรัง มีการสร้างเสริมสุขภาพ มีการเชื่อมต่อกับสังคม และมีคุณภาพชีวิตที่ดี (วิลลิสนี อดุลยานนท์, 2553)

ในหลายประเทศได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการมีกิจกรรมทางกายภายในประเทศ เช่น

- 1) ประเทศสหรัฐอเมริกา ดำเนินการการส่งเสริมและสนับสนุนการมีกิจกรรมทางกายให้มีความหลากหลายผ่านการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีกิจกรรมทางกาย และระบบสนับสนุนในมิติต่าง ๆ ได้แก่ การสาธารณสุข การศึกษา การคมนาคม การใช้ที่ดิน และการออกแบบชุมชน สวนสาธารณะ กิจกรรมนันทนาการ การออกกำลังกายและกีฬา ธุรกิจและอุตสาหกรรม องค์กรอาสาสมัครและไม่หวังผลกำไร สื่อสาธารณะ รวมถึงการบูรณาการร่วมกับการส่งเสริมโภชนาการของสหรัฐอเมริกา
- 2) ประเทศแคนาดา มีการดำเนินการส่งเสริมและสนับสนุนการมีกิจกรรมทางกายโดยสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีกิจกรรมทางกาย และมุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมให้มีความหลากหลายเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มอายุ 18-64 ปี ควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายที่เพียงพอต่อสัปดาห์ โดยสร้างกลไกการขับเคลื่อน ผ่าน 5 องค์ประกอบ เพื่อดำเนินการทั่วประเทศ ได้แก่ นโยบายสาธารณะส่งเสริมการมีสุขภาพดี สภาพแวดล้อมทางกายภาพในชุมชน สภาพแวดล้อมทางสังคมที่สนับสนุนกิจกรรมทางกาย การศึกษาสาธารณสุข การวิจัย และการแลกเปลี่ยนความรู้
- 3) ประเทศญี่ปุ่น มีการส่งเสริมกิจกรรมทางกาย ในกลุ่มอายุ 19-64 ปี สามารถปฏิบัติกิจกรรมทางกาย เช่น แอโรบิก วิ่ง หรือปั่นเขา ให้ได้ 1 ชั่วโมงต่อวัน
- 4) ประเทศนอร์เวย์ มีการดำเนินการส่งเสริมและสนับสนุนการมีกิจกรรมทางกาย เน้นในด้านการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีกิจกรรมทางกาย การรณรงค์กิจกรรมทางกาย การขับเคลื่อนยุทธศาสตร์กิจกรรมกลางแจ้ง ของกระทรวงสิ่งแวดล้อม ยุทธศาสตร์การเดินแห่งชาติ (National walking strategy) และยุทธศาสตร์การใช้จักรยานแห่งชาติ (National cycling strategy)
- 5) ประเทศฟินแลนด์ มีการขับเคลื่อนกิจกรรมทางกายผ่านทุกภาคส่วนของรัฐ (แผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมกิจกรรมทางกายแห่งชาติ, 2560 : ออนไลน์) และ
- 6) ประเทศสิงคโปร์ ดำเนินการส่งเสริมและสนับสนุนการมีกิจกรรมทางกายโดยการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีกิจกรรมทางกาย ให้การเข้าถึงสิ่งอำนวยความสะดวก และสวนสาธารณะฟรี เพื่อกระตุ้นและสนับสนุนให้คนทำกิจกรรมทางกาย และมีกลยุทธ์ที่สำคัญในการส่งเสริมกิจกรรมทางกาย ได้แก่ 1. Sit Less, Move More โดยการมีกิจกรรมทางกายในชีวิตปกติ มีการสนับสนุนใช้ Application Healthy 365 เป็นเหมือนการเล่นเกมส์กับสะสมคะแนนจากการมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดี รวมถึงการมีกิจกรรม ทางกายด้วย กับโครงการ National Step Challenge (NSC), 2. Exercise & Play Sport การหาเวลาว่างสำหรับการออกกำลังกาย โดยการเพิ่มกิจกรรมทางกาย ในโรงเรียน สถานที่ทำงาน และชุมชน, และ 3. Healthy & Active Ageing เน้น Strength Balance และ Flexibility

4. การส่งเสริมกิจกรรมทางกายในประเทศไทย

ประเทศไทยมีนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ที่เอื้อต่อการส่งเสริมกิจกรรมทางกาย ทั้งนโยบายจากองค์การอนามัยโลกที่ประเทศไทยเป็นสมาชิก แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม และ แผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมกิจกรรมทางกายแห่งชาติ จากการเป็นเจ้าภาพการประชุมนานาชาติว่าด้วยกิจกรรมทางกายและสุขภาพ ครั้งที่ 6 (International Congress on Physical Activity and Health 2016: ISPAH 2016) และ การรับรองปฏิญญากรุงเทพฯ ว่าด้วย “กิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพโลกและการพัฒนาที่ยั่งยืน” ซึ่งจากการประชุมดังกล่าวประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับกิจกรรมทางกาย โดยประกาศเป็นวาระแห่งชาติ เพื่อส่งเสริมให้คนไทยมีกิจกรรมทางกายอย่างจริงจังและเร่งด่วน ทั้งนี้ที่ประชุมมีการประกาศข้อเสนอต่อทุกภาคส่วนจำนวน 6 ข้อ คือ 1) ยืนยันเป้าหมายและเพิ่มการลงทุนการ

ดำเนินการตามนโยบายที่นำไปสู่การส่งเสริมกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น เพื่อลดภาระที่เกิดจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทั่วโลก และเพื่อบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในปี พ.ศ. 2573 2) สร้างการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในระดับชาติ ทุกประเทศสมาชิกควรดำเนินการตามแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการส่งเสริมกิจกรรมทางกาย 3) พัฒนาขีดความสามารถของบุคลากรทุกวิชาชีพ อาทิ สุขภาพและสาธารณสุข นักวางแผนผังเมืองและการคมนาคม สถาปนิกและภูมิสถาปนิก กีฬาและนันทนาการ นักการศึกษา และผู้กำหนดนโยบาย 4) สนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ระหว่างประเทศและภูมิภาค 5) สร้างความเข้มแข็งด้านการติดตามประเมินผลและการเฝ้าระวัง โดยปัจจุบันยังมีช่องว่างในระบบการเฝ้าระวังสถานการณ์กิจกรรมทางกายในกลุ่มเยาวชน รวมถึงเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี กลุ่มอายุระหว่าง 5-13 ปี และกลุ่มผู้ใหญ่ และ 6) ส่งเสริมและสนับสนุนงานวิจัยและการประเมินผล โดยเฉพาะในด้านที่ยังขาดองค์ความรู้ เช่น การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ การวิจัยเชิงปฏิบัติการในประชากร การประเมินผลนโยบาย ซึ่งการดำเนินการของประเทศไทยตามปฏิญญากรุงเทพฯ เพื่อการส่งเสริมให้ประชาชนไทยมีกิจกรรมทางกายอย่างเพียงพอ นั้น จะต้องอาศัยความร่วมมือกับกระทรวงสาธารณสุข ยุทธศาสตร์ กิจกรรมทางกายชาติ เพื่อเสนอให้รัฐบาลพิจารณาเห็นชอบ ซึ่งจะเป็นแนวทางการทำงานให้แก่กระทรวงต่าง ๆ ทั้งนี้ กระทรวงสาธารณสุข ได้มีการตั้งเป้าหมายในการเพิ่มระดับการมีกิจกรรมทางกายที่เพียงพอ จากร้อยละ 68 เป็นร้อยละ 75 ในอีก 5 ปีข้างหน้า เพื่อให้มีการลงทุนเพื่อสร้างเสริมสุขภาพรณรงค์การเพิ่มกิจกรรมทางกาย (อาภาวรรณ โสภณธรรมรักษ์, 2559 : ออนไลน์) รวมถึงการจัดตั้งศูนย์วิจัยกิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพ ที่มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) โดยมีดำเนินการให้สอดคล้องและสนับสนุนแผนยุทธศาสตร์ของ สสส. ซึ่ง มหาวิทยาลัยมหิดล ได้มีการปรับนโยบายในการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อยกระดับความสำคัญและเอื้อต่อการทำกิจกรรม เช่น Mahidol Green Campus, วิถีจักรยาน วิถีมหิดล, เปลี่ยนถนนรถซิ่งให้เป็นถนนคนเดิน, เปลี่ยนรถสร้างมลพิษให้เป็นรถรางเพื่อการอนุรักษ์ โดยทั้งหมดมีการออกแบบและสร้างพื้นที่ที่เอื้อต่อการเดิน การปั่นจักรยาน การขนส่งสาธารณะ กิจกรรมนันทนาการ และกิจกรรมทางกายที่สร้างสรรค์ และส่งเสริมกิจกรรมทางกายมีการสร้างทางเดินในพื้นที่ธรรมชาติและพื้นที่อนุรักษ์มีสิ่งอำนวยความสะดวกเช่น เครื่องออกกำลังกาย ลานแอโรบิก ฯลฯ เพื่อส่งเสริมกิจกรรมทางกาย (กองกายภาพและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2555: ออนไลน์) มีภาคีเครือข่ายในการสนับสนุนการมีกิจกรรมทางกาย ได้แก่ เครือข่ายคนไทยไร้พุง ศูนย์ออกแบบพัฒนาเมือง สมาพันธ์ชมรมเดินวิ่งเพื่อสุขภาพไทย ชมรมจักรยานเพื่อสุขภาพ และออกมาเล่น (Active Play) เป็นต้น โดยในระดับอุดมศึกษาพบว่าการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เน้นไปทางด้านการออกกำลังกายเพื่อตอบสนองความต้องการของนิสิตนักศึกษา โดยกิจกรรมทางกายในยามว่าง ด้านการออกกำลังกาย ที่นักศึกษาสนใจได้แก่ การวิ่ง และการเล่นฟิตเนส ด้านการเล่นกีฬา ได้แก่ แบดมินตัน ฟุตบอล วิ่งจ็อกกิ้ง ซี่จักรยาน และฟุตซอล สำหรับสถานที่ปฏิบัติกิจกรรม ทางกาย ได้แก่ สนามกีฬาภายในมหาวิทยาลัย และหอพักนักศึกษา (กิตติพงษ์ ชัดิยะ, 2559 ; พลพิพัฒน์ สุขพัฒน์ธี, 2558 ; ณัฐิกา เฟ็งลี, นาทพรพี ผลใหญ่ และวิชาญ มะวิญธร, 2561 : ออนไลน์) ทั้งนี้จากแผนนโยบาย ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศในระยะยาว รวมถึงหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้อง พบว่า ประเทศไทยมุ่งเน้นการส่งเสริมและพัฒนาการสร้างเสริมสุขภาพเพื่อให้ประชาชนมีสุขภาพที่แข็งแรงและมีจิตใจเข้มแข็ง เน้นด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน ยกย่องคุณภาพบริการด้านสาธารณสุขและสุขภาพของประชาชน เน้นการป้องกันโรคมามากกว่ารอให้ป่วยแล้วรักษา รวมถึงการสร้างสังคมสูงวัยอย่างมีคุณภาพ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ซึ่งการส่งเสริมกิจกรรมทางกายให้เพียงพอต่อวิถีชีวิตประจำวัน จะเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในประเทศ อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาสุขภาพทั้งร่างกายและจิตใจ รวมถึงการลดอัตราเสี่ยงจากการเจ็บป่วยจากกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) เพื่อให้คนสุขภาพดี พร้อมในการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไปข้างหน้าได้อย่างเต็มศักยภาพ และการที่สังคมไทยจะหันมาส่งเสริมการมีกิจกรรมทางกายจึงน่าจะเป็นแนวทางของการพัฒนาขั้นรากฐานที่สุด เพื่อการมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี (GOOD HEALTH AND WELL-BEING) ตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals; SDGs) ของสหประชาชาติ ต่อไป

5. กิจกรรมทางกายที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษา

กลุ่มวัยรุ่น นักศึกษา ให้ความสนใจในเทรนด์การออกกำลังกาย โดยเทรนด์การออกกำลังกายที่มาแรงในปี 2018 คือการวิ่ง, การออกกำลังกายในน้ำ (Water Workout), โยคะรูปแบบใหม่, ไพโลกซ์ซิ่ง (Piloxing), การออกกำลังกายเบาๆ เพื่อผู้สูงอายุ ซึ่ง The 2018 Health Trends ได้เสนอเทรนด์การออกกำลังกาย ในปี 2018 คือ เดินทรงตัวบนเชือก (Slacklining), วิ่งมาราธอน, ไตรกีฬา, ฟิต

เนส โปรแกรมสำหรับผู้สูงอายุ (วรรณัญ อินทรกำแหง, พลภัทร ทรงเที่ยง และพลอยจันทร์ สุขคง, 2560 : ออนไลน์) ทั้งนี้พบว่ากลุ่ม ดารา นักแสดง ยังมีผลต่อการเป็นแบบอย่างในการออกกำลังกายของกลุ่มวัยรุ่น โดยเฉพาะการวิ่งกลายเป็นกีฬาที่นิยม เพราะมีผู้มี อิทธิพลต่อความคิด หรือ Influencer เป็นแรงบันดาลใจอย่างดี ซึ่งส่งผลให้มีคนลุกขึ้นมาวิ่งและใส่ใจดูแลสุขภาพของตัวเองมากขึ้น และ เปลี่ยนภาพลักษณ์ให้การวิ่งเป็นกีฬาของคนรุ่นใหม่ได้ทันที โดยจากการสำรวจของสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหิดล (2559 : Online) พบว่า 3 อันดับแรกของการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมในเขตเมือง คือ การเล่นกีฬา การยืนแกว่งแขน และการวิ่ง ตามลำดับ และสถิติจำนวนของผู้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งในประเทศไทย ปี 2559 มีจำนวน 11.96 ล้านคน

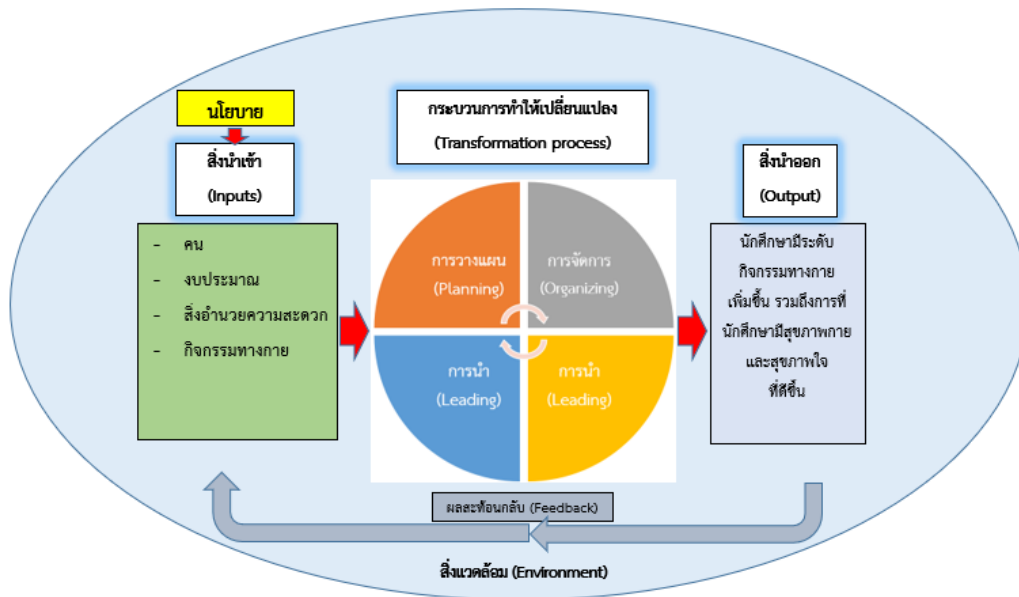
กระแสความนิยมในการออกกำลังกายของกลุ่มดารา นักแสดง และบุคคลที่มีชื่อเสียงในสังคม ซึ่งถือว่าเป็นแนวโน้ม หรือรูปแบบ การออกกำลังกายที่นักศึกษาให้ความสนใจตามแบบดารา นักแสดงที่ชื่นชอบ การส่งเสริมการจัดกิจกรรมการออกกำลังกายให้กับนักศึกษา จึง ควรให้ความสำคัญกับกระแสนิยมดังกล่าว เพื่อดึงความสนใจของนักศึกษาให้มาเข้าร่วมกิจกรรมที่มหาวิทยาลัยจัด หรือออกกำลังกายด้วย ตนเอง ตามความสนใจ เช่น การวิ่งเพื่อสุขภาพ การเดิน การเดินเร็ว กำลังเป็นที่นิยมในกลุ่มคนทั่วไป เนื่องจากการออกกำลังกายที่ทำได้ ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย การเข้าฟิตเนสเพื่อลดน้ำหนักและเสริมสร้างกล้ามเนื้อให้แข็งแรง สวยงาม เช่น การมีซิกแพค (six-pack) รวมถึง การเล่นกีฬาชนิดต่าง ๆ ที่ใช้พลังกำลัง และเหมาะสมกับวัย เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล แบดมินตัน แอโรบิก การเต้นรำ การขี่จักรยาน ฯลฯ อีกทั้งการทำงานที่ต้องออกแรง ทำงานบ้าน ซึ่งสามารถทำได้ภายในมหาวิทยาลัย และหอพักของนักศึกษา ซึ่งจะต้องออกกำลังกายเป็น ประจำสม่ำเสมอ มีความหนักพอประมาณ มีระยะเวลาที่เหมาะสม และมีความหลากหลาย ตามความชอบและความสนใจ

6. สรุปและอภิปรายผล

พบว่า แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายสำหรับนักศึกษาในมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะในระดับมหาวิทยาลัยมีการสนใจ และสนับสนุนกิจกรรมทางด้านสุขภาพมากขึ้น และได้มีการดำเนินการส่งเสริมสุขภาพ โดยมุ่งเน้นให้มหาวิทยาลัยเป็นมหาวิทยาลัย สร้างเสริมสุขภาพ อาทิเช่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยรังสิต และมหาวิทยาลัยหาดใหญ่ ที่พบว่า มีการใช้ชื่อโครงการมหาวิทยาลัยสร้างเสริมสุขภาพในการดำเนินโครงการ โดยผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของนักศึกษา คณาจารย์และบุคลากร และภายนอกมหาวิทยาลัย ได้แก่ชุมชน องค์กรชุมชน ตลอดจนภาคประชาชนในทุกระดับ ซึ่งมีลักษณะและจุดเด่นในการดำเนินโครงการ คือ การสนับสนุนจากผู้บริหาร โดยการกำหนด เป็นนโยบายและแผนการสร้างเสริมสุขภาพ (ทวีศักดิ์ สว่างเมฆ, 2558) จากผลการดำเนินโครงการดังกล่าวพบว่า นโยบาย และ ปัจจัยที่เอื้อต่อการส่งเสริมการจัดกิจกรรมทางกายมีความจำเป็น โดยต้องอาศัยทรัพยากรทั้งภายใน และภายนอกมหาวิทยาลัยเป็น กลไกขับเคลื่อน โดยปัจจัยที่เอื้อต่อการมีกิจกรรมทางกายของนิสิตนักศึกษา คือ สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น สถานที่ อุปกรณ์ใน ก อ อ ร อออกกำลังกาย และเวลาที่เหมาะสมในการออกกำลังกาย ที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรม การ อออกกำลังกาย และนโยบายที่มีความสำคัญต่อการมีกิจกรรมทางกาย (พรพล พุทธิรัชชิต และคณะ, 2566 : สโรธร เสี่ยงใส และ สุจิ ตรา สุนทรทรัพย์, 2558) โดยสอดคล้องกับ ทวีศักดิ์ สว่างเมฆ (2558) กล่าวว่า แนวคิดของการพัฒนาสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสร้าง เสริมสุขภาพ ซึ่งจะต้องเกิดจากการร่วมมือกันของทุกภาคส่วน ตั้งแต่ผู้กำหนดนโยบาย คือผู้บริหาร บุคลากรและนิสิตนักศึกษาของ มหาวิทยาลัย ที่จะกำหนดแนวทางวิธีการและเป้าหมายในการสร้างเสริมสุขภาพ ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมและสนับสนุนการมี คุณภาพชีวิตที่ดี

ดังนั้น แนวทางในการส่งเสริมกิจกรรมทางกายในมหาวิทยาลัย ผู้บริหารจะต้องกำหนดเป็นนโยบายของมหาวิทยาลัย ที่จะ สนับสนุนการจัดกิจกรรมทางกายให้กับนักศึกษา โดยอาศัยความสัมพันธ์ตามแนวคิดทฤษฎีระบบ (System theory) ที่ประกอบด้วย 5 ส่วนประกอบ คือ (1) สิ่งนำเข้า (Inputs) ได้แก่ คนงบประมาณ สิ่งอำนวยความสะดวก และ รูปแบบกิจกรรมทางกาย (2) กระบวนการทำให้ เปลี่ยนแปลง (Transformation process) เป็นการทำงานตามกระบวนการจัดการโดยอาศัย กระบวนการจัดการแบบ POLE คือ การวางแผน (Planning) การจัดการ (Organizing) การนำ (Leading) และการประเมิน (Evaluating) (Chelladurai, 2014) (3) สิ่งนำออก (Output) คือ นักศึกษามีระดับกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น รวมถึงการที่นักศึกษามีสุขภาพที่ดีขึ้น (4) ผลสะท้อนกลับ (Feedback) คือ ข้อมูลที่ได้จากการผู้ที่

เข้าร่วมในกิจกรรมทางกาย ทั้งด้านบวกและลบ และ (5) สิ่งแวดล้อม (Environment) คือ สิ่งส่งผลต่อกระบวนการจัดการภายในมหาวิทยาลัย (Daft , 2010) ซึ่งสามารถอธิบายได้เป็นรูปภาพที่ 1 ดังนี้



รูปภาพที่ 1 แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายสำหรับนักศึกษาในมหาวิทยาลัย
ที่มา: ผู้เขียนได้ดัดแปลงมาจาก Daft (2010)

ดังนั้น แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายสำหรับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยจะต้องมีการกำหนดนโยบาย และทำความเข้าใจเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายก่อนที่จะกำหนดนโยบายต่าง ๆ สนับสนุนและเป็นตัวกำหนดปัจจัยนำเข้าเพื่อความเหมาะสมและผลผลิตที่ต้องการให้เกิดขึ้น ในการจัดการกิจกรรมทางกายให้เกิดประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีผลที่สำคัญต่อการปฏิบัติงานในกระบวนการจัดการเพราะนโยบายจะก่อให้เกิดแนวทางปฏิบัติอย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม จึงจำเป็นต้องมีการสนับสนุนแนวทางในการส่งเสริมโดยการกำหนดนโยบาย และแผนการดำเนินงานโดยกำหนดภาระงานหน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรไว้ชัดเจน มีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถและมีจำนวนเพียงพอเพื่อส่งเสริมจัดให้มีกิจกรรมทางกายในระดับอุดมศึกษา และมีสวัสดิการด้านการส่งเสริมสุขภาพ อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ โดยมีการตรวจสอบ ประเมินผลการดำเนินโครงการต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ 4 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการทำให้เปลี่ยนแปลง องค์ประกอบที่ 3 สิ่งนำออก องค์ประกอบที่ 4 สิ่งแวดล้อม โดยมีรายละเอียดดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ 1) ด้านบุคลากร คือ จำเป็นต้องมีผู้นำในการจัดกิจกรรมทางกาย ทำได้โดยการเพิ่มพูนความรู้ ความเข้าใจ และมีทักษะเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายเป็นอย่างดี อีกทั้งมีการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรอย่างต่อเนื่อง โดยให้ผู้นำนักศึกษามีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนกิจกรรมทางกายอย่างเป็นรูปธรรม และ ผู้เข้าร่วมควรมีทัศนคติที่ดีต่อการกิจกรรมทางกาย ที่สามารถทำได้มากกว่าการออกกำลังกาย เพื่อการลดพฤติกรรมเนือยนิ่ง และเพิ่มการมีพฤติกรรมกิจกรรมทางกายของแต่ละบุคคล ที่มีผลต่อสุขภาพ โดยกระทำให้เป็นวิถีชีวิตอย่างยั่งยืน 2) ด้านงบประมาณ คือ มีการจัดทำแผนงบประมาณในระยะสั้นและระยะยาวอย่างชัดเจนและต่อเนื่อง และจัดสรรงบประมาณสนับสนุนเพื่อจัดซื้อปรับปรุง ซ่อมแซม และพัฒนาสถานที่ รวมถึงการจัดกิจกรรมทางกาย โดยมีการควบคุม ตรวจสอบการใช้งบประมาณด้านกิจกรรมทางกายให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ และจัดทำรายงานผลงบประมาณรายรับรายจ่ายตามโครงการต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยฯ อย่างรอบคอบ 3) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก คือ การจัดการด้านโครงสร้างทางกายภาพ เอื้อให้คนมีกิจกรรมทางกายโดยเข้าถึงสิ่งอำนวยความสะดวกได้ง่าย โดยการปรับปรุงพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัย เช่น สนามกีฬา จัดให้มีพื้นที่ทางเดินภายในมหาวิทยาลัยเชื่อมต่อระหว่างตึกเรียน จัดสถานที่จอดรถหลังเวลาเลิกงานให้เป็น

4) ด้านกิจกรรมทางกาย คือ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้มีการจัดขึ้นเพื่อให้นักศึกษาเกิดการขยับเคลื่อนไหวร่างกายทั้งกิจกรรมการออกกำลังกาย และกีฬา ในเวลาว่าง ตลอดช่วงเวลาที่อยู่ในพื้นที่ของมหาวิทยาลัย โดยจะอยู่ในรูปแบบของการเข้าร่วมชมรมกีฬา หรือกิจกรรมที่หน่วยงานรับผิดชอบจัดขึ้นมาเช่น การเดินเพื่อสุขภาพ หรือ กีฬาด้านกายยาเสพติด กีฬาน้องใหม่ กีฬาระหว่างคณะ เป็นต้น และกิจกรรมภายนอกที่นิสิต นักศึกษา สามารถกระทำได้ในยามว่าง ตามสวนสาธารณะ สนามกีฬาของภาครัฐ หรือภาคเอกชน เช่น การวิ่งเหยาะ การเดิน การแกว่งแขน และการเล่นฟิตเนส หรือ ด้านการเล่นกีฬา ได้แก่ แบดมินตัน และฟุตซอล เป็นต้น

องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนต่างก็แยกจากกันตามหน้าที่ และภาระของงาน แต่จะดำเนินการเป็นกระบวนการตามลำดับและเกี่ยวข้องซึ่งกันตามระบบกระบวนการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดย มี ร า ย ล ะ เ อี ย ด ต ั้ง น ี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Planning) มีการวางแผนการดำเนินการและการจัดการกับหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจนทั้งบุคลากร งบประมาณ วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวก มีการสำรวจความต้องการในการจัดกิจกรรมทางกายของนักศึกษา และทำการกำหนดวัตถุประสงค์ กลยุทธ์ในการปฏิบัติงานด้านกิจกรรมทางกายที่สอดคล้องกับแผนการดำเนินการ มีการวางแผน กำกับ ติดตาม การปฏิบัติงานด้านกิจกรรมทางกาย และกำหนดมาตรฐาน ของกิจกรรมทางกายที่มีการจัดขึ้นโดยมหาวิทยาลัย และกิจกรรมที่นักศึกษาได้มีการปฏิบัติในชีวิตประจำวัน

ขั้นตอนที่ 2 การจัดองค์การ (Organizing) มีการคัดเลือกผู้ดำเนินงานและมอบหมายงานได้อย่างเหมาะสมกับหน้าที่ ในการปฏิบัติงานของแต่ละฝ่ายไว้อย่างชัดเจน

ขั้นตอนที่ 3 การนำ (Leading) มีภาวะผู้นำของผู้บริหาร สามารถให้คำปรึกษา ส่งเสริมและจูงใจเพื่อให้หน่วยงานที่อยู่ภายในมหาวิทยาลัย ที่พร้อมจะขยับเคลื่อนไหวให้เกิดการมีกิจกรรมทางกายได้อย่างต่อเนื่อง โดยเปิดโอกาสให้ผู้ได้บังคับบัญชาได้แสดงความคิดเห็นในเรื่องต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 4 การประเมิน (Evaluating) มีการกำหนดมาตรฐานในการดำเนินงานไว้อย่างชัดเจน โดยมีการ ตรวจสอบและประเมินผลในการดำเนินงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์อย่างเป็นระบบ

องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิต ประกอบด้วย 3 ข้อ คือ 1) ผลที่เกิดขึ้นจากการจัดการกิจกรรมทางกาย โดยนักศึกษามีระดับกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น รวมถึงการที่นักศึกษามีสุขภาพที่ดีขึ้น 2) นักศึกษามีส่วนร่วมในการจัดการและการเข้าร่วมกิจกรรมทางกาย โดยจำนวนนักศึกษาที่เข้าร่วมในกิจกรรมทางกายมีจำนวนสูงขึ้น 3) วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกมีเพียงพอและได้มาตรฐาน โดยสามารถใช้จัดการกิจกรรมทางกายได้อย่างต่อเนื่อง รวมถึงการใช้พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัย ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

องค์ประกอบที่ 4 สิ่งแวดล้อม ประกอบไปด้วย สิ่งแวดล้อมด้านกายภาพ สังคม วัฒนธรรม ทักษะส่วนบุคคลและทรัพยากรที่จะเป็นปัจจัยเอื้อให้คนมีกิจกรรมทางกาย ด้วยการจัดการสภาพแวดล้อม และใช้ประโยชน์ให้เต็มที่ จากสถานที่ ทรัพยากร ที่เอื้อต่อการทำกิจกรรมทางกายโดยเกิดความน่าสนใจในการมีกิจกรรมทางกายอย่างเหมาะสม

ดังนั้น แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษา เป็นการสร้างความตระหนัก และแนวทางพัฒนาให้นักศึกษามีความสมบูรณ์และสมดุล ทั้งร่างกายและจิตใจ หรือการกระทำโดยเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน จนเป็นวิถีชีวิต ซึ่งการมีสุขภาพกายและสุขภาพใจที่ดี ยังส่งผลต่อการเตรียมความพร้อมของตนเอง ก่อนการออกสู่ตลาดแรงงาน และเพิ่มศักยภาพทางด้านการทำงานที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศ และด้านสังคม เพื่อนำไปสู่การสร้างสังคมที่ดี มีมนุษย์สัมพันธ์กับคนรอบข้างและชีวิตมีความสุขรวมถึงการช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายทางสุขภาพที่เกิดจากการเป็นโรคและเจ็บป่วย ทั้งหมดนี้ต้องอาศัยความร่วมมือทุกภาคส่วนภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งมหาวิทยาลัยเป็นสถาบันที่สามารถสร้างเสริมสุขภาพและป้องกันโรคให้กับนักศึกษา บุคลากรต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยและครอบครัว และสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพ (ทวิศักดิ์ สว่างเมฆ, 2558) ซึ่งผู้บริหารมหาวิทยาลัย หรือผู้นำองค์กรทุกภาคส่วน จะต้องมีการบริหารจัดการนโยบายของมหาวิทยาลัยเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน โดยมีบุคลากร ได้แก่ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ที่เป็นส่วนสำคัญในการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง โดยให้ผู้นำนักศึกษามีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนกิจกรรมต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย และนักศึกษาที่มีจำนวนมากที่สุดในมหาวิทยาลัย เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดโครงการ/กิจกรรมทางกาย โดยเป็นร่วมเป็นคณะกรรมการ เป็นผู้จัดโครงการ/กิจกรรม ซึ่งจะทำให้ได้รับประสบการณ์การทำงาน นอกเหนือจากการเรียนในชั้นเรียน และการเป็นผู้เข้าร่วมกิจกรรมการสร้างเสริมสุขภาพ จะเกิดประโยชน์ในด้านการพัฒนาสุขภาพ ทั้งร่างกายและจิตใจ ทำให้เป็นบัณฑิตที่สมบูรณ์ ตามเจตนารมณ์ของสถาบันการศึกษาทุก ๆ สถาบัน ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวทุกสถาบันการศึกษา สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2566). *แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ พ.ศ. 2566-2570*. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการนโยบายการท่องเที่ยวแห่งชาติ.
- กองกายภาพและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. (2555). มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา: มหาวิทยาลัยสีเขียว. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2566. จาก http://www.op.mahidol.ac.th/oppe/Oppe/greencampus_mgc.html
- กิติพงษ์ ชัดิยะ. (2559). *กิจกรรมทางกายของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่. วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้*, 4 (1) : 53-56
- เกษม นครเขตต์. (2559). *ข้อเสนอระดับสากลเพื่อการมีกิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพ โดย : องค์การอนามัยโลก. วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และนันทนาการ*, 42 (2) :25-30.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2556). *"กิจกรรมทางกายกับการสอนสุขศึกษา พลศึกษา และนันทนาการในยุคแท็บเล็ต"* วารสาร สุขศึกษา พลศึกษา และนันทนาการ, 39 (1): 1-2.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2557). *การเดินทางออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และ นันทนาการ*, 40 (1) : 13.
- ณัฐิกา เฟื่องลี, นาทพงษ์ ผลใหญ่, และวิชาญ มะวิญธร. (2561). *พฤติกรรมทางกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 กรณีศึกษา ผู้สมัครสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โคเวตาพิเศษ. สืบค้น 7 พฤษภาคม 2561, จาก <http://padatabase.net/browse/488/>.*
- ดวงใจ ศิริวัฒนาศิลป์, กฤษณา จินดาสอน, และกฤษฎาภา จินดาสอน. (2567). *กิจกรรมทางกายของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. วารสารวารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 11(1) น.1-14
- ทวีศักดิ์ สว่างเมฆ. (2558). *การยกระดับมหาวิทยาลัยให้เป็นมหาวิทยาลัยส่งเสริมสุขภาพ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย นครสวรรค์ 17(1) : 171-173.*
- ปิยวัฒน์ เกตุวงศา และ กรรณก พงษ์ประดิษฐ์. (2563) . *พื้นที่กิจกรรมทางกายในประเทศไทยหลัง วิกฤตโควิด-19: Regenerating physical activity in Thailand after COVID-19 pandemic. (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครปฐม: ศูนย์พัฒนาองค์ความรู้ด้าน กิจกรรมทางกายประเทศไทย สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการ สร้าง เสริมสุขภาพ.*
- แผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมกิจกรรมทางกายแห่งชาติ. (2560). *แผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมกิจกรรมทางกายแห่งชาติ ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2560-2569)*. สืบค้น 5 กุมภาพันธ์ 2561. จาก <http://dopah.anamai.moph.go.th/wp-content/uploads/2017/09/Draft-Strategic-Plan-for-Promoting-National-Physical-Activity.pdf>.
- พงษ์เอก สุขใส. (2556). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของนิสิตมหาวิทยาลัยนครสวรรค์. วารสารวิทยาศาสตร์การ กีฬาและสุขภาพ*, 14(2), 99-116.
- พรพล พุทธิรักขิต, จินตนา สราญุทธิพิทักษ์, สริญญา รอดพิพัฒน์. และฉัตรชนา เพรศพิริ้ง. (2566). *โปรแกรมส่งเสริมกิจกรรมทาง กายในสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด 19 โดยใช้โมเดลเชิงนิเวศวิทยาสำหรับนิสิตนักศึกษาปริญญาบัณฑิต. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ*, 15(3) : 197-210.
- พลพิพัฒน์ สุขพัฒน์ธี. (2558). *พฤติกรรมกิจกรรมทางกายของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. ปริญญาศิลป ศาสตร์มหาบัณฑิต(พลศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์. (2559). *รูปแบบการจัดการกิจกรรมทางกายของนักศึกษาใน มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ (ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.*
- วรัญญา อินทรกำแหง , พุทธิภัทร ทรงเที่ยง และ พลอยจันทร์ สุขคง. (2560). *The 2018 Health Trends*. สืบค้น 28 มีนาคม 2567. จาก <https://thestandard.co/2018-health-trends/> ,
- วิลาลีนี อุดุลยานนท์. (2553). *The Toronto Charter for Physical Activity: A Global Call for Action*. กรุงเทพฯ: สำนักงาน กองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ.

ศรีเสาวลักษณ์ อุ่นพรมมี และ สิ้นศักดิ์ชนม์ อุ่นพรมมี. (2555). การรับรู้ความสามารถแห่งตนสมดุลของการตัดสินใจ และระดับในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายของนักศึกษาพยาบาล ชั้นปีที่1.วารสารสมาคมพยาบาลฯ สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ปีที่30 (4) : 22-23.

ศูนย์พัฒนาองค์ความรู้ด้านกิจกรรมทางกายประเทศไทย (ทีแพค). (2565). ผลการสำรวจโครงการพัฒนาระบบเฝ้าระวังติดตามพฤติกรรมด้านกิจกรรมทางกายของประชากรไทย ปี 2565. สืบค้น 28 มีนาคม 2566. จาก https://tpak.or.th/th/article_print/647.

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. (2557). ผลสำรวจสถานการณ์การมีกิจกรรมทางกายของไทย พ.ศ. 2555. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. (2559). สถิติผู้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งในประเทศ. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2566. จาก : <http://www.thaihealth.or.th/Content/39560-สถิติผู้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งในประเทศไทย.html>

สนธยา สีละมวด. (2557). กิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สโรธร เสี่ยงใส และ สุจิตรา สุคนธ์ทรัพย์. (2558). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีกิจกรรมทางกายของนิสิตนักศึกษาสถาบันอุดมศึกษาในกรุงเทพมหานคร. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 16(3), 64-75.

อภาววรรณ โสภณธรรมรักษ์. (2559). ‘ปฏิญญากรุงเทพฯ’ โลกจับมือหยุดพฤติกรรมเนือยนิ่ง. สืบค้น 25 มีนาคม 2567. จาก <http://www.thaihealth.or.th/Content/34079->.

Chelladurai, P. (2009). *Managing organizations for sport and physical activity*. (4th.), United States of America: Holcomb Hathaway.

Daft, R. L. (2010). *New Era of Management*. (Ninth Edition). Canada.

World Health Organization. (2010). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*, Blossoming.it, Switzerland.

World Health Organization. (2020). WHO GUIDELINES ON PHYSICAL ACTIVITY AND SEDENTARY BEHAVIOUR. Retrieved 22 March 2024 from. <https://www.who.int/publications/item/9789240015128>

World Health Organization. (2022). Physical Activity (Online). Retrieved 14 January 2024 from. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/physical-activity>.

การพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษโดยใช้บทเรียน
สื่อประสมสำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2
โรงเรียนแม่คือวิทยา อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่

ศิริยาภรณ์ สุวรรณ^{1*} ชนินทร์ ยาระณะ² และ วารุณี โพธาสินธุ์³

¹⁻³ สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
169 หมู่ที่ 3 ตำบลหนองแก้ว อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

*E-mail Maii22099@gmail.com, 062-2588088

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างและตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนแม่คือวิทยา ก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนสื่อประสม จำนวน 20 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ บทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 และแบบทดสอบวัดทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test ผลการวิจัย พบว่า 1) บทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 2) คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนโดยการใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังเรียนเท่ากับ 13.45 และ 2.84 ก่อนเรียนเท่ากับ 8.75 และ 3.35 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ทักษะการฟัง, การสอนภาษาอังกฤษ, บทเรียนสื่อประสม

THE DEVELOPMENT OF ENGLISH VOCABULARY LISTENING SKILLS BY USING MULTIMEDIA LESSONS FOR PRATHOMSUKSA 2 STUDENTS OF MAEKHUEWITTAYA SCHOOL, DOI SAKET, CHIANG MAI

Siriyaporn Suwan^{1*} Chanin Yarana² and Varunee Potasin³

¹⁻³Master of Education (Curriculum and Instruction), North-Chiang Mai University
169 M.3,Nong kaew, Hang Dong District, Chiang Mai Province 50230

*E-mail Maii22099@gmail.com, 062-2588088

Abstract

The purposes of this research were to; 1)to development and evaluate the suitability of multimedia lesson for enhancing English vocabulary listening skills of PrathomSuksa 2 and 2) to compare the English listening vocabulary skills of 20 students from PrathomSuksa 2/1 at Maekhuewittaya School before and after using multimedia lessons, during the second semester of the academic year 2566. The research instruments were multimedia lessons for developing English vocabulary listening skills for PrathomSuksa 2, along with a test measuring English vocabulary listening skills. Data analysis involves statistical methods including mean, standard deviation, and t-test. The results showed that 1) The multimedia lessons were in the highest level of suitability, an average suitability rating of 4.71 with a standard deviation of 0.29 and 2) The average scores after learning by multimedia lessons was significantly higher than before learning, at a statistical level of .05 significant. The mean and standard deviation after learning are 13.45 and 2.84, respectively, compared to before learning, which were 8.75 and 3.35, respectively.

Keywords : Listening Skills; Teaching English ; Multimedia Lessons

1. บทนำ

ภาษาอังกฤษถือเป็นภาษาที่สองที่มีบทบาท และความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการเรียนรู้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการสื่อสารระดับที่กว้างขึ้น หรือในระดับนานาชาติอย่างมีประสิทธิภาพ กระทรวงศึกษาธิการของได้ส่งเสริมให้นักเรียนเริ่มเรียนภาษาอังกฤษตั้งแต่ระดับอนุบาล เพื่อเตรียมความพร้อมและให้ตัวนักเรียนได้มีความคุ้นเคยกับภาษาอังกฤษดีขึ้น อีกทั้งหากเข้าใจภาษาอังกฤษจะทำให้เข้าถึงสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ได้กว้างขวางมากขึ้นกว่าคนที่รู้แค่ภาษาเดียว ภาษาอังกฤษยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถ และยกระดับอาชีพของคนที่ทำงานในยุคปัจจุบัน เนื่องจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ และแวดวงธุรกิจมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการท่องเที่ยว การศึกษา ธุรกิจระหว่างประเทศ Nova Online (2023) ซึ่งความจำเป็นในการใช้ภาษาดังกล่าวยังสอดคล้องกับประกาศกระทรวงศึกษาธิการเรื่องการบริหารจัดการเวลาเรียนภาษาอังกฤษ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ในสถานศึกษาที่ว่า กระทรวงศึกษาธิการมีนโยบายที่ต้องการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและการเข้าถึงองค์ความรู้เพื่อก้าวทันโลก โดยมีการใช้ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวัน โดยผ่านกิจกรรมที่สนุกและพัฒนาการเรียนรู้ เป็นการฝึกการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารโดยเน้นการฟังและพูด ในสถานการณ์รอบตัว พูดตอบโต้ด้วยคำสั้น ๆ ง่าย ๆ ในการสื่อสารระหว่างบุคคล

กระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้กล่าวไว้ว่า การสอนทักษะการฟัง (Listening) คนมักเข้าใจว่าการฟังเกิดขึ้นเองเมื่อผู้เรียนต้องเผชิญกับภาษานั้นโดยไม่ต้องมีการเรียนการสอน แต่ความจริงแล้วการฟังเพื่อความเข้าใจในการเรียนการสอนภาษาที่สองเป็นทักษะอันดับแรกที่ต้องได้รับการฝึกฝน การสอนฟังอาจใช้การสอนแบบ Bottom up คือ สอนเป็นลำดับขั้นตอนค่อยเรียนรู้ทีละน้อย จนเกิดความเข้าใจในที่สุด หรืออาจสอนแบบ Top down คือ ปล่อยให้ผู้เรียนเข้าไปอยู่ในเหตุการณ์ หรือกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ต่อเนื่องจากพื้นฐานหรือประสบการณ์ของตน การสอนฟัง ผู้สอนจะต้องฝึกให้ผู้ฟังสามารถแยกเสียงที่ได้รับฟัง รับรู้ และเข้าใจความหมายเรื่องที่ฟัง วิธีสอนที่ใช้กันทั่วไปในการสอนฟังมีกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ กิจกรรมก่อนฟัง กิจกรรมขณะฟัง และกิจกรรมหลังฟัง การฟังเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนสามารถจดจำโครงสร้างและคำศัพท์ของภาษา

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทักษะการฟังนั้นสามารถมีได้หลากหลายรูปแบบและหากต้องการใช้สื่อที่มีความหลากหลาย สามารถนำสื่อประสมมาปรับใช้ในกิจกรรมได้ ธิติ ไชยันตีร์ (2564) กล่าวว่า สื่อประสม หมายถึง การนำเสนอหรือการแสดงผลข้อมูลที่เกิดจากการผสมผสานกันของสื่อหลายประเภท เช่น ข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เสียง และภาพวิดีโอ ก่อให้เกิดเป็นสื่อที่สามารถช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้มากขึ้นแก่นักเรียน การใช้สื่อประสมที่หลากหลายจะส่งผลให้นักเรียนมีความสนุกสนาน สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี อีกทั้ง สุมิตนา ดุลนีย์ (2563) ยังกล่าวถึงประโยชน์ของสื่อประสมว่า ช่วยดึงดูดความสนใจต่อผู้เรียนเปรียบเสมือนสิ่งเร้าที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจเกิดแรงจูงใจอันส่งผลต่อพัฒนาทางด้านความคิดได้อย่างดี นอกจากนั้นสื่อประสมยังช่วยให้ครูผู้สอนและผู้เรียนประหยัดเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและทำให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันสามารถพัฒนาตนเองได้ดียิ่งขึ้นตามความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้พบปัญหาในขณะที่ทำการสอนในโรงเรียนแม่คือวิทยา รายวิชาภาษาอังกฤษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2/1 หลาย ๆ คนมีปัญหาในการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ โดยเมื่อนักเรียนฟังคำศัพท์แล้วไม่เข้าใจ ไม่รู้ความหมายของคำ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเลือกหรือทำเครื่องหมายรูปภาพตามเสียงที่ได้ยินได้อย่างมั่นใจและถูกต้อง ทำให้เกิดความรู้สึกเบื่อหน่ายและไม่สนใจเรียน ผู้วิจัยจึงสนใจเรื่องการพัฒนาสื่อนวัตกรรมที่จะใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนให้มีความหลากหลายและน่าสนใจมากขึ้นด้วยการจัดการเรียนรู้โดยการใช้บทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษให้นักเรียนมีผลการเรียนด้านการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เพิ่มขึ้นและได้รับการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพอันเป็นผลดีต่อการสื่อสารและการเรียนรู้โครงสร้างไวยากรณ์อื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อสร้างและตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแม่คือวิทยา อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่
- 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนแม่คือวิทยา ก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนสื่อประสม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับงานวิจัยดังนี้

1) ความสำคัญของทักษะการฟัง

ทักษะการฟังเป็นทักษะที่มีความสำคัญที่เด็กต้องเรียนรู้และเป็นพื้นฐานสำคัญในการเข้าสังคม เพราะการอยู่ร่วมกับคนอื่นในสังคมสำหรับเด็กแล้ว คงหนีไม่พ้นสังคมภายในโรงเรียน การที่เด็กได้เข้ามาอยู่ในโรงเรียน เด็กยังต้องรู้จักฟังและสื่อสารกับผู้คนมากขึ้น จึงจำเป็นต้องฝึกตั้งแต่ในวัยเด็ก เพราะการฟังเป็นส่วนสำคัญของการพูด การอ่าน และการเขียน การฟังของเด็กจะรับรู้โดยประสาทสัมผัสทางหู แล้วคิดตามเรื่องราวที่ได้ยินจะทำให้เด็กเพิ่มพูนคำศัพท์ และยังกระตุ้นให้เด็กใช้จินตนาการจากการฟังได้ดี ผู้ปกครองควรฝึกเด็กตั้งแต่วัยก่อนเข้าเรียนเพื่อให้เด็กได้เรียนรู้และรู้จักฟังเสียงต่าง ๆ เช่น เสียงพูด เสียงเพลง เสียงเคาะ หรือเสียงปรบมือเพื่อเป็นการกระตุ้นให้สมองของเด็กทำงาน ถ้าเด็กได้ฟังเสียงต่าง ๆ เด็กก็จะรู้จักคำมากขึ้น มีการใช้ความคิด การจับประเด็น ฝึกความจำและยังช่วยฝึกฝนในการใช้สมาธิจดจ่อแน่วแน่กับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่ต้องเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขนิษฐา บุณนาค (2561)

2) การวัดผลและการประเมินทักษะการฟังภาษาอังกฤษ

การวัดผลและการประเมินผลทักษะการฟังอาจดำเนินการระหว่างการเรียนการสอนเพื่อดูความรู้ความสามารถที่จะสื่อสารในเรื่องที่เรียน กรมวิชาการ (2546, หน้า 38) ได้สรุปการวัดผลและประเมินผลทักษะการฟังดังนี้

(2.1) การทดสอบทักษะการฟังเช่น

- การทดสอบการจับใจความสำคัญของคำพูด (Skimming)
- ฟังข่าวแล้วให้นักเรียนเขียนชื่อบุคคลสถานที่ที่ได้ยินข่าว (เหมาะกับผู้เริ่มเรียน)
- ฟังผู้สอนเล่า อธิบายเกี่ยวกับสถานที่ สิ่งของ บุคคล หรือเหตุการณ์ นักเรียนเขียนสิ่งที่ผู้สอนเล่า (ถ้าผู้เรียนเริ่มเรียนอาจใช้ภาษาแม่ของนักเรียน)
- เทปที่บันทึกจากรายการวิทยุ ให้นักเรียนบอกว่าเป็นรายการประเภทใด

(2.2) การทดสอบความเข้าใจข้อความ (Oral Comprehension) แบบทดสอบความเข้าใจในการฟังที่เป็นมาตรฐาน มักจะมีการทดสอบความเข้าใจข้อความอยู่ด้วยการทดสอบความเข้าใจในการฟังสามารถวัดได้ทั้งที่เป็นหน่วยความหมายย่อย และ ความเข้าใจในสารโดยรวม เช่น การทดสอบหน่วย การฟังอย่างคร่าว ๆ เพื่อจับคำศัพท์ที่รู้ความหมายหรือการจับใจความสำคัญ โดยการ ฟังเรื่องราวนิทาน ฟังบทความแล้วสรุปใจความด้วยการเขียนหรือตอบด้วย True/False ฟังเทปบันทึกเสียงเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆในชีวิตประจำวันและฟังบทสนทนาแล้วเลือกภาพที่ตรงกับบทสนทนานั้นๆ

(2.3) การทดสอบรับข้อมูล เช่น ให้ฟังข้อความแล้วให้กรอกข้อมูลหรือทำเครื่องหมายแสดงเส้นทางจุดหมายปลายทางลงในตารางหรือแผนที่

(2.4) การทดสอบการถ่ายทอดคำพูดหรือเรื่องราว (Transfer the oral messages) ใช้วัดระดับค่อนข้างสูงเป็นการทดสอบความสามารถของ 2 ทักษะที่ปรากฏในชีวิตจริง คือ ทักษะ การรับสารและถ่ายทอดออกเป็นทักษะการส่งสาร เช่น สมมุติให้ผู้เรียนได้รับโทรศัพท์ฝากข้อความแล้วให้จดบันทึกไว้

(2.5) การเขียนตามคำบอก (Dictation) แบบสอบการเขียนตามคำบอกสามารถทำนายความชำนาญทางภาษาที่มีอยู่ได้และผู้สอนสามารถทราบถึงปัญหาของนักเรียนในด้านโครงสร้าง

3) บทเรียนสื่อประสม

(3.1) ความหมายของบทเรียนสื่อประสม

บทเรียนสื่อประสมคือการออกแบบและพัฒนาบทเรียนที่ใช้สื่อต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ การสื่อสารทางการศึกษามักเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการใช้สื่อต่าง ๆ เช่น ภาพประกอบ เสียง วิดีโอ และสื่ออื่น ๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น บทเรียนสื่อประสมมักมุ่งเน้นการเรียนรู้ที่มีการปฏิสัมพันธ์อย่างหลากหลายระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหา นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยบทเรียนสื่อประสมสามารถใช้เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ การเรียนรู้อิสระ และการทำงานเป็นทีมอย่างมีประสิทธิภาพ ในทางปฏิบัติ บทเรียนสื่อประสมอาจประกอบด้วยการใช้สื่อต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ที่สมจริงและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้ดี ๆ ในอุตสาหกรรมการศึกษา บทเรียนสื่อประสมมักถูกใช้ในการพัฒนาความรู้และทักษะต่าง ๆ ให้กับผู้เรียนในระดับการศึกษาต่าง ๆ ตั้งแต่การศึกษาระดับพื้นฐานจนถึงการศึกษาระดับสูง ๆ และการอบรมในองค์กรต่าง ๆ ในที่ทำงานและการศึกษาตลอดชีวิต

(3.2) องค์ประกอบของบทเรียนสื่อประสม

บทเรียนสื่อประสมมักประกอบด้วยองค์ประกอบหลายอย่างที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณภาพสูง องค์ประกอบเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็นหลายส่วน โดยสามารถเรียงลำดับตามลำดับความสำคัญได้ตามความเหมาะสมของบทเรียนแต่ละชนิด

1. วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ (Learning Objectives): จุดมุ่งหมายหลักที่ต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้จากบทเรียน ซึ่งต้องเป็นที่ชัดเจนและบอกถึงผลลัพธ์ที่คาดหวังหลังจากการเรียนรู้

2. เนื้อหา (Content): ข้อมูลและสาระสำคัญที่ผู้เรียนควรเรียนรู้ เนื้อหาควรถูกจัดเตรียมอย่างเหมาะสมเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

3. วิธีการสอน (Teaching Methods): วิธีการที่ใช้ในการส่งเสริมการเรียนรู้ เช่น การบรรยายเรื่องราว การใช้สื่อสิ่งพิมพ์ การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างประสบการณ์ที่น่าสนใจ

4. สื่อการสอน (Teaching Aids): อุปกรณ์หรือสื่อต่างๆ ที่ใช้ในการสนับสนุนการเรียนรู้ เช่น ภาพประกอบ เสียง เครื่องมือการสอนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

5. กิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activities): กิจกรรมที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสในการปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหา และทดลองใช้ความรู้ที่ได้เรียนรู้ โดยสามารถเป็นกิจกรรมระหว่างเรียน (in-class activities) หรือกิจกรรมนอกห้องเรียน (out-of-class activities)

6. การประเมินผล (Assessment): ขั้นตอนในการวัดและประเมินความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนต่อเนื้อหาที่เรียน ซึ่งอาจเป็นการทดสอบ โพรเจกต์ หรือการให้ภาระงาน

7. การตอบรับและปรับปรุง (Feedback and Revision): กระบวนการให้ข้อคิดเห็นและแนวทางการปรับปรุงในการเรียนรู้ ซึ่งมีไว้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความรู้และทักษะต่อไป

8. การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ (Learning Environment): การจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนมีสภาพอารมณ์ที่ดีในการเรียนรู้

9. การเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของผู้เรียน (Connecting to Prior Knowledge): การสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาที่เรียนกับประสบการณ์ ความรู้ และความเข้าใจที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว

10. การสร้างความสนุกสนาน (Engagement): การใช้วิธีการที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพในการทำให้ผู้เรียนสนใจและอยากเรียนรู้

(3.4) การตรวจสอบคุณภาพบทเรียนสื่อประสม

การตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนสื่อประสม ต้องตรวจสอบในเรื่องของความสอดคล้องทั้งด้านเนื้อหา วัตถุประสงค์ วิธีการสอน กิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการสอนว่าเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนหรือไม่ ควรมีการสำรวจหรือศึกษาข้อมูลและความต้องการของผู้เรียนและนำข้อเสนอแนะหรือความต้องการของผู้เรียนมาปรับใช้ เพื่อให้บทเรียนมีประสิทธิภาพและสามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง



แนวคิดการวิจัย

ภาพที่ 1 กรอบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแม่คือวิทยา อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ จำนวน 40 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนแม่คือวิทยา อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ จำนวน 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 บทเรียน ได้แก่ บทเรียนเรื่อง At Home และ บทเรียนเรื่อง On the Farm และกำหนดแผนการนำบทเรียนไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจำนวน 10 แผน ในแต่ละบทเรียนประกอบด้วย คำแนะนำการนำบทเรียนไปใช้สำหรับผู้สอน วัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา ลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลประเมินผลระหว่างเรียน สื่อประสมในบทเรียนซึ่งได้แก่ สื่อประเภทสิ่งพิมพ์ ภาพ บัตรภาพ บัตรคำศัพท์ สไลด์ฟาวเวอร์พอยท์ สื่อวีดิทัศน์ คลิปเสียง ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระภาษาต่างประเทศ พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) รวมทั้งตำรา งานวิจัย ที่เป็นการพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษและการใช้สื่อประสมประกอบการสอน

1.2. กำหนดเนื้อหาคำศัพท์ภาษาอังกฤษ เลือกคลิปเสียง เพลง เกม และคลิปวิดีโอที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่เลือกเรื่อง At Home เรื่อง On the Farm ของแบบเรียน smile 2

1.3. สร้างบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 และสร้างแบบประเมินบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 สำหรับนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ โดยเป็นแบบประเมินพิจารณาความสอดคล้อง ถูกต้องของหลักการ โครงสร้างของ สื่อ เนื้อหา และรูปแบบของบทเรียนสื่อประสม ประเมินความถูกต้องเหมาะสมแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) นำแบบประเมินไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบก่อนนำไปใช้

1.4. นำบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อประสมไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านด้านการจัดการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ และการผลิตสื่อประเมินความถูกต้องเหมาะสม นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงบทเรียน จากนั้นจัดพิมพ์รูปเล่มบทเรียนและจัดทำสื่อประสมที่สอดคล้องกับบทเรียนให้สามารถนำไปใช้ในห้องเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง

2 แบบทดสอบวัดทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ เป็นแบบทดสอบปรนัยเพื่อวัดทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ โดยใช้สื่อ คือ คลิปเสียงคำศัพท์ภาษาอังกฤษ จำนวน 20 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ให้นักเรียนฟังคลิปเสียงแล้วทำเครื่องหมาย X ในกล่องข้อความใต้ภาพที่นักเรียนได้ยินจำนวน 15 ข้อ ตอนที่ 2 ให้นักเรียนฟังคลิปเสียงแล้วเติมหมายเลข 1-5 ลงในกล่องข้อความใต้ภาพที่ได้ยินตามลำดับ จำนวน 5 ข้อ โดยมีการศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบทักษะการฟังภาษาอังกฤษจากหนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นรวบรวมคำศัพท์ภาษาอังกฤษจากแผนการสอนทั้ง 10 แผน สร้างคลิปเสียงคำศัพท์ภาษาอังกฤษให้สอดคล้องกับคำศัพท์ที่เลือก นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมิน ดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 117) และนำแบบทดสอบที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบโดยการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษก่อนและหลังเรียนโดยใช้บทเรียนสื่อประสม โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้มากกว่า 0.5 ดังนั้น สามารถนำแบบทดสอบทั้ง 20 ข้อ ไปใช้ในการทดสอบทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลโดยการ ให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2/1 ทดสอบทักษะการฟังคำศัพท์ก่อนเรียน โดยแบบทดสอบคู่ขนานที่สร้างไว้ จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 บทเรียน รวม 10 แผน มีการสังเกตและบันทึกการเรียนผลการเรียนในทุกครั้งที่ทำการสอน และทดสอบทักษะการฟังคำศัพท์หลังเรียนครบทั้ง 2 บทเรียน โดยใช้แบบทดสอบที่สร้างไว้รวบรวมข้อมูล ตรวจสอบให้คะแนน และประเมินผลโดยวิธีการทางสถิติ เปรียบเทียบคะแนนทักษะการฟังก่อนและหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และ t-test (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 76-78)

4. ผลการวิจัย

1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมของบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ชุดที่ 1 เรื่อง At Home และ ชุดที่ 2 เรื่อง On the Farm โดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านทำการประเมินความเหมาะสมโดยรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมในการนำบทเรียนสื่อประสมทั้งสองชุดไปใช้ โดยรวมอยู่ที่ 4.71 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 0.29 ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมของบทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ของผู้เชี่ยวชาญโดยรวม

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
ชุดที่ 1 เรื่อง At Home	4.69	0.31	เหมาะสมมากที่สุด
ชุดที่ 2 เรื่อง On the Farm	4.73	0.27	เหมาะสมมากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.71	0.29	เหมาะสมมากที่สุด

2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังเรียนโดยการใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังเรียนโดยการใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จากนักเรียนจำนวน 20 คน โดยใช้แบบทดสอบทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ จำนวน 20 ข้อ พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 8.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.35 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 13.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.84 ซึ่งให้เห็นว่าระดับคะแนนเฉลี่ยของหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test พบว่า ค่า t เท่ากับ 15.67 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังเรียนโดยการใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษ

คะแนนทางการเรียน	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	t-test
ก่อนเรียน	20	20	8.75	3.35	15.67
หลังเรียน	20	20	13.45	2.84	

***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการพัฒนาบทเรียนสื่อประสมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ สามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. บทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ชุดที่ 1 เรื่อง At Home มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมในการนำไปใช้โดยรวมอยู่ที่ 4.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 0.31 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุดและชุดที่ 2 เรื่อง On the Farm มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมในการนำไปใช้โดยรวมอยู่ที่ 4.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 0.27 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ดังนั้น จากการประเมินคุณภาพของบทเรียนสื่อประสมเพื่อนำไปใช้กับนักเรียนทำให้พบว่า บทเรียนสื่อประสมที่ดี จะต้องมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอนและเนื้อหาวิชา เหมาะสมกับวัยและสภาพแวดล้อมของผู้เรียนส่งเสริม พัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยกิจกรรมเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย และสามารถจดจำได้นาน ลักษณะของสื่อต่าง ๆ มีขนาด สี ตัวอักษรที่

ชัดเจน สวยงาม อ่านง่ายเหมาะสมกับระดับของผู้เรียนและมีการเรียงลำดับขั้นตอนการดำเนินการชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ
 นันทวัน อินทาคกรวด วรราชวัลย์ วงศ์กำแหง สุภัตธา จำปา พีรพัฒน์ พงจิตรและเสาวภา อินทร์แก้ว (2562) กล่าวถึงผล
 การศึกษาเรื่องการพัฒนาทักษะการพูดภาษาจีนโดยใช้สื่อประสม ที่ผู้สอนได้เลือกใช้สื่อประสมที่หลากหลาย เลือกใช้เนื้อหาที่
 เหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งดูได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 ของผู้เรียนที่สูงขึ้นและสามารถสังเกตได้ว่านักเรียนมีความสนใจและให้ความสำคัญกับการเรียนภาษาจีนมากยิ่งขึ้น และ
 เช่นเดียวกับ ชฎารัตน์ ภูทางนา (2563) ที่กล่าวว่า ลักษณะของสื่อประสมที่ดีควรสามารถยืดหยุ่นได้ มีความน่าสนใจ สะดวกใน
 การเคลื่อนย้าย ใช้สื่อการสอนหลาย ๆ อย่างที่สัมพันธ์และสอดคล้องกับเนื้อหาและมีจำนวนสื่อครบตามจำนวนของผู้เรียน

2. ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังเรียนโดยการใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้น
 ประถมศึกษาปีที่ 2 จากนักเรียนจำนวน 20 คน โดยใช้แบบทดสอบทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ จำนวน 20 ข้อ พบว่า
 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 8.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.35 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 13.45 ส่วน
 เบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.84 ซึ่งให้เห็นว่าระดับคะแนนเฉลี่ยของหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อน
 เรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ T-Test พบว่า ค่า t เท่ากับ 15.67 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 โดยผลการวิจัยเป็นไปตามที่ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยที่ว่า ทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนประถมศึกษาปีที่
 2/1 โรงเรียนแม่คือวิทยา หลังเรียนด้วยบทเรียนสื่อประสมสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้อง ธิติ ไชยันตร์ (2564) ที่ได้ทำการวิจัย
 เรื่อง การพัฒนาสื่อประสมเรื่องคำช่วยภาษาญี่ปุ่นระดับต้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 45 คน พบว่า
 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนโดยการใช้สื่อประสม เรื่อง คำช่วยภาษาญี่ปุ่นระดับต้นสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาง
 สถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการใช้สื่อประสมช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย อีกทั้งมีความน่าสนใจในด้าน
 รูปแบบการนำเสนอคือมีทั้งเสียงบรรยายและภาพประกอบ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนสื่อประสมหรือสื่อที่
 หลากหลายจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นเฉกเช่นเดียวกับงานวิจัยของ รวยคือ
 ชัยวงศ์ศาและไพศาล ศรีวิชัย (2565) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หน้าที่ชาว
 พุทธและ มารยาทชาวพุทธ รายวิชาพุทธศาสนา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของการ
 ใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้อื่น เรื่อง การใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อื่น มีค่าเท่ากับ 60.27
 /84.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 70/70 และมีค่าประสิทธิผลเท่ากับ 0.60 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียน
 โดยสื่อ หน้าที่ชาวพุทธและมารยาทชาวพุทธ พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเท่ากับ 304 คิดเป็นร้อย
 ละ 84.44

ข้อเสนอแนะ

การใช้บทเรียนสื่อประสมเพื่อพัฒนาทักษะการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษมีการใช้สื่อที่หลากหลาย ครูผู้สอนจะต้องมี
 การจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมและเพียงพอต่อนักเรียนก่อนทำการจัดการเรียนการสอนและควรศึกษาขั้นตอนแนวทางการ
 จัดการเรียนการสอน รวมทั้งควรคำนึงถึงความเหมาะสมของเนื้อหาวิชาและความสนใจของนักเรียน

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้ ได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรปรุฬห์ วิชาวัครวิทย์ ประธานสอบการค้นคว้าอิสระ
 อาจารย์ ดร.ศรีทัย สุขยศศรี กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ อาจารย์ ดร.ชนินทร์ ยาระณะ กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ
 และอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำ จนการค้นคว้าอิสระนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง
 มา ณ โอกาสนี้และขอขอบคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาหลักสูตรและการสอนและผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาช่วยพิจารณาและ
 ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเนื้อหาและรูปแบบของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการเขียน
 รายงานผลการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). การเรียนการสอนภาษาอังกฤษ. สืบค้น 25 มกราคม 2567, จาก
<https://www.moe.go.th/>
 เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2008). ความสำคัญของการสอนทักษะการฟัง. สืบค้น 4 กุมภาพันธ์ 2567, จาก
<https://www.kriengsak.com/node/1286>.
 ชนิษฐา บุนนาค. (2561). 3 กิจกรรม ส่งเสริมทักษะการฟัง สำหรับเด็กปฐมวัย. สืบค้น 4 กุมภาพันธ์ 2567, จาก
<https://www.youngcity.com/article/learning/listening.html>.

- ชฎารัตน์ภูพานา. (2563). การเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญโดยวิธีสอน แบบ สื่อบรรยายกับวิธีสอนแบบ SQ4R ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเทศบาลเมืองขลุง 1 (บูรวิทยาการ). วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏ ราชภัฏพรหมคีรี
- ธิตติ ไชยันตรี. (2564). การพัฒนาสื่อประสมเรื่องคำช่วยภาษาญี่ปุ่นระดับต้นสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). วิทยาลัยครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. สืบค้นจาก <https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Thiti.Cha.pdf>
- นันทิวัน อินทาทกรวด, วรราชวัลย์ วงศ์กำแหง, สุภัตตา จำปา, พีรพัฒน์ พวงจิตรและเสาวภา อินทร์แก้ว. (2562). การพัฒนาทักษะการพูดภาษาจีนโดยใช้สื่อประสมสำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านแม่ดาวแพะ, ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ ระดับชาติ ครั้งที่ 6, วันที่ 20 ธันวาคม 2562, ณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ กำแพงเพชร.
- รอยคือ ชัยวงษ์ศาและไพศาล ศรีวิชัย. (2565). การใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หน้าที่ชาวพุทธและ มารยาทชาวพุทธ รายวิชาพุทธศาสนา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารศาสตร์การสอน มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่, ปีที่ 2(1) . สืบค้นจาก <https://www.firstojs.com/index.php/JEM/article/view/1149/644>
- สมุห์ทนา ดุลนีย์. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมเพื่อส่งเสริมการคิดอย่าง มีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม. สืบค้นจาก <https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2563/M128322/Dunnee.pdf>
- Nova Online. (2023). ความสำคัญของการเรียนภาษาอังกฤษในยุคปัจจุบัน. สืบค้น 4 กุมภาพันธ์ 2567, จาก <https://novaonline-th.com/blog/importance-of-learning-english/#aioseo->

การพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษ โดยใช้เกมและเพลง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน

สุจิตรา บัวลอยลม ^{1*} อานาจ จันทร์แป้น ² วารุณี โพธาสินธุ์ ³

สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่

*E-mail loveyou_5567@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 062-9595125

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการพัฒนาทักษะการฟัง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) โดยใช้เกมและเพลง 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) ก่อนและหลัง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยได้แก่ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ที่เรียนรายวิชาภาษาอังกฤษ จำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องมือที่เป็นนวัตกรรม ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลง จำนวน 5 แผน และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 1 ชุด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าประสิทธิภาพ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าดัชนีประสิทธิผลสรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมในการนำไปใช้โดยรวมอยู่ที่ 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 0.21 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด
2. ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.33 และคะแนนเฉลี่ย หลังเรียน เท่ากับ 19.00 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าระดับคะแนนเฉลี่ยของหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 8.67

คำสำคัญ: แผนการจัดการเรียนรู้, เกม, เพลง, การพัฒนาทักษะการฟัง, สาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ

The Improving English listening Skills Using Games and Songs Grade 1 Students at Ban Mae Wan School

Sujitra Bualoylom^{1*} Amnat Chanpan² Varunee Potasin³

Abstract

This aims of this research to study a learning plan on developing listening skills. Foreign language learning group (English) using games and songs and to study the results of listening skills in the foreign language learning group (English) before and after using a learning management plan using games and songs of first grade students. The population in this research is 3 grade 1 students at Ban Mae Wan School, Doi Saket District, Chiang Mai Province, in the second semester of the 2023 academic year. The research tools used include: 5 learning plans using games and songs, tools used to collect One set of pre-test and post-test to meet the research objectives. The researchers analyzed the collected data. and presented the analysis results using accompanying tables.

The results showed that

1) Creating a learning management plan using games and songs to develop listening skills in the foreign language (English) subject group for Grade 1 students. It has an overall appropriateness average for use. At 4.52, the standard deviation is equal to 0.21, which is at the most appropriate level.

2) Achievement before studying and after studying the average score was 10.33 and the average score after studying was 19.00, which indicated that the average score level after studying was higher than before studying. When comparing the scores before studying and after studying, it was found that the mean score increased to 8.67.

Keywords: Lesson plans, games, songs, listening skill development, learning content (English)

1. บทนำ

เนื่องจากสังคมโลกยุคใหม่แห่งศตวรรษที่ 21 เป็นสังคมแห่งข้อมูลข่าวสารที่มีความรวดเร็ว ฉับไว ไปตามอิทธิพลของการเมือง เศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรมของโลก อันส่งผลกระทบต่ออย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ต่อชาติต่าง ๆ ที่ไม่ได้ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษากลางของโลก ดังที่มีผู้คนจำนวนมากหลากหลายเชื้อชาติ ข้ามพรมแดนประเทศของตนมาสู่ต่างวัฒนธรรมและต่างภาษา ด้วยเหตุผลนานาประการที่พวกเขาต้องมาปรับตัว ปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตเพื่อการท่องเที่ยว ต้องมีความเชื่อมโยงเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในทางใดทางหนึ่ง ภาษาอังกฤษจึงมีความสำคัญในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่ใช้ทางการสื่อสารการศึกษา การแสวงหาความรู้ การประกอบอาชีพ การสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวัฒนธรรมและวิถีทัศน์ของชุมชนโลกและตระหนักถึงความหลากหลายทางวัฒนธรรมและมุมมองของสังคมโลก นำมาซึ่งมิตรไมตรีและความร่วมมือกับประเทศ ต่าง ๆ ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจตนเองและผู้อื่นดีขึ้น เรียนรู้และเข้าใจความแตกต่างของภาษาและวัฒนธรรม ขนบธรรมเนียม ประเพณี การคิด สังคม เศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง มีเจตคติที่ดีต่อการใช้ภาษาอังกฤษ ดังนั้นคนไทยทุกคนจึงต้องเรียนภาษาอังกฤษเพื่อติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลด้านความรู้ ความคิดและเทคโนโลยีต่าง ๆ กับชาวต่างชาติ ซึ่งความจำเป็นในการใช้ภาษาดังกล่าวสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 60 กระทรวงศึกษาธิการ(2551 : 220) ได้กำหนดไว้ในเอกสารสาระและมาตรฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้ ภาษาอังกฤษต่างประเทศ(ภาษาอังกฤษ)ในเรื่องวิสัยทัศน์การเรียนรู้ว่าการจัดการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยมีความคาดหวังว่า เมื่อผู้เรียนเรียนภาษาอังกฤษอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษา ผู้เรียนจะมีเจตคติที่ดีต่อภาษาอังกฤษ อีกทั้งสามารถใช้ภาษาอังกฤษสื่อสารในสถานการณ์ต่าง ๆ แสวงหาความรู้ ประกอบอาชีพและสามารถถ่ายทอดความคิดและวัฒนธรรมไทยไปยังสังคมโลกได้อย่างสร้างสรรค์

การเรียนการสอนภาษาอังกฤษ ทักษะการฟังเป็นทักษะแรกๆ ที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการฝึกฝนและการฟังมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการพูดหากไม่สามารถฟังได้และเข้าใจ ก็จะเป็นไปไม่ได้ที่จะรับสารที่มีความหมายในประโยคสนทนาได้ เพราะฉะนั้นการฟังจึงมีบทบาทสำคัญในการสื่อสารที่ผู้เรียนจะต้อง

ฝึกฝนที่จะฟังไม่ว่าจะเป็นการฝึกฟังเนื้อหาที่หลากหลาย สำเนียงภาษาอังกฤษที่มีความแตกต่างกัน รวมไปถึงทักษะการพูดเป็นต้น อีกทั้งงานวิจัยของแอดเลอร์ โรเซนเฟลด์และพร็อกเตอร์ Adler, Rosenfeld and Proctor ที่ค้นพบว่าทักษะการฟังเป็นทักษะที่ถูกใช้ในการสื่อสารในชีวิตประจำวันถึงร้อยละ 45 ส่วนการพูด ร้อยละ 30 การอ่านร้อยละ 16 และการเขียนร้อยละ 9 ในการพัฒนาการฟังของผู้เรียนนั้นผู้สอนใช้เกมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกทักษะการฟังของผู้เรียนมาประกอบการสอนได้ เช่น เกม Mr. Wolf เกม Simon Says และ เกม Flashcard slap เป็นต้น

การใช้เกมทางการศึกษา ซึ่งมีประโยชน์ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจภาษาอังกฤษมากขึ้นและหากผู้สอนสามารถเลือกสรรหรือดัดแปลงให้เกมนั้นมีความเหมาะสมกับวัย และระดับชั้นของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความยากง่ายของคำศัพท์ แบบประโยคที่ใช้ ตลอดจนวิธีการเล่นที่สนุกสนานเหมาะสมและมีความน่าสนใจ ดังนั้นผู้สอนภาษาอังกฤษในระดับประถมศึกษาจึงควรที่จะตระหนักถึงความสำคัญในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษโดยใช้เกมประกอบการสอนเป็นอย่างมากเช่น สอนอย่างไรให้ผู้เรียนรักและสนุกกับวิชาภาษาอังกฤษ การสอนให้มีวิธีการหรือการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมหรือเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ สร้างบรรยากาศในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษที่สนุกสนาน มีชีวิตชีวา ดังนั้นการนำเกมมาใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนจึงนับว่ามีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะทางภาษาอังกฤษของผู้เรียน

การใช้เพลงในการสอนมีประโยชน์มากมาย เป็นการสร้างบรรยากาศที่สนุกสนาน ช่วยให้เกิดการผ่อนคลายและลดความเครียดแก่ผู้เรียน อีกทั้งยังช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ บุคลิกภาพและด้านสังคมของผู้เรียนโดยการใช้เพลงนำเข้าสู่บทเรียนหรือทบทวนบทเรียนเพื่อเป็นการย้ำสิ่งที่เรียนไปแล้ว เช่นคำศัพท์ รูปประโยค กฎไวยากรณ์บางเรื่อง เช่นเกี่ยวกับกาล (Tense) ต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ในเพลงจะมีคำที่เป็นแสลง (slang) เป็นสำนวน (idioms) ซึ่งเป็นการพูดในชีวิตประจำวัน เป็นการพัฒนาทางภาษาซึ่งเป็นการฝึกความจำให้เข้าใจข้อความในเนื้อเพลง พร้อมทั้งเป็นการฝึกการออกเสียงเชื่อมคำและจังหวะไปในตัว ทำให้ผู้เรียนเกิดความภูมิใจที่สามารถร้องเพลงได้จึงเป็นการปลูกฝังให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาอังกฤษและช่วยส่งเสริมให้การเรียนดีขึ้น เพลงให้ความรู้หลากหลายแก่ผู้เรียนเช่น ด้าน

สุขภาพ ด้านการเข้าถึงสังคม ด้านวัฒนธรรม เป็นต้นและเพลงสามารถใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการสนทนาหรืออภิปรายเนื้อหาที่บรรจุอยู่ในเพลง (กรมวิชาการ, 2542 : 270) งานวิจัยของปราณี ชูชม (2556 : 41) กล่าวว่า การใช้เพลงประกอบการสอนในระดับประถมศึกษาที่มีประโยชน์มาก เพราะเด็กในวัยนี้ชอบเล่น ชอบแสดง ชอบร้องเพลง และอีกทั้งการใช้เพลงประกอบการสอนยังเป็นการช่วยส่งเสริมพัฒนาการทุกด้านของเด็ก ช่วยเสริมสร้างให้เด็กมีระเบียบวินัยมีประสบการณ์กว้างขวางและช่วยสร้างสัมพันธ์ภาพอย่างเป็นกันเองระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ซึ่งจากงานวิจัยของชรินทร์น สีสงามและกรวิภา พิมพ์สอน (2561 : 17) ในการจัดการเรียนการสอนวิธีหนึ่งที่จะช่วยผู้เรียนให้มีความสนใจเรียนมากขึ้นคือการใช้เพลงประกอบการสอนเพราะบทเพลงจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความสนุกสนานเพลิดเพลิน และมีทัศนคติที่ดีต่อบทเรียน ดนตรีเพลงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้อย่างมาก ช่วยให้เกิดความรู้ ความเข้าใจและช่วยในการจดจำบทเรียนได้นาน

การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) ที่ผ่านมามีปัญหาที่พบคือผู้เรียนขาดทักษะในการฟังคำศัพท์ภาษาอังกฤษจากผลการประเมินตนเองของสถานศึกษา Self-Assessment Report : SAR ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนบ้านแม่หวาน โรงเรียนบ้านแม่หวาน (2565 : 11) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 คิดเป็นร้อยละ 47.44 และผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2565 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 26.04 ระดับ อปท. มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 31.81 ระดับประเทศมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 34.42 แสดงว่ากลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำกว่าระดับอปท. และระดับประเทศ ซึ่งความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษของนักเรียนไทยก็ต่ำกว่าหลายประเทศในอาเซียนด้วยกัน และอยู่ในอันดับท้าย ๆ ของโลก พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กไทยยังไม่เป็นที่น่าพอใจ วิชาที่มีผลการทดสอบต่ำที่สุดหนึ่งในสองวิชานั้นคือ ภาษาอังกฤษซึ่งบัดนี้ประเทศต่าง ๆ ในอาเซียนทั้ง 10 ประเทศได้เข้าสู่สถานภาพการเป็นประชาคมอาเซียนแล้วอย่างสมบูรณ์ หากความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาของประเทศไทยยังตกต่ำอยู่เช่นนี้ เป็นสิ่งเร้าที่น่าห่วงอนาคตของประเทศไทยที่พลังในการขับเคลื่อนประเทศของวัยรุ่น จะอ่อนแอลง และอีกไม่นานสังคมไทยก็จะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุในไม่ช้าแน่นอน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561 : 1-2)

ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนภาษาอังกฤษในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ได้เล็งเห็นความสำคัญในการแก้ไขปัญหา และเพื่อให้พัฒนากระบวนการเรียนการสอนภาษาอังกฤษในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและทดลองใช้เกมและเพลง เพื่อพัฒนาทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะในการฟัง พูด อ่าน และเขียนภาษาอังกฤษที่สูงขึ้น และมีผลสัมฤทธิ์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะใช้แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอน ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ และเป็นแนวทางเพื่อเป็นกระบวนการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการพัฒนาทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) โดยใช้เกมและเพลง
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) ก่อนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่

2.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การใช้เกมและเพลงเพื่อพัฒนาทักษะการฟังโดยใช้เกมและเพลง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังที่ได้นำเสนอต่อไปนี้

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง60

- 2.1.1 สารระการเรียนรู้
- 2.1.2 มาตรฐานการเรียนรู้
- 2.1.3 ตัวชี้วัดและสารระการเรียนรู้แกนกลาง
- 2.1.4 โครงสร้างเวลาเรียนกลุ่มสารระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษองค์ความรู้
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนภาษาเพื่อการสื่อสาร
 - 2.2.1 การเรียนรู้ภาษาที่สองหรือภาษาต่างประเทศ
 - 2.2.2 จิตวิทยาและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นหลักในการสอนภาษา
 - 2.2.3 การศึกษาในศตวรรษที่ 21
- 2.3 หลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการฟัง
 - 2.3.1 ความหมายของการฟัง
 - 2.3.2 ความสำคัญของทักษะการฟัง
 - 2.3.3 องค์ประกอบในการฟัง
 - 2.3.4 การพัฒนาทักษะการฟัง
 - 2.3.5 จุดมุ่งหมายของการฟัง
 - 2.3.6 กิจกรรมการสอนฟัง
 - 2.3.7 การทดสอบความสามารถในการฟัง
- 2.4 หลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีสอนโดยใช้เกม
 - 2.4.1 ความหมายของเกม
 - 2.4.2 จุดมุ่งหมายของการใช้เกมประกอบการสอน
 - 2.4.3 ประเภทของเกม
 - 2.4.4 วิธีการใช้เกมประกอบการสอน
 - 2.4.5 ขั้นตอนการใช้เกม
 - 2.4.6 ประโยชน์ของการใช้เกม
- 2.5 หลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเพลง
 - 2.5.1 ความหมายของเพลง
 - 2.5.2 ความสำคัญของเพลง
 - 2.5.3 ประโยชน์ของการใช้เพลงประกอบการสอน
 - 2.5.4 เพลงและการส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียน
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 2.6.1 งานวิจัยในประเทศ
 - (1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภาษาอังกฤษโดยใช้กิจกรรมเกม
 - (2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภาษาอังกฤษโดยใช้กิจกรรมเพลง
 - (3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภาษาอังกฤษโดยใช้กิจกรรมเกมและเพลง
 - 2.6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ
 - (1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภาษาอังกฤษโดยใช้กิจกรรมเกม
 - (2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภาษาอังกฤษโดยใช้กิจกรรมเพลง

3.วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบการทดลองกลุ่มเดียวมีการวัดก่อนและหลังการใช้
นวัตกรรม (The One Group Comparison Pretest Posttest Design)

ขอบเขตการวิจัย (Research Scope)

1. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นประถมศึกษา 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา
2566 ที่เรียนในรายวิชาภาษาอังกฤษจำนวน 3 คน

2. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยการใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงเพื่อพัฒนาทักษะ
การฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ)

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ)

3. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ด้านเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ (วิชาภาษาอังกฤษ) ตามหลักสูตรแกนกลาง
การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

5. ขอบเขตด้านสถานที่ ได้แก่ ห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้ 5 แผน ดังนี้

ตาราง 1.1 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้จำแนกตามหน่วย เรื่องและจำนวนคาบ

หน่วยการเรียนรู้	แผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง	จำนวนคาบ
All about me	1. My Body	2
	2. My Family	2
	3. My Hobby	2
	4. I like fruit	2
	5. Animals in my farm	2

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยการเรียนรู้ All about me จำนวน 1 ชุด ชุดละ 20 ข้อ (รวม 20
คะแนน) เป็นข้อสอบปรนัยชนิด 2 ตัวเลือก

(2) แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้ All about me จำนวน 1 ชุด ชุดละ 20 ข้อ (รวม 20
คะแนน) เป็นข้อสอบปรนัยชนิด 2 ตัวเลือก

การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลง

1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สารระ การเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) รวมทั้งตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางเพื่อกำหนด วัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

1.2 สร้างและจัดทำแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) แผนการจัดการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาภาษาอังกฤษเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการฟังโดยใช้ เพลงและเกม ได้เรียงลำดับกิจกรรมดังนี้ 1) My Body 2) My family 3) My Hobby 4) I like fruits 5) Animals in my farm

1.3 นำแผนการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงเพื่อพัฒนาทักษะการฟัง กลุ่ม สารการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่ หวาน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาคณาจารย์อิสระเพื่อขอคำแนะนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

1.4 นำแผนการจัดการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน โดยใช้เกมและเพลงไปให้ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านประเมินความเหมาะสมโดยพิจารณาความตรงตามเนื้อหา ความสอดคล้องและ ถูกต้องของหลักการ โครงสร้างของสื่อ เนื้อหา และรูปแบบของแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ ความสอดคล้อง มาตรฐานประมาณค่า (rating scale) เป็นเครื่องมือที่ใช้ได้ทั้งให้ผู้ถูกวัดประเมินตนเอง และ ผู้อื่นประเมิน มาตรฐานประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert rating scale) และมาตรฐานประมาณค่าแบบซีแมน ดิก ดิฟเฟอเรนเชียล (Semantic differential rating scale) ซึ่งมาตรฐานประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert rating scale) ใช้ตัวเลขแสดงการจำแนกระดับพฤติกรรมได้ 5 ระดับคือ 5, 4, 3, 2, 1 โดยให้ 5 หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับมาก และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงระดับ 1 ซึ่งหมายถึงระดับน้อย ผลการประเมินความเหมาะสมพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5 อยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 5 แผน

1.5 ปรับปรุงแผนการจัดการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ให้ถูกต้องเหมาะสมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

1.6 นำแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาภาษาอังกฤษเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำไป ทดลองและเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) โรงเรียนบ้านแม่หวาน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 3 คน

2. การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

ได้แก่ แบบทดสอบ ดังนี้

2.1 จัดทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการออกแบบทดสอบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้และเนื้อหาวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) จำนวน 1 ฉบับ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัยชนิด 2 ตัวเลือก ซึ่งใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

2.2 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเรียบร้อยแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาคณาจารย์อิสระเพื่อรับความ เห็นชอบและให้คำชี้แนะ

2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล เพื่อตรวจสอบความ ถูกต้องตามหลักการวัดและประเมินผลและความตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง (construct validity) ระหว่าง ข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ความเหมาะสมของจำนวนข้อกับระยะเวลาและความเป็นปรนัยของ ข้อคำถามการตรวจให้คะแนน โดยการหาค่าความสอดคล้อง (IOC) พบว่าทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.67

2.4 จัดพิมพ์แบบทดสอบเพื่อใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนบ้านแม่หวาน จำนวน 3 คน

การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล (Data Analysis and interpretation)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆโดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าร้อยละ
2. ค่าเฉลี่ย
4. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5. ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษ โดยใช้เกมและเพลง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวานผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟัง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟัง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

จากตารางที่ 1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟัง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (โดยรวม)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ของแต่ละแผน					\bar{x}	S.D.
	1	2	3	4	5		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัดและหน่วยการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00
1.2 มีความชัดเจน ครอบคลุมและถูกต้อง	4.67	4.33	4.33	4.67	4.67	4.53	0.18
1.3 เหมาะสมต่อกระบวนการพัฒนาผู้เรียน	4.67	4.50	4.50	4.67	4.67	4.60	0.09
1.4 ระบุชื่อผู้สอนและโรงเรียนไว้อย่างชัดเจน	4.33	4.67	5.00	4.67	4.67	4.66	0.23
1.5 ระบุวันเดือนปีที่ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ไว้อย่างชัดเจน	4.33	4.67	5.00	4.67	5.00	4.73	0.27
ค่าเฉลี่ยจุดประสงค์การเรียนรู้	4.53	4.57	4.70	4.67	4.73	4.64	0.08
2. เนื้อหาสาระ							
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	4.67	4.33	4.67	4.67	4.60	0.15
2.2 มีขั้นตอน รายละเอียดครบถ้วน	4.00	4.33	4.00	4.33	4.67	4.26	0.27
2.3 มีความเหมาะสมกับเวลา และผู้เรียน	4.00	4.50	4.17	4.50	4.67	4.36	0.27
ค่าเฉลี่ยเนื้อหาสาระ	4.22	4.50	4.17	4.50	4.67	4.41	0.21
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้							
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4.67	4.67	4.33	4.67	4.33	4.53	0.18
3.2 แสดงขั้นตอนเป็นลำดับอย่างเหมาะสม	4.00	4.67	4.33	4.33	4.33	4.33	0.23
3.3 เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ	4.67	4.67	4.33	4.50	4.33	4.5	0.17
ค่าเฉลี่ยกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.44	4.67	4.33	4.50	4.33	4.45	0.14
4. สื่อและแหล่งเรียนรู้							
4.1 สื่อสอดคล้องกับกิจกรรมและเนื้อหา	5.00	4.33	4.67	5.00	4.67	4.73	0.27
4.2 มีความหลากหลายน่าสนใจ	4.67	4.33	4.67	4.67	4.67	4.60	0.15
ค่าเฉลี่ยสื่อและแหล่งเรียนรู้	4.83	4.33	4.67	4.83	4.67	4.66	0.20

จากตารางที่ 1 พบว่า แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลง เพื่อพัฒนาทักษะการฟัง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ตามเกณฑ์ มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					\bar{x}	S.D.
	1	2	3	4	5		
5. การวัดและการประเมินผล							
5.1 กำหนดวิธีการประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.33	4.67	4.67	4.33	4.67	4.53	0.18
5.2 มีการกำหนดเกณฑ์การประเมินไว้ชัดเจน	4.00	4.33	4.33	4.67	4.00	4.26	0.27
5.3 ใช้เครื่องมือประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.17	4.50	4.50	4.50	4.67	4.46	0.18
5.4 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	4.33	4.67	4.00	5.00	4.46	0.38
5.5 วัดและประเมินผลเน้นการประเมินตามสภาพจริง	4.33	4.00	5.00	5.00	4.67	4.6	0.43
ค่าเฉลี่ยการวัดและการประเมินผล	4.23	4.37	4.63	4.50	4.60	4.46	0.16
รวมเฉลี่ย	4.41	4.49	4.52	4.58	4.61	4.52	0.21

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟัง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนบ้านแม่หวาน เพื่อพัฒนาทักษะการฟังโดยใช้เกมและเพลง จำนวน 3 คน

การทดสอบ	N	ค่าเฉลี่ย (μ)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)	ร้อยละ (%)
ก่อนเรียน	3	10.33	2.516	51.66
หลังเรียน	3	19.00	1.00	95.0

จากตารางที่ 2 สรุปผลการทดสอบในรายวิชาภาษาอังกฤษในระดับประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ในการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟัง ผู้วิจัยได้นำผลคะแนนของนักเรียนทั้ง 3 คน รวมกัน ได้คะแนนก่อนเรียนอยู่ที่ 31 คะแนน และคะแนนหลังเรียนอยู่ที่ 57 คะแนน และนำคะแนนก่อนเรียนที่ได้ หาค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 10.33 คิดเป็นร้อยละ 51.66 ของคะแนนทั้งหมด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.51 และผลการทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนเท่ากับ 19.00 คิดเป็นร้อยละ 95.00 ของคะแนนทั้งหมด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.0

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลง เพื่อพัฒนาทักษะการฟัง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนภาษาอังกฤษ 3 ท่าน ได้ค่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด 5 แผนจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เพลงและเกมทั้ง 5 แผน ได้แก่ My Body, My Family, My Hobby, I like fruits และ Animals in my farm และเลือกคลิปเพลงจากแอปพลิเคชันยูทูปที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในแผนที่ 1 My Body, My Family, My Hobby, I like fruits Animals in my farm ซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีความแตกต่างกันในด้านของคำศัพท์เกมและเพลง มีความยากง่ายที่แตกต่างกัน พร้อมทั้งมีกระบวนการใช้เกมที่ทำให้ผู้เรียนได้มีความสนุกสนาน และได้รับความรู้และเสริมสร้างกระบวนการคิดให้ผู้เรียน ซึ่งขั้นแรกของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีขั้นเตรียม (Warm up) เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนก่อนการเข้าสู่กระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังที่ กล่าวว่ายเกมและกิจกรรมสนุก ๆ เป็นส่วนสำคัญในการสอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการสอนผู้ใหญ่หรือเด็ก เกมจะทำให้บทเรียนของผู้สอนมีชีวิตชีวาขึ้นและจะกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนด้วยเกมมากขึ้น ผู้สอนสามารถใช้เกมเพื่ออุ่นเครื่องชั้นเรียนก่อนเริ่มบทเรียน หรือใช้เกมเป็นตัวค้นเมื่อต้องเข้าสู่บทเรียนที่เริ่มยากสำหรับผู้เรียน อีกทั้งเกมยังสามารถนำมาเล่นในช่วงเวลาท้ายคาบเรียนเมื่อมีเวลาเหลือได้อีกด้วย มีเกมนั้บร้อยหรืออาจเป็นพันเกมที่คุณสามารถเล่นร่วมกับนักเรียนได้ เกมสอนภาษาอังกฤษที่ใช้ทดสอบคำศัพท์ฝึกการสนทนา เรียนรู้ไวยากรณ์

ส่วนการเลือกเกมเพื่อนำมาใช้ในการทำวิจัยนั้น เนื่องจากเกมประกอบการสอนมีหลายรูปแบบ ผู้สอนได้เลือกเกมให้เหมาะสมกับเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และช่วงวัยของผู้เรียน และเพื่อพัฒนาผู้เรียนอย่างเต็มศักยภาพ อีกทั้งศึกษาขั้นตอนในการใช้เกมประกอบการสอนให้เข้าใจ ซึ่งประกอบไปด้วย การเลือกเกมให้เหมาะกับเนื้อหาของบทเรียนที่สอน การกำหนดตัวผู้เล่น ขั้นตอนการใช้เกมและขั้น ได้เสนอขั้นตอนในการใช้เกมประกอบการสอนไว้ดังนี้ 1) เลือกเกมที่เหมาะสมกับเนื้อหาในบทเรียน เหมาะสมกับวัย และความสนใจของนักเรียน นอกจากนี้การเลือกเกมควรคำนึงถึงเวลาที่จะต้องใช้เวลา 2) กำหนดตัวผู้เล่น เกมบางชนิดต้องการคนเล่นเป็นจำนวนมาก เกมบางชนิดก็ใช้ผู้เล่น จำนวนน้อย การกำหนดตัวผู้เล่นควรให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ พยายามเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคน ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมโดยอาจจัดผู้เล่นหมุนเวียนกันไปก็ได้ 3) อธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจ กฎกติกาของการเล่น อาจมีการสาธิตให้ชม ก่อนลงมือเล่นและขณะเล่นผู้สอนควรดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด 4) หลังจากการเล่นเกมแล้ว ผู้วิจัยกับผู้เรียนควรร่วมกันวิเคราะห์ด้วยการอภิปรายประโยชน์ที่ได้รับจากการเล่นและอาจตกลงกันไปค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติม 5) ผู้วิจัยกับผู้เรียนช่วยกันสรุปเนื้อหาที่ได้จากการเล่นเกม เช่น ความหมายของคำศัพท์ ซึ่งเกมประกอบการศึกษาซึ่งผู้วิจัยได้เลือกมาใช้ในการเรียนการสอนประกอบด้วยเกม Simon says, เกมตีคำศัพท์ตามคำบอก (Snapping Cards), เกมส่งต่อของขวัญ (Pass the Parcel), เกมวิ่งไล่จับ, เกมใบ้คำ (Charade) และเกมที่พีอาร์ (TPR)

จากการศึกษาการพัฒนาทักษะการฟังภาษาอังกฤษ โดยใช้เกมและเพลง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เพลงและเกมเพื่อพัฒนาทักษะการฟัง 5 เรื่อง ตามขั้นตอนและกระบวนการสร้างทุกประการ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลปัญหาที่พบจากรายวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ส่งผลให้สัมฤทธิ์ด้านการฟังภาษาอังกฤษของผู้เรียนต่ำและไม่น่าพึงพอใจ จากนั้นได้ศึกษาหลักการทฤษฎีเกี่ยวกับการฟัง ทฤษฎีเกี่ยวกับเกมและเพลง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลง และแบบฝึกทักษะการฟัง 5 เรื่อง เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาทักษะการฟังของผู้เรียน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการใช้เกมและเพลงในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่าการใช้เกมและเพลงประกอบการศึกษามีจุดเด่นและสามารถนำไปพัฒนาทักษะการฟังของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบฝึกทักษะการฟังจำนวน 5 เรื่อง ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียน และ หลังเรียน จำนวน 20 ข้อ จาก 5 เรื่อง My Body, My Family, My Hobby, I like fruits และ Animals in my farm แล้วจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนภาษาอังกฤษ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ด้านเนื้อหา การใช้ภาษา รูปแบบ ความเหมาะสมของข้อสอบ และพิจารณาความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมทั้งขอคำแนะนำ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนที่จะนำไปทดลองกลุ่มประชากรจำนวน 3 คนต่อไป

จากการสังเกตผู้วิจัยพบว่าในช่วงชั้นแรกของการสอน ผู้เรียนมีความสนใจและตื่นตัวในการดูวิดีโอเพลงประกอบการสอน เช่น เพราะเพลงที่ผู้วิจัยเลือกมาประกอบการจัดการเรียนรู้มีภาพประกอบที่สวยงามและเนื้อเพลงที่ไม่ซับซ้อน ผู้เรียนสามารถร้องและเต้นตามได้ พร้อมทั้งฝึกทักษะการฟังโดยเรียนรู้คำศัพท์ประกอบภาพวิดีโอ จากนั้นในชั้นฝึกหัดผู้วิจัยได้นำเกมมาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างเกมที่น่าสนใจมาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 4 I Like Fruits คือเกมทายคำศัพท์ (What am I?) ซึ่งเกมคือการทายชื่อผลไม้ ในระหว่างเล่นเกมจะเปิดเพลงประกอบ หากเพลงหยุดให้คนนั้นทำท่าให้เพื่อนๆ ตอบและทายคำศัพท์ให้ถูกต้อง และอีกเกมที่ผู้วิจัยสังเกตว่าผู้เรียนชื่นชอบและเป็นเกมที่ช่วยในการฝึกทักษะการฟังของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีอีกทั้งยังเป็นการฝึกการคิดของผู้เรียน คือเกมตีคำศัพท์ตามคำบอก (Snapping Cards) โดยผู้สอนจะนำภาพคำศัพท์ประกอบการสอนมาวางกระจายบนพื้นประมาณสิบคำและให้ผู้เรียนแบ่งกันต่างคนต่างคิด ใช้ไม้ตุงเพื่อตีภาพคำศัพท์ตามคำบอกของผู้สอน ผู้เล่นเกมใดตีภาพคำศัพท์ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องจะได้คะแนนไป คนที่ได้คะแนนสูงสุดจะเป็นผู้ชนะ ซึ่งการใช้เกมและเพลงประกอบการจัดการเรียนรู้นอกจากจะเป็นการพัฒนาทักษะด้านการฟังและการพูดแล้วยังเป็นการสร้างบรรยากาศที่ผ่อนคลาย สนุกสนานและสร้างความสัมพันธ์ในระหว่างผู้เรียนและผู้สอนอีกด้วย

จึงสรุปได้ว่าการศึกษา การใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมเป็นผลเนื่องมาจากผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในชั้นเรียน อีกทั้งมีวางแผนในการสร้างอย่างมีขั้นตอน ตลอดจนมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงและหาค่าความเหมาะสมก่อนนำไปใช้และประเมินความเหมาะสมตามเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ ย่อมเกิดประสิทธิภาพและส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการฟังของผู้เรียนได้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลง ในการพัฒนาทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้เพลงและเกมทำให้นักเรียนมีความผ่อนคลาย เรียนรู้อย่างสนุกสนาน มีความกระตือรือร้น และมีความมั่นใจในตนเองรวมทั้งเป็นการสร้างบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ จนนำไปสู่ดัชนีประสิทธิผลเป็นที่น่าพอใจคือผู้เรียนเกิดทักษะเพิ่มขึ้นจริง ซึ่งกล่าวว่าเพลงมีความสำคัญเพราะมีอิทธิพลต่อชีวิตเป็น อย่างยิ่งในทางการศึกษาก็เช่นเดียวกัน การนำเพลงไปใช้ประกอบการสอน ช้้นำเข้าสู่บทเรียนใช้ สอนหรือสรุปจะช่วยให้เด็กมีความสนุกสนานเพลิดเพลิน เกิดความผ่อนคลายและมีความสุขในการเรียน และจากงานวิจัยในต่างประเทศ เพลงประกอบท่าทางและการเลียนแบบท่าทางเป็นเครื่องมือที่มีพลังที่จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของผู้เรียนที่มีอายุน้อย และที่สำคัญคือเด็กชอบการเล่นและการร้องเพลงและเมื่อนำเพลงภาษาอังกฤษมาใช้ในห้องเรียนที่สอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สองซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้เรียน จุดมุ่งหมายหลักของการใช้เพลงประกอบท่าทางคือการทำให้ผู้เรียนที่นอกจากการได้ร้องเพลงและยังเป็นการนำเนื้อเพลงไปใช้เป็นบทสนทนาอย่างเกิดประสิทธิภาพ ดังนั้น การใช้เพลงประกอบท่าทางจึงเป็นแนวคิดที่ดีในการสอนภาษาอังกฤษในชั้นเรียนและยังเป็นการพัฒนาการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอีกด้วย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงในการพัฒนาทักษะการฟัง รายวิชาภาษาอังกฤษ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.00 คะแนน สูงกว่าก่อนเรียน ที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 10.33 คะแนน ทั้งนี้เพราะการนำเกมและเพลงมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ช่วยให้มีส่วนสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น และได้ศึกษาความสามารถในการฟัง – พูดภาษาอังกฤษ และแรงจูงใจต่อการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยวิธีสอนโดยใช้กิจกรรมเกมและเพลง พบว่าการใช้กิจกรรมเพลงสามารถพัฒนาทักษะต่าง ๆ ทางด้านภาษาได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการฟังและการพูด อีกทั้งยังส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนในด้านภาษาสติปัญญาและอารมณ์ได้เป็นอย่างดี

สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลง เพื่อพัฒนาทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแม่หวาน ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถพัฒนาทักษะด้านการฟัง การพูดและการใช้ไวยากรณ์เบื้องต้นของผู้เรียนอย่างได้ผลเพราะสอดคล้องกับจิตวิทยาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่

อยากเรียนรู้อย่างมีความสุข สนุกสนาน นักเรียนกล้าแสดงออกเพราะมีความรู้สึกไว้วางใจไม่เคร่งเครียดในการเรียน อีกทั้งการนำ เกมและเพลงมาใช้ในการเรียนการสอนทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คำศัพท์ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) ได้อย่างรวดเร็วเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ ดังจะเห็นได้จากช่วงเวลาของการเล่นเกมทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกันเกิดการแข่งขัน นำพาให้มีความร่วมมือกันในห้อง เพื่อช่วยเหลือกัน ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจที่จะได้เรียนรู้ได้เล่นเกม ร้องเพลงได้เต้นและได้เรียนรู้คำศัพท์ใหม่ ๆ ในการ จัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ดังนั้น เพลงและเกมจึงเป็นสื่อการเรียนรู้ประเภทหนึ่งที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้าน การฟังได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. นวัตกรรมที่สร้างขึ้นนี้ ผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการสอนทักษะการฟังเสียงภาษาอังกฤษ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เพื่อใช้แก้ปัญหาให้นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่อไป
2. ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเสนอเกมที่สอดคล้องกับเนื้อหาของบทเรียนและสอบถามความคิดเห็น และคำแนะนำ เพื่อนำมาปรับปรุงพัฒนาการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนรู้สึกถึงการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอีกด้วย
3. ควรนำเครื่องดนตรีเช่นกีตาร์มาเล่นประกอบการทำกิจกรรมเพลงและเกมเพื่อสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้และ หากผู้สอนสามารถแต่งเพลงง่ายๆ ไม่ซับซ้อนและติดหูเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้จะยิ่งทำให้การเรียนการสอนมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น
4. สิ่งที่ควรคำนึงในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เพลงและเกมคือ สถานที่ อุปกรณ์ ต้องมีความพร้อมและในระหว่างทำ กิจกรรมผู้เรียนต้องได้รับการควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดเพราะผู้เรียนอาจส่งเสียงรบกวนห้องที่อยู่ใกล้เคียง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมและเพลงเปรียบผลสัมฤทธิ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ในกลุ่มสาระ การเรียนรู้รายวิชาอื่นๆ ทั้งในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาด้วย
2. ควรมีการฝึกสอนให้ผู้เรียนนำเกมและกิจกรรมเพลงการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ ไปปรับประยุกต์ใช้ในครอบครัวหรือ การใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยให้ผู้เรียนสามารถนำกิจกรรมไปใช้กับเพื่อนหรือตามความเหมาะสมได้
3. ควรมีการสร้างความรู้ความเข้าใจก่อนการเล่นและสรุปผลหลังการเล่นเกมทุกครั้งกับผู้เรียนเสมอ เพราะจะทำให้ ผู้เรียนมีความเข้าใจในการทำกิจกรรมและรู้ถึงความสำคัญในการจัดกิจกรรม เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์และเกสรแห่งประเทศไทย.

กันยารัตน์ เิงงสา. (2553). **การศึกษาความสามารถในการฟัง-พูดภาษาอังกฤษและเจตคติต่อการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านเบิกไพรด้วยวิธีสอนโดยกิจกรรมเพลงและเกม**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.

ฐิติรัตน์ ลดาวัลย์. (2542). **ความหมายของการฟัง**. ค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2563, จาก <https://sites.google.com/a/tunu.ac.th/krunarissara/khwam-hmay-khxng-kar-fang>.

รูปทอง กว่างสวาสดี. (2549). **คู่มือการสอนภาษาอังกฤษ**. มหาสารคาม : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นพพร ณะชัยพันธ์. (2552). **สถิติเพื่อการวิจัย**. เชียงราย : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

นพพร มามาก. (2560). **ดนตรีกับการส่งเสริมพัฒนาการในเด็ก**. ค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2564, จาก <http://164.115.41.60/excellencecenter/?p=195>.

นริศรา คงทอง. (ม.ป.ป.). ความสำคัญของการฟัง. ค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2564, จาก

<https://sites.google.com/a/tunu.ac.th/krunarissara/khwam-sakhay-khxng-kar-fang>.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

ปราณี ชูชม. (2556). การใช้ชุดเกม เพลง ในการจัดการเรียนการสอนภาษาอังกฤษของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 / 2 เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน. โรงเรียนอนุบาล
น้องหญิง. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามุกดาหาร เขต 2.

โรงเรียนบ้านแม่หวาน (2565). รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา

(Self – Assessment Report : SAR) ปีการศึกษา 2565. เชียงใหม่ : โรงเรียนบ้านแม่หวาน

วารุณี ยะปาน. (2556). การศึกษาความสามารถด้านการฟัง-พูดและแรงจูงใจต่อการเรียน

ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านบ่อด้วยวิธีสอนภาษา เพื่อการสื่อสารโดยเพลง
และเกม. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศ บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.

วิชาการโรงเรียนบ้านแม่หวาน. (2565). รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปีการศึกษา

2565-2566. ฝ่ายวิชาการโรงเรียนบ้านแม่หวาน จังหวัดเชียงใหม่

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). สภาวะการศึกษาไทยปี 2559/

2560 แนวทางการปฏิรูปการศึกษาไทยเพื่อก้าวสู่ยุค Thailand 4.0. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพฯ : บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

การใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทย
ของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านแม่ชา อำเภอแม่แจ่ม
จังหวัดเชียงใหม่

ศิริพร คุษุชีพ

¹ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ 169 หมู่ 3 ตำบลหนองแก้ว อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

* Namphungsiripond@gmail.com. 065-4474562

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.สร้างและใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทย ของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านแม่ชา 2.เพื่อศึกษาทักษะการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้การอ่านวิชาภาษาไทย แบบประเมินการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทย

ผลการค้นคว้าอิสระพบว่าแบบฝึกทักษะการอ่านเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทย ของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สามารถพัฒนาทักษะการอ่านวิชาภาษาไทย ของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวนทั้งหมด 11 คน ได้ โดยหลังจากเรียนด้วยแบบฝึกทักษะแล้วนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.6 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 60

คำสำคัญ : แบบฝึกทักษะ,พัฒนา,การอ่าน

The Use Of Skill Package To Improve Reading In Thai Subjects
Of Karen Hill Tribe Students Grade 5, Ban Mae Sa School
Mae Chaem District, Chiang Mai Province

Siripond Khuichuchip

¹ North-Chaing Mai University. 169 Moo 3 Nong Kaew, Hang Dong, Chiang Mai, 50230.

* Namphungsiripond@gmail.com. 065-4474562

Abstract

The purpose of this independent research is to 1. Create and use skill exercises to develop reading in Thai language for Karen hill tribe students Grade 5, Banmaesa School 2. To study the Thai language reading skills of Karen hill tribe students in grade 5. The tools used in this research were skill exercises to develop reading skills. Thai language course for Karen hill tribe students Grade 5, Thai reading learning plan evaluation of the use of skill training to develop reading skills in the Thai language subject.

The results of independent research found that reading skills training exercises were used to develop reading skills in the Thai language subject of Karen hill tribe students. Grade 5. Students can develop reading skills in Thai language. Of students from the Karen hill tribe There were 11 students in Grade 5. After studying with skills training, the students received an average score of 88.6 percent, which is higher than the specified criteria of 60 percent.

Keywords : Skill Package, Develop, Reading

บทนำ

ภาษาเป็นสมบัติของมนุษย์ เป็นเครื่องมือที่มนุษย์ใช้ติดต่อสื่อสารกัน มนุษย์ในทุกสังคมมีภาษาเฉพาะของตน เช่นเดียวกับประเทศไทยที่มีภาษาไทยมาตรฐานเป็นภาษาประจำชาติ ซึ่งมีความสำคัญต่อคนไทยเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งยังมีภาษาในระดับรองลงมาคือภาษาประจำภาค หรืออาจเรียกว่าภาษาถิ่น เช่น ภาษาถิ่นกลาง ภาษาถิ่นเหนือ ภาษาถิ่นใต้ และภาษาถิ่นอีสาน ซึ่งเป็นภาษาย่อยของภาษาไทย เพราะอาจมีลักษณะต่างจากภาษาไทยเนื่องจากปัจจัยทางสังคมของผู้พูด เช่น เพศ อายุ ชนชั้นทางสังคม กลุ่มชาติพันธุ์ และการศึกษา เป็นต้น โดยปัจจัยทางสังคมนี้เองทำให้ประเทศไทยเป็นสังคมหลายภาษา คนไทยส่วนใหญ่พูดได้มากกว่าหนึ่งภาษา ยิ่งชนกลุ่มน้อยหรือชนกลุ่มชาติพันธุ์ด้วยแล้วจะยังสามารถพูดได้หลายภาษา (สุภัทร แก้วพัตร, 2560) การจัดการเรียนการสอนภาษาไทยต้องควรกระทำอย่างทั่วถึงและเท่าเทียม โดยเฉพาะนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์ หรือนักเรียนชนเผ่า ซึ่งมีสิทธิและหน้าที่ตามกฎหมายเช่นเดียวกับพลเมืองไทยส่วนใหญ่ นักเรียนชาติพันธุ์ต้องได้รับการศึกษาภาคบังคับตามพระราชบัญญัติประถมศึกษาเมื่อมีอายุถึงเกณฑ์ เป็นไปตามกฎระเบียบข้อกฎหมาย และนโยบายของรัฐ ด้วยความตระหนักถึงความสำคัญของภาษาไทยกระทรวงศึกษาธิการจึงกำหนดให้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้บรรจุวิชาภาษาไทยให้อยู่ในกลุ่มทักษะที่เป็นเครื่องมือการเรียนรู้และได้กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ภาษาไทยไว้ โดยกล่าวถึงทักษะพื้นฐานที่นักเรียนพึงมี คือ ทักษะในการฟัง พูด อ่าน และเขียน โดยมีความรู้ความเข้าใจหลักเกณฑ์อันเป็นพื้นฐานของการเรียนภาษา และทักษะการอ่านก็เป็นสิ่งจำเป็นที่สุด ประการหนึ่งต่อการดำรงชีวิตในสังคมของมนุษย์ เพราะการเรียนในสาระอื่นๆ ตลอดจนวิชาต่างๆ ทุกระดับต้องอาศัยความสามารถในการอ่านทั้งสิ้น เริ่มตั้งแต่การอ่านออกเสียง อ่านสะกดคำ อ่านเอาเรื่อง จนถึงขั้นอ่านคิดวิเคราะห์ได้อีกทั้งการอ่านนั้นมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้มนุษย์ได้รับความรู้ ความคิด ความบันเทิงใจ และสนองความอยากรู้อยากเห็น

กระทรวงศึกษาธิการได้มีการกำหนดให้ภาษาไทยเป็นวิชาบังคับแก่นักเรียนทุกระดับ เนื่องจากว่าวิชาภาษาไทยเป็นวิชาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในขั้นที่ยังไม่น่าพอใจ ซึ่งจากการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนภาษาไทยในโรงเรียนระดับชั้นประถมศึกษาของกองวิจัยการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทย มีคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ ปัญหาของการใช้ภาษา คือ การอ่าน และการเขียนพยัญชนะ สระ การใช้คำไม่ถูกต้อง (วรรณการ์ ชันดี , 2563, น.149)

โรงเรียนบ้านแม่ซา ตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดเล็กที่ตั้งอยู่ในถิ่นทุรกันดาร บนพื้นที่สูง นักเรียนส่วนใหญ่เป็นนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงที่ประสบปัญหาทางการอ่านภาษาไทย จึงส่งผลให้การอ่านภาษาไทยไม่ชัด และการอ่านภาษาไทยของนักเรียนยังไม่ถูกต้องตามหลักการอ่าน นักเรียนส่วนใหญ่ในโรงเรียนเป็นชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ใช้ภาษากะเหรี่ยงเป็นภาษาหลัก ในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวันและใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่สอง จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่พูดภาษาไทยไม่ชัดจะติดสำเนียงภาษากะเหรี่ยง ทำให้การอ่านออกเสียงคำในภาษาไทยไม่ชัดเจน จึงส่งผลให้นักเรียนเขียนคำไม่ถูกต้องตามไปด้วยเพราะนักเรียนจะเขียนคำจากที่ตนเองอ่าน จึงส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนในวิชาภาษาไทยและยังส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ในวิชาอื่นๆ เพราะการเรียนรู้ต้องใช้ทักษะการอ่านและการเขียน เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ ดังนั้นการเรียนจึงกลายเป็นเรื่องยากสำหรับเด็กนักเรียน ส่งผลให้การเรียนถดถอย และทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการจัดการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้แก่เด็กเรียนที่อ่านไม่ออกเขียนไม่ได้เพื่อการแก้ไขปัญหานี้

การใช้แบบฝึกทักษะเพื่อเป็นนวัตกรรมที่จะพัฒนาทักษะทางภาษาให้ได้ผลดี เพราะแบบฝึกเป็นสื่อการเรียนรู้ที่เป็นส่วนเติมหรือเสริมให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจและมีทักษะ อีกทั้งยังเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทางภาษาดีขึ้นเพราะนักเรียนมีโอกาสสำนึกความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วมาฝึกให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น แบบฝึกทำให้เกิดความแม่นยำคล่องแคล่ว สามารถใช้ภาษาในการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แบบฝึกยังเป็นเครื่องช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการ ทางด้านการอ่านและการเขียน(จิราภรณ์ ศรีวิชัย , 2557, น. 3-4)

ดังนั้นผู้ค้นคว้าอิสระจึงมีความสนใจที่จะทำการค้นคว้าอิสระเรื่องการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านแม่ซา เพื่อใช้เป็นแบบฝึกทักษะในการอ่านวิชาภาษาไทยและพัฒนาเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนที่จะนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาภาษาไทยโดยใช้แบบฝึกทักษะเพื่อให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น สนใจใฝ่รู้ใฝ่เรียนจนเกิดการเรียนรู้อย่างสูงสุดตามจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ (ทิศนา ขัมมณี , 2564) กล่าวถึงทฤษฎีของ ธอร์นโดคท์เกี่ยวกับกฎแห่งการเรียนรู้ว่าหากต้องการให้ผู้เรียนเกิดทักษะในเรื่องใดแล้วต้องให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ อย่างถ่องแท้ และให้ผู้เรียนฝึกฝนอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เมื่อผู้เรียน

เกิดการเรียนรู้แล้ว ควรให้ผู้เรียนฝึกนำการเรียนรู้ไปใช้ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับผลที่น่าพึงพอใจ ดังนั้นการใช้แบบฝึกโดยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ และฝึกซ้ำๆ จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทั้งทางด้านกระบวนการคิด และกระบวนการปฏิบัติ และหล่อหลอมให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จ ซึ่งแบบฝึกทักษะการอ่านวิชาภาษาไทยที่มีความหลากหลายจะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เพิ่มพูนทักษะในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะทางการอ่านของนักเรียน ช่วยแก้ปัญหาการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเต็มศักยภาพและสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ จนเกิดเป็นการเรียนรู้ที่ไม่มีที่สิ้นสุด (ทิตินา แคมมณี ,2564) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นที่ตั้ง โดยคำนึงถึงความเหมาะสมกับผู้เรียนและประโยชน์สูงสุดที่ผู้เรียนควรจะได้รับ และมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัวและได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ อันจะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างและใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทยสำหรับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาทักษะการอ่าน วิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทั้งหมดจำนวน 11 คน โรงเรียนบ้านแม่ชา อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ 1.การใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทย การอ่านสะกดคำแจกลูก และการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทย การอ่านคำพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 2.ทักษะการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยสำหรับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

3.3 แบบประเมินการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยก่อนเรียนและ

หลังเรียน

4. วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

4.1. ศึกษาหลัก สูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สาระที่ 1 การอ่าน

4.2. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.3. วิเคราะห์ข้อมูลจากปัญหาการอ่านของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และรวบรวมคำที่นักเรียนมีปัญหาในการอ่าน

4.4. ศึกษาวิธีการสร้างแบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.5. สร้างแบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยสำหรับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษาปีที่

5 จำนวน 2 ชุด

4.6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินแบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยสำหรับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ได้ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา 0.77

4.7. เสนอแผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินแบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยสำหรับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษาหลักตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง เพื่อพิจารณาความถูกต้องก่อนนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติที่ใช้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทย

1. ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ดัชนีความสอดคล้อง
(พิชญ์สินี ชมภูคำ, 2565, น. 29)

$$IOC = \frac{\sum \square}{\square}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องมือที่สอดคล้องกับจุดประสงค์

$\sum \square$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

5.2 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการอ่านแบบฝึกทักษะการอ่านวิชาภาษาไทย

(บุญชม สีสะอาด, 2560)

$$P = \frac{F \times 100}{n}$$

เมื่อ

P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลค่าให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

ผลการวิจัย

1. แบบฝึกทักษะการอ่าน วิชาภาษาไทยสำหรับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 ชุด มีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาทักษะการอ่านของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5 ได้ดังนี้

1.1 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช่แบบฝึกทักษะการอ่านวิชาภาษาไทย

การอ่านสะกดคำแจกลูก มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเพิ่มขึ้น 26.00

ตาราง 1 คะแนนประเมินการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยก่อนเรียนและหลังเรียน

ชุดที่ 1 การอ่านสะกดคำแจกลูก

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน อ่านสะกดคำแจกลูก		หลังเรียน อ่านสะกดคำแจกลูก		เกณฑ์คุณภาพ
	(คะแนนเต็ม 100คะแนน)	ร้อยละ	(คะแนนเต็ม 100คะแนน)	ร้อยละ	
1	49	49	81	81	ดีมาก

2	58	58	79	79	ดี
3	48	48	81	81	ดีมาก
4	59	59	83	83	ดีมาก
5	52	52	84	84	ดีมาก
6	55	55	80	80	ดีมาก
7	47	47	77	77	ดี
8	60	60	80	80	ดีมาก
9	68	68	85	85	ดีมาก
10	44	44	73	73	ดี
11	55	55	78	78	ดี
ค่าเฉลี่ย	54.09		80.09		ดีมาก

จากตาราง 1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทักษะการอ่านด้านภาษาไทยโดยใช้แบบฝึกการอ่านสระ สะกดคำแจกลูก โดยภาพรวมก่อนใช้แบบฝึกมีทักษะการอ่านเฉลี่ยร้อยละ 54.09 และหลังใช้แบบฝึกการอ่านสะกดคำแจกลูกมีทักษะการอ่านเฉลี่ยร้อยละ 80.09 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 26

1.2 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะการอ่านวิชาภาษาไทย การอ่านคำพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเพิ่มขึ้น 30.19 ตาราง 2 คะแนนประเมินการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยก่อนเรียนและหลังเรียน ชุดที่ 2 การอ่านคำพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน ทดสอบอ่านคำพื้นฐาน		หลังเรียน ทดสอบอ่านคำพื้นฐาน		เกณฑ์คุณภาพ
	อ่านคำ พื้นฐาน (คะแนนเต็ม 100คะแนน)	ร้อยละ	อ่านคำ พื้นฐาน (คะแนนเต็ม 100คะแนน)	ร้อยละ	
1	52	52	81	81	ดีมาก
2	50	50	83	83	ดีมาก
3	47	47	85	85	ดีมาก
4	55	55	90	90	ดีมาก
5	56	56	84	84	ดีมาก
6	50	50	79	79	ดี
7	48	48	81	81	ดีมาก
8	55	55	82	82	ดีมาก
9	51	51	90	90	ดีมาก
10	52	52	75	75	ดี
11	55	55	73	73	ดี
ค่าเฉลี่ย	51.90		82.09		ดีมาก

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทักษะด้านการอ่านภาษาไทยโดยใช้แบบฝึกทักษะพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยค่าพื้นฐานโดยภาพรวมก่อนใช้แบบฝึกมีทักษะการอ่านเฉลี่ยร้อยละ 51.90 และหลังใช้แบบฝึกพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยการอ่านค่าพื้นฐานมีทักษะพัฒนาการอ่านเฉลี่ยร้อยละ 82.09 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 30.19

2. นักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการอ่านวิชาภาษาไทยสูงขึ้นหลังจากใช้แบบฝึกทักษะการอ่านทั้ง 2 ชุด ชุดที่ 1 การอ่านสะกดคำแจกลูก มีทักษะพัฒนาเฉลี่ยร้อยละ 80.09 และชุดที่ 2 การอ่านค่าพื้นฐาน มีทักษะพัฒนาร้อยละ 82.09 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ตาราง 3 คะแนนประเมินการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยหลังเรียนและหลังเรียน ชุดที่ 1 การอ่านสะกดคำแจกลูก และชุดที่ 2 การอ่านค่าพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

นักเรียน คนที่	หลังเรียน อ่านสะกดคำแจกลูก		หลังเรียน ทดสอบอ่านค่าพื้นฐาน		เกณฑ์คุณภาพ
	อ่านค่า พื้นฐาน (คะแนนเต็ม 100คะแนน)	ร้อยละ	อ่านค่า พื้นฐาน (คะแนนเต็ม 100คะแนน)	ร้อยละ	
1	81	81	81	81	ดีมาก
2	79	79	83	83	ดีมาก
3	81	81	85	85	ดีมาก
4	83	83	90	90	ดีมาก
5	84	84	84	84	ดีมาก
6	80	80	79	79	ดี
7	77	77	81	81	ดีมาก
8	80	80	82	82	ดีมาก
9	85	85	90	90	ดีมาก
10	73	73	75	75	ดี
11	78	78	73	73	ดี
ค่าเฉลี่ย	80.09		82.09		ดีมาก

จากตาราง 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทักษะด้านการอ่านภาษาไทยหลังจากใช้แบบฝึกทักษะพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยค่าพื้นฐานสูงขึ้น โดยภาพรวมหลังใช้แบบฝึกการอ่านสะกดคำแจกลูกมีทักษะพัฒนาการอ่านเฉลี่ยร้อยละ 80.09 และหลังใช้แบบฝึกพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยการอ่านค่าพื้นฐานมีทักษะพัฒนาการอ่านเฉลี่ยร้อยละ 82.09

อภิปรายผล

จากการค้นคว้าอิสระการใช้แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่ามีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาทักษะการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.09 และ 82.09 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือร้อยละ 60 ทั้งนี้เป็นผล
เนื่องมาจาก

แบบฝึกทักษะการอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้ค้นคว้าอิสระได้
สร้างขึ้นอย่างเป็นระบบตามลำดับขั้นตอนจากการสำรวจปัญหา การอ่านวิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยงชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นจึงได้รวบรวมคำที่นักเรียนมีปัญหาในการอ่านแจกลูกสะกดคำสระทั้ง 10 ตัว และการอ่านคำ
พื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยเลือกคำจากบัญชีคำพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นจึงได้รวบรวมคำที่นักเรียนมีปัญหา
ในการอ่านแจกลูกสะกดคำ และคำศัพท์ในบัญชีคำพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 20 ชุด นำมาทดสอบอ่านกับนักเรียน
โดยคัดเลือกคำที่นักเรียนอ่านผิดมากที่สุด นำมาใส่ในแบบฝึกทักษะซึ่งสอดคล้องกับ (สุวัฒน์ ต๊ะสุ และน้ำทิพย์ งามอาภาภิษฐ์,
2566) กล่าวว่าการใช้แบบฝึกทักษะการอ่านออกเสียง เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาไทย สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 แผน ได้แก่ แผนที่ 1 การอ่านออกเสียงร้อยแก้ว แผนที่ 2 การอ่านออกเสียง
ร้อยกรอง ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ สารสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการ
เรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และกระบวนการวัดประเมินผลที่ดี น่าสนใจ นอกจากนี้ยังมีกลวิธีการสอนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ
SQ4R ร่วมกับการใช้แบบฝึกทักษะการอ่านออกเสียง เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาไทย ซึ่งสามารถพัฒนา
ความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับ (วิลาสินี ตีอุ้น , 2558) ที่ศึกษาการใช้ชุดการ
สอนเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียนคำไทยของนักเรียนปกากะญอชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 พบว่าหลังจากที่นักเรียน
เรียนด้วยชุดการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียนคำไทยแล้ว นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละจากการทดสอบก่อน
เรียนและหลังเรียนต่างกันที่ร้อยละ 47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 25 ทุกคน นอกจากนั้นได้ศึกษาแนวคิด หลักการ และทฤษฎี
รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบฝึกทักษะและได้ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระ
การเรียนรู้ภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สารที่ 1 การอ่าน เพื่อที่จะนำคำดังกล่าวมาจัดทำเป็นแบบฝึกทักษะการอ่านวิชา
ภาษาไทย โดยผู้ค้นคว้าอิสระได้ใช้แบบฝึกควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้การอ่านวิชาภาษาไทยเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านเพื่อ
เพิ่มสัมฤทธิ์ผลด้านการอ่านของผู้เรียนสอดคล้องกับนอกจากนั้นแบบฝึกทักษะการอ่านวิชาภาษาไทยที่สร้างขึ้น มีองค์ประกอบ
ที่สำคัญที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ (มุทิทา อังครุระษี , 2559) กล่าวว่า แบบฝึกเสริม
ทักษะควรมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังต่อไปนี้ ปกนอก ปกใน คำนำ สารบัญ คำชี้แจงการใช้แบบฝึกเสริมทักษะ จุดประสงค์ ไบ
ความรู้ กิจกรรมการสอน แบบสังเกตพฤติกรรม เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและ หลังเรียน(วัฒนรัตน์ สุนทรโรจน์ , 2551)อ้าง
ในจรรยาพร บุคตีสอวน,2564) กล่าวถึงความสำคัญของแบบฝึกเสริมทักษะเป็นวิธีการสอนที่สนุกอีกวิธีหนึ่ง คือการให้นักเรียนได้
ทำแบบฝึกหัดมาก ๆ สิ่งที่จะช่วยให้พัฒนาการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาได้ดีขึ้น คือแบบฝึก เพราะนักเรียนมีโอกาสนำความรู้ที่เรียน
มาแล้วมาฝึกให้เกิดความเข้าใจกว้างขวางยิ่งขึ้น (เตือนจิต นาราช 2553, น.50 อ้างในจรรยาพร บุคตีสอวน , 2564) กล่าวว่าแบบ
ฝึกเสริมทักษะเป็นเทคนิคการสอนอีกวิธีหนึ่ง คือการให้นักเรียนได้ทำแบบฝึกมาก ๆ สิ่งที่จะช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทางการ
เรียนรู้ในเนื้อหาวิชาได้ดีขึ้น เพราะได้มีโอกาสนำความรู้ที่เรียนมาฝึกให้เกิดความเข้าใจกว้างขวางยิ่งขึ้น (วารุณี ศิริมาศ,2556,
น.3อ้างในจรรยาพร บุคตีสอวน,2564) กล่าวว่าแบบฝึกเสริมทักษะมีความจำเป็นต่อกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นสื่อและอุปกรณ์
อย่างหนึ่งในการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งครูสามารถนำไปประกอบการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแบบฝึก
จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้พัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ

ดังนั้นจึงกล่าวสรุปได้ว่า แบบฝึกทักษะเพื่อพัฒนาการอ่าน วิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 5 ช่วยพัฒนาทักษะการอ่าน วิชาภาษาไทยของนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ให้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1.ควรศึกษาพัฒนาการด้านการรับรู้ของนักเรียน
- 2.ควรศึกษาการพัฒนาทักษะการเขียนของนักเรียนไปพร้อมๆ กับการอ่าน
- 3.ควรศึกษาเรื่องสื่อประกอบการสอนซ่อมเสริมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมี ประสิทธิภาพ
- 4.ควรจัดหาแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อการเรียนการสอนอย่างมีคุณภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ ชันตี. (2563). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบกลุ่มร่วมมือ เทคนิค STAD ร่วมกับนิทานสำหรับเด็ก เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียนกลุ่ม สาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่3. วารสารวิชาการ: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- จิราพร บุตติ. (2564). การพัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะเรื่อง มาตราตัวสะกด กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนประโยคของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านหนองบัวงาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบึงกาฬ. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- จิราภรณ์ ศรีวิชัย. (2557). การใช้แบบฝึกเสริมทักษะการอ่านคำที่มีตัวสะกดตรงตามมาตราสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาในระดับเรียนได้โรงเรียนกาวีละอุนกุล จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทีศนา แคมมณี. (2564). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 25). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่. พิมพ์ครั้งที่10. กรุงเทพฯ: บริษัทสุวีรียาสาน จำกัด.
- พิชญ์สินี ชมภูคำ. (2565). การหาคุณภาพการเก็บรวบรวมข้อมูล. คณะศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยพาร์อีสเทอร์น.
- มูทิตา อังคระซี. (2559). การพัฒนาแบบฝึกทักษะเรื่องสี่และการระบายสี กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคลองสาโรง. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน โครงการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.
- วิลาสินี ดีอ่อน. (2558). การใช้ชุดการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียนคำไทยของนักเรียนปกาเกอะญอ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 .เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุวัฒน์ ต๊ะสุ และน้ำทิพย์ องอาจวานิชย์.(2566).การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ SQ4R ร่วมกับการ ใช้แบบฝึกทักษะการอ่านออกเสียง เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาไทย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุภัทร แก้วพัตร. (2560). ภาษากับสังคม. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

CRCi 2024 & INNOVATION EXPO

The 10th Conference on Research and Creative Innovations and Innovation Expo

**“...สู่วิจัยรับใช้สังคม
ด้วยนวัตกรรม
พลังสร้างสรรค์
และเทคโนโลยีที่เหมาะสม
เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ
อย่างยั่งยืน”**