บทที่ 4
การผลิตเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสด

บทนำ

ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพในกลุ่มอาหารไขมันต่ำ น้ำตาลน้อย เส้นใยอาหารสูง รวมถึงอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังชนิดไม่ติดต่อ เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและมีการผลิตอย่างแพร่หลายในรูปแบบการใช้สารสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อให้คุณลักษณะที่ผู้บริโภคพึงพอใจและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ไลโคปินเป็นสารสีแดงที่พบในผิวเปลือกและเนื้อมะเขือเทศโดยพบปริมาณ 2.33–16.90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Frusciante *et al*., 2007) และนิยมนำมาใช้ในการผลิตอาหารชนิดต่างๆ เนื่องจากสารสีไลโคปินมีประสิทธิภาพในการยับยั้งออกซิเจนพลังงานสูง (singlet state, O_2*) ได้มากที่สุดในบรรดาสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ด้วยกัน และยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งได้ดีกว่าแอลฟา-แคโรทีน และคาดว่าไลโคปินสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดโรคหัวใจและโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก และยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันบนเมมเบรนดีเอนเอ (DNA) รวมทั้งไลโพโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (LDL) และโมเลกุลอื่นๆ ที่ถูกทำลายได้ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยไลโคปินจะจับอนุมูลอิสระและไปสะเทินความไวในการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระเหล่านั้น (Giovannucci, 1999) และยังช่วยในระบบของการปรับฮอร์โมน ระบบภูมิต้านทาน และระบบการเผาผลาญพลังงานอื่นๆ อีกด้วย (Rao and Agarwal, 1999)

จากผลการศึกษาวิธีการสกัดไลโคปินจากเนื้อมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองในบทที่ 3 เพื่อผลิตเป็นไลโคปินสด พบว่า มะเขือเทศพื้นเมืองพันธุ์อีเป่อมีศักยภาพในการแยกสกัดไลโคปินได้สูงสุด คือ 342.92 มิลลิกรัมต่อไลโคปินสด 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ดังนั้นในการศึกษาในบทที่ 4 นี้จึงศึกษาการใช้ประโยชน์จากไลโคปินสดที่ได้ในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้ง เนื่องจากในปัจจุบันเส้นบะหมี่แห้งได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลายทั้งในทวีปเอเชีย อเมริกา ยุโรป และแอฟริกา เนื่องจากมีความสะดวกในการเตรียม ราคาไม่แพง สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายประเภทและเก็บได้นาน (Dewi, 2011) และเนื่องจากบะหมี่แห้งทำมาจากแป้งสาลี น้ำ และเกลือหรือเกลืออัลคาไลน์เป็นส่วนประกอบหลัก (Hou and Kruk, 1998) ดังนั้นสารอาหารที่ได้ส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรต ดังนั้นการเสริมไลโคปินสดที่สกัดจากมะเขือเทศซึ่งอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและเส้นใยอาหารจึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางด้านอาหารให้กับผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้ง

กระบวนการผลิตเส้นบะหมี่แห้ง โดยทั่วไปประกอบด้วย การนวดผสมแป้ง ขึ้นรูปโด การรีดแผ่นโด การตัดเส้น และการทำแห้ง ซึ่งกระบวนการทำแห้งเส้นบะหมี่นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของบะหมี่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความชื้นของเส้นบะหมี่สดอย่างช้าๆ และควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อป้องกันการแตกหักของเส้นโดยมีการทำแห้ง 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำให้เส้นบะหมี่สดแห้งที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 15-25 องศาเซลเซียส เพื่อให้ความชื้นในเส้นบะหมี่ลดลงจากร้อยละ 32-38 เหลือน้อยกว่าร้อยละ 28 ขั้นตอนที่ 2 ทำแห้งต่อที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75-85 เพื่อทำให้ความชื้นจากแกนกลางของเส้นบะหมี่สู่ผิวหน้าภายนอก และขั้นตอนที่ 3 เพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งให้สูงขึ้นที่ 40-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 55-60 เพื่อทำให้เส้นบะหมี่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 14 (Fu, 2008) คุณภาพของเส้นบะหมี่แห้งหลังทำให้สุกควรจะมีลักษณะแน่นเนื้อ และไม่สูญเสียของแข็งระหว่างต้มสุก

จากกระบวนการผลิตเส้นบะหมี่แห้งทุกขั้นตอนนั้น ปัจจัยสำคัญที่ให้เส้นบะหมี่แห้งคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือ วัตถุดิบที่ใช้ โดยเฉพาะแป้งสาลีและส่วนผสมที่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของโด เช่น อิมัลซิไฟเออร์ สตาร์ช และไฮโดรคอลลอยด์ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเส้นบะหมี่แห้งที่พัฒนาขึ้นโดยจิรภา และคณะ (2555) สำหรับเป็นสูตรพื้นฐานในการผลิตบะหมี่แห้งเสริมสารสีธรรมชาติจากผักผลไม้ โดยมีส่วนของแป้งสาลีและสตาร์ชข้าวสาลี ร้อยละ 80 และ 20 ตามลำดับ รวมเป็นร้อยละ 100 ของแป้งทั้งหมด และส่วนประกอบอื่นๆ คือ น้ำ ไข่ แป้งข้าวโพด น้ำมันพืช เกลือ กัวกัม โซเดียมไบคาร์บอเนต ร้อยละ 30 25 5 5 2 0.8 และ 0.2 ของน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ

ดังนั้นงานวิทยานิพนธ์ในบทนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่สกัดจากมะเขือเทศพื้นเมืองที่มีต่อสมบัติทางเคมี กายภาพ เค้าโครงลักษณะเนื้อ คุณภาพการรับประทานการยอมรับทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้ง

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

4.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. แป้งสาลีเอนกประสงค์
2. ไข่
3. เกลือ
4. ผงฟู
5. น้ำ
6. กัวกัม
7. น้ำมันพืช
8. แป้งข้าวโพด

4.2 ศึกษาอิทธิพลของระดับการใช้ไลโคปินที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่แห้ง

4.2.1 ส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิต

นำไลโคปินสดที่คัดเลือกได้จากผลการศึกษาจากบทที่ 3 มาพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ โดยดัดแปลงตามสูตรและวิธีการทำในจิรภาและคณะ (2555) เป็นสูตรเริ่มต้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ โดยแปรผันปริมาณไลโคปินสดเป็นร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 โดยน้ำหนักแป้ง ดังแสดงในตารางและภาพที่ 4.1

4.2.2 การตรวจสอบสมบัติของเส้นบะหมี่แห้ง

นำเส้นบะหมี่แห้งทั้ง 5 สิ่งทดลอง มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

1. สมบัติทางเคมี ได้แก่
   1.1 ปริมาณความชื้น
   1.2 ปริมาณไลโคปิน
2. สมบัติทางกายภาพ ได้แก่
   2.1 ลักษณะเนื้อและค้าโครงลักษณะเนื้อโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อ ได้แก่

- เส้นบะหมี่แห้ง โดยการทดสอบโดยวัดค่าความแข็ง (hardness) และความเปราะ (factorability) (ดัดแปลงจาก Mariotti *et al*., 2011) โดยตัดเส้นบะหมี่ให้มีความยาวขนาด 100 มิลลิเมตร และใช้หัววัด HDP/3PB โดยตั้งค่าให้ฐานมีความกว้าง 40 มิลลิเมตร และให้หัววัดมีความเร็วในการเคลื่อนที่ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

สถาบันวิจัยพัฒนาอุตสาหกรรม

- เส้นบะหมี่หลังลวก เตรียมตัวอย่างโดยต้มเส้นบะหมี่แห้งนาน 7 นาที แล้วล้างน้ำเย็น ทิ้งไวสะเด็ดน้ำนาน 15 นาที จากนั้นนำไปวัดเค้าโครงลักษณะเนื้อ (Texture Profile Analysis; TPA) (ดัดแปลงจาก Chen *et al*., 2011 และกมลรัตน์, 2549) โดยวางเส้นบะหมี่จำนวน 6 เส้น บนแผ่นฐานเหล็ก และใช้หัววัด HDP/BS ตั้งค่าให้หัววัดกดลงบนเส้นบะหมี่ระยะ 75% ของความสูงเส้นบะหมี่ และการวัดแรงดึง (แรงดึงสูงสุดที่ทำให้เส้นบะหมี่ขาดออกจากกัน; Tension Test) (ดัดแปลงจากกมลรัตน์, 2549) โดยใช้หัววัด A/SPR ตั้งค่า Pre-Test Speed 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที Test-speed 3.0 มิลลิเมตรต่อนาที Post-test speed 10 มิลลิเมตรต่อนาที และ Distance 100 มิลลิเมตร

2.2 ความหนาของเส้นบะหมี่ ก่อนต้มและหลังต้มด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Calliper) และคำนวณอัตราการขยายตัวด้านความหนาและความกว้าง (ภาคผนวก ค)

2.3 ค่าสี

2.4 คุณภาพหลังการต้ม (ภาคผนวก ค) คือ

- เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking time)
- ปริมาณร้อยละการสูญเสียระหว่างการต้ม (Solid loss)
- ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้ม (Weight increased coefficient)

3. ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ 9–points hedonic score ระดับคะแนน 1-9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบความชอบ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม

4. วิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยนำข้อมูลผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ส่วนผลข้อมูลทางด้านประสาทสัมผัส นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกเส้นบะหมี่ที่มีสมบัติทางเคมี กายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสไปศึกษาขั้นต่อไป

4.2.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

นำเส้นบะหมี่ที่ได้รับคัดเลือกจากการผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีคุณภาพดีและมีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด มาศึกษาการยอมรับ

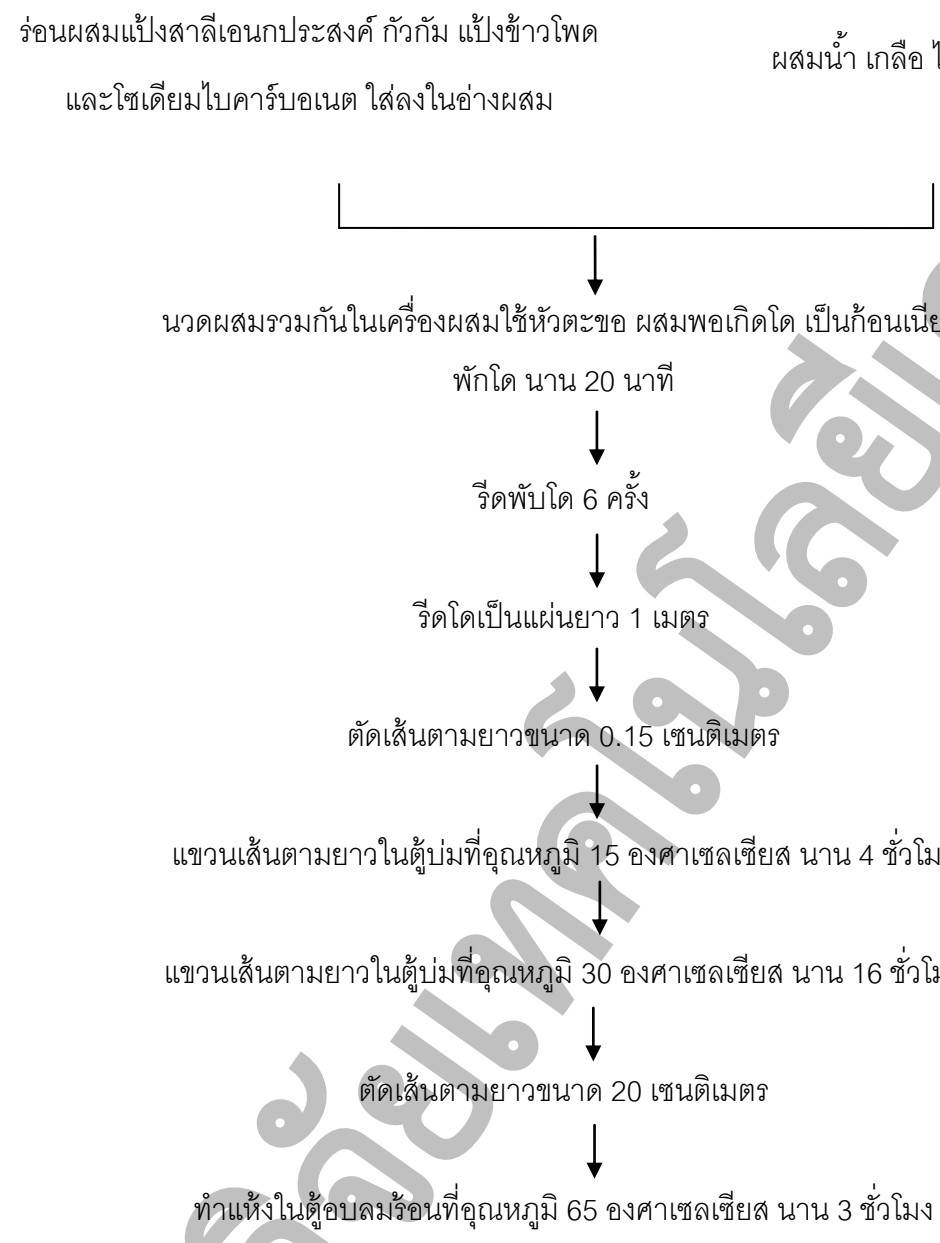
ของผู้บริโภคในจังหวัดลำปางจำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถามผู้บริโภค ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง หลังจากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้ประเมินผลเป็นค่าร้อยละและความถี่ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.1 สิ่งทดลองและส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเส้นบะหมี่แห้ง

ส่วนผสม	ปริมาณไลโคปินสด/ร้อยละของสูตร				
	0	5	10	15	20
แป้งสาลีเอนกประสงค์	80	80	80	80	80
สตาร์ชข้าวสาลี	20	20	20	20	20
ไลโคปินสด	0	5	10	15	20
เกลือ	2	2	2	2	2
ไข่	25	25	25	25	25
น้ำ	30	27	24	21	18
กัวกัม	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
น้ำมันพืช	5	5	5	5	5
แป้งข้าวโพด	5	5	5	5	5
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

ที่มา: ดัดแปลงจาก จิรภา และคณะ (2555)

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร



ภาพที่ 4.1 กรรมวิธีการทำเส้นบะหมี่แห้ง

ที่มา: ดัดแปลงจาก จิรภา และคณะ (2555)

4.2.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปิน

1. การทำนายอายุการเก็บรักษา

ทำการทำนายอายุการเก็บรักษาโดยการคำนวณการส่งผ่านความชื้นตามรายงานของ Dincer and Esin (1996) และ Lagoudaki *et al*. (1993) ตามขั้นตอน ดังนี้

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร

1.1 ทำการหาค่าไอโซเทอร์มของความชื้น (Sorption Isotherm) ของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปิน โดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวคือ LiCl, $MgCl_2 \cdot 6H_20$, K_2CO_3, $Mg(NO_3)2 \cdot 6H_20$, NaCl และ KNO_3 ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ในช่วง 0.113–0.936 เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยนำตัวอย่างที่เก็บมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 3 วัน จนน้ำหนักคงที่

1.2 ทำนายอายุการเก็บโดยการคำนวณการส่งผ่านความชื้นโดยการนำข้อมูลที่ได้เข้าสมการทำนายอายุการเก็บ (รุ่งนภา, 2552) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\theta_s = \frac{\ln\left[\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}\right]}{\frac{P}{x}\frac{A}{w_s}\frac{P_o}{b}}$$

เมื่อ m_e = ความชื้นสมดุล

m_i = ความชื้นเริ่มต้นของอาหาร

m_c = ความชื้นวิกฤต

p_o = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิที่เก็บรักษา

θ_s = อายุการเก็บรักษา

P/x = สัมประสิทธิ์การแพร่ผ่าน

A = พื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์

w_s = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

b = ความชันที่ได้จากสมการเส้นตรงของ Moisture sorption isotherm ($m = (b^*a_w) + c$

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินระหว่างการเก็บรักษา

นำบะหมี่ที่คัดเลือกได้จากข้อที่ 4.2.1 มาบรรจุถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นพิมพ์ลาย (Oriented polypropylene; OPP + Linear Low Density Polyethylene; LL, ใน Lot 5 จากบริษัท Trading Co., Ltd. ประเทศไทย) ทำการปิดผนึกและเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) โดยเก็บไว้ในที่มืดและที่สว่างเปรียบเทียบกัน ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลง เป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีทุกสัปดาห์ และวิเคราะห์ค่าทางสถิติตามรายละเอียดข้อ 4.2.1

สถาบันเทคโนโลยีการเกษตร

ผลการทดลอง

4.1 ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่หลังต้มสุก

4.1.1 สมบัติทางเคมีของเส้นบะหมี่

ผลการใช้ไลโคปินสดเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งที่ระดับร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ที่มีต่อสมบัติทางเคมีของเส้นบะหมี่แห้ง แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า เส้นบะหมี่แห้งทั้ง 5 สิ่งทดลองมีความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) พบในช่วงร้อยละ 6.62-7.60 แต่พบว่าปริมาณไลโคปินมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) พบในช่วง 0-2.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบว่า ปริมาณไลโคปินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของไลโคปินสดที่เสริมในเส้นบะหมี่แห้ง

ตารางที่ 4.2 ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่มีต่อปริมาณความชื้นและปริมาณไลโคปินของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20

ไลโคปินสด (%)	ความชื้น (%)	ปริมาณไลโคปิน (mg/100g db.)
0	6.62±0.79^{ns}	0.00+0.00^{c}
5	7.08±0.79	0.95+0.05^{b}
10	7.34±0.74	1.08+0.10^{b}
15	7.21±0.83	2.08+0.10^{a}
20	7.60±0.28	2.36+0.17^{a}

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.2 สมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่

1. ด้านขนาดความกว้าง ความหนาและอัตราการขยายตัวของเส้นบะหมี่ ผลการใช้ ไลโคปินสดเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่หลังต้มสุกในด้านขนาดของเส้นบะหมี่ แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า บะหมี่แห้งมีความหนาของเส้นบะหมี่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ในช่วง 0.96-1.04 มิลลิเมตร ส่วนความกว้างของเส้นบะหมี่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) พบในช่วง 1.62-2.44 มิลลิเมตร

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เส้นบะหมี่แห้งหลังต้มสุก พบว่า มีความหนาและความกว้างแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ในช่วง 1.47-1.58 และ 2.52-2.98 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 มีอัตราการขยายตัวด้านความหนาสูงสุด เท่ากับ 1.80 รองลงมา คือร้อยละ 5 10 20 และ 0 เท่ากับ 1.70 1.65 1.58 และ 1.51 ตามลำดับ อัตราการขยายตัวด้านความกว้างมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับปริมาตรที่เพิ่มขึ้นด้านความหนา คือเส้นบะหมี่ที่เสริม ไลโคปินสดร้อยละ 15 และ 5 มีปริมาตรเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 1.56 รองลงมาคือร้อยละ 10 0 และ 20 ตามลำดับ เท่ากับ 1.54 1.49 และ 1.38 ตามลำดับ โดยพบว่าเส้นบะหมี่ที่มีการเสริมไลโคปินสดที่ ร้อยละ 5-15 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาตรด้านความกว้างและความยาวสูงกว่าร้อยละ 0 และลดลงที่ระดับร้อยละ 20

ตารางที่ 4.3 ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่มีต่อสมบัติทางกายภาพในด้านขนาดของเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่หลังต้มสุกที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20

ไลโคปินสด (%)	ความหนา (เส้นแห้ง) (มม.)	ความหนา (หลังต้มสุก) (มม.)	อัตราการขยายตัวด้านความหนา	ความกว้าง (เส้นแห้ง) (มม.)	ความกว้าง (หลังต้มสุก) (มม.)	อัตราการขยายตัวด้านความกว้าง
0	1.04±0.09^{a}	1.56±0.13^{b}	1.51±0.20^{b}	2.44±1.92^{ns}	2.73±0.10^{b}	1.49±0.11^{a}
5	0.96±0.03^{b}	1.47±0.13^{b}	1.70±0.32^{ab}	1.62±0.09	2.52±0.20^{c}	1.56±0.14^{a}
10	0.96±0.08^{b}	1.58±0.17^{b}	1.65±0.16^{ab}	1.78±0.09	2.73±0.20^{b}	1.54±0.12^{a}
15	1.00±0.06^{ab}	1.80±0.21^{a}	1.80±0.21^{a}	1.92±0.10	2.98±0.09^{a}	1.56±0.10^{a}
20	0.96±0.08^{b}	1.52±0.07^{b}	1.58±0.14^{b}	1.91±0.05	2.63±0.17^{bc}	1.38±0.09^{b}

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

2. ลักษณะเนื้อ ผลการใช้ไลโคปินสดเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่แห้งในด้านลักษณะเนื้อที่ตรวจสอบด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อ (texture analyzer) โดยทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) เป็นค่าที่สามารถบอกได้ถึงความสามารถต้านทานต่อแรงกดและความเปราะ (factorability) ซึ่งหมายถึงวัสดุนั้นจะสามารถทนต่อแรงที่กระทำจากภายนอกจนเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ พบว่า เส้นบะหมี่ที่ผลิตมีค่าความแข็งที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 มี

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความแข็งของเส้นบะหมี่มากที่สุด คือใช้แรงกดลงไปบนเส้นบะหมี่จนกระทั่งแตก เท่ากับ 0.40 นิวตัน รองลงมา คือที่ระดับร้อยละ 5 10 0 และ 20 เท่ากับ 0.35 0.35 0.34 และ 0.34 นิวตัน มีค่าสอดคล้องกับความเปราะของเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 ที่ทนต่อแรงกดได้สูงที่สุด โดยมีระยะทางครอบคลุมตั้งแต่หัววัดถูกเส้นบะหมี่แห้งจนกระทั้งเส้นบะหมี่แห้งแตกหัก เท่ากับ 1.96 มิลลิเมตร รองลงมา คือที่ระดับร้อยละ 10 0 5 และ 20 เท่ากับ 1.65 1.41 1.26 และ 1.24 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นบะหมี่แห้งที่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 มีความแข็งและความเปราะที่ทนต่อแรงกระแทกได้สูงสุด จึงมีความเหมาะสมด้านการขนส่งมากกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ

ตารางที่ 4.4 ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่มีต่อลักษณะเนื้อ (texture) ด้านความแข็งและความเปราะของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20

ไลโคปินสด (%)	ความแข็ง (N)	ความเปราะ (mm.)
0	0.34 ± 0.06^{b}	1.41 ± 0.18^{bc}
5	0.35 ± 0.06^{b}	1.26 ± 0.50^{b}
10	0.35 ± 0.03^{b}	1.65 ± 0.16^{b}
15	0.40 ± 0.05^{a}	1.96 ± 0.34^{a}
20	0.34 ± 0.05^{b}	1.24 ± 0.33^{b}

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

3. ค่าสี ผลของการใช้ไลโคปินสดเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่หลังต้มสุกในด้านค่าสี แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า เส้นบะหมี่แห้งมีค่าความสว่างของสี (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ในช่วง 73.62-85.51 0.18-12.14 และ 19.58-39.90 ตามลำดับ ส่วนค่าสีของเส้นบะหมี่หลังต้มสุก พบว่า ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณไลโคปินสด ที่สอดคล้องกับค่าสีในเส้นบะหมี่แห้งโดยพบในช่วง 61.92-76.59 -1.60-13.56 และ 16.76-51.73 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่มีต่อค่าสีของเส้นบะหมี่แห้งและหลังต้มสุกที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20

ไลโคปินสด (%)	ค่าสีเส้นบะหมี่แห้ง			ค่าสีเส้นบะหมี่หลังการต้มสุก		
	*L**	*a**	*b**	*L**	*a**	*b**
0	85.51±0.01[a]	0.18±0.04[e]	19.58±0.11[e]	76.59±0.04[a]	-1.60±0.04[e]	16.76±0.13[e]
5	80.82±0.01[b]	7.44±0.04[d]	31.20±0.21[d]	69.55±0.03[b]	7.32±0.04[d]	35.26±0.18[d]
10	77.38±0.01[c]	9.94±0.05[c]	36.24±0.13[c]	66.81±0.01[c]	10.20±0.04[c]	42.98±0.23[c]
15	75.25±0.06[d]	10.38±0.06[b]	37.92±0.25[b]	66.03±0.10[d]	11.52±0.07[b]	47.10±0.35[b]
20	73.62±0.01[e]	12.14±0.06[a]	39.90±0.20[a]	61.92±0.01[e]	13.56±0.07[a]	51.73±0.55[a]

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

4. คุณภาพหลังการต้ม ผลการเสริมไลโคปินสดในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่มีต่อคุณภาพหลังต้มสุกในด้านระยะเวลาการต้มสุก ปริมาณร้อยละการสูญเสียระหว่างการต้ม ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้ม และแรงดึงขาด แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่า เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบในช่วง 7.14-7.38 นาที ส่วนปริมาณร้อยละการสูญเสียระหว่างการต้ม ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้ม และการวัดแรงดึงขาด พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณร้อยละการสูญเสียระหว่างการต้มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณไลโคปินสด พบว่า เส้นบะหมี่สูตรควบคุม (ไลโคปินสดร้อยละ 0) มีปริมาณร้อยละการสูญเสียระหว่างการต้มน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 9.14 รองลงมาคือ การเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 5 15 10 และ 20 การสูญเสียระหว่างการต้มเท่ากับร้อยละ 9.26 10.24 10.26 และ 10.28 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามในคุณภาพด้านค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้ม และแรงดึงขาดของเส้นบะหมี่ต้มสุก มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณไลโคปินสด โดยพบในช่วง 3.19-3.92 และ 0.108-0.205 นิวตัน (ตารางที่ 4.6)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่และแรงดึงขาด ที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20

ไลโคปินสด (%)	เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (นาที)	ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (%)	ค่าสัมประสิทธิการเพิ่มขึ้นหลังการต้ม	แรงดึงขาด (N)
0	7.14+0.19^{ns}	9.14±0.02^{a}	3.92±0.02^{a}	0.205±0.01^{a}
5	7.16+0.16	9.26±0.06^{b}	3.76±0.04^{b}	0.120±0.01^{b}
10	7.23+0.11	10.26±0.03^{c}	3.48±0.04^{c}	0.118±0.00^{bc}
15	7.38+0.04	10.24±0.01^{c}	3.56±0.02^{c}	0.111±0.02^{bc}
20	7.38+0.04	10.28±0.02^{c}	3.19±0.08^{d}	0.108±0.01^{c}

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

5. เค้าโครงลักษณะเนื้อของเส้นบะหมี่หลังต้ม ผลการใช้ไลโคปินสดเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งที่มีต่อสมบัติทางด้านเค้าโครงลักษณะเนื้อ (TPA) ของเส้นบะหมี่หลังต้ม โดยใช้เครื่องวัดเค้าโครงลักษณะเนื้อ พบว่า ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ความยืดหยุ่น (gumminess) และค่าการทนทานต่อการเคี้ยว (chewiness) ของเส้นบะหมี่หลังจากต้มนาน 7 นาที แล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำเป็นระยะเวลานาน 15 นาที มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่า ค่าความแน่นเนื้อของเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณไลโคปินสด ที่ระดับร้อยละ 5 มีความแน่นเนื้อมากที่สุด รองลงมาคือร้อยละ 10 15 และ 20 ตามลำดับ และสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับร้อยละ 0 ส่วนค่าความยืดหยุ่นและค่าทนทานต่อการเคี้ยว ที่ระดับร้อยละ 5 10 15 และ 20 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่ามากกว่าที่ระดับร้อยละ 0 ทั้งนี้เนื่องจากค่าความยืดหยุ่นขึ้นกับความแข็งคูณกับความเกาะรวมตัวกัน (hardness x cohesiveness) และค่าทนทานต่อการเคี้ยว ขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นคูณด้วยค่าความหยุ่น (gumminess x springiness) จึงทำให้มีแนวโน้มเพิ่มเช่นเดียวกับค่าความแข็ง ส่วนค่าความหยุ่น (springiness) การเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) และค่าการเกาะติดพื้นผิว (adhesiveness) พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าในช่วง 0.84-0.89 0.45-0.48 และ -2.51 ถึง -3.77 กรัมต่อวินาที ตารางที่ 4.7

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดที่มีต่อเค้าโครงลักษณะเนื้อของเส้นบะหมี่หลังต้มสุกที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20

ไลโคปินสด (%)	การวัดเค้าโครงลักษณะเนื้อ (TPA)					
	ความแน่นเนื้อ (N)	ความหยุ่น	การเกาะตัวรวมกัน	ความยืดหยุ่น	การทนทานต่อการเคี้ยว	ค่าการเกาะติดพื้นผิว (g/sec.)
0	1.22±0.04^{d}	0.85±0.04^{ns}	0.48±0.01^{ns}	0.59±0.03^{b}	0.50±0.04^{b}	-2.52±1.54^{ns}
5	1.65±0.12^{a}	0.84±0.04	0.47±0.01	0.77±0.07^{a}	0.64±0.06^{a}	-3.60±1.04
10	1.62±0.05^{ab}	0.89±0.04	0.45±0.03	0.73±0.06^{a}	0.65±0.08^{a}	-3.77±1.36
15	1.51±0.07^{bc}	0.88±0.06	0.48±0.03	0.73±0.04^{a}	0.64±0.07^{a}	-2.51±1.04
20	1.45±0.11^{c}	0.89±0.02	0.48±0.02	0.70±0.08^{a}	0.62±0.06^{a}	-3.18±1.32

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการใช้ไลโคปินสดเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทำการทดสอบเส้นบะหมี่มาต้มจนสุกนาน 7 นาที โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ทำการประเมินตามแบบทดสอบ 9-points hedonic score ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยให้คะแนนความชอบในช่วง 7.07-7.53 6.23-6.67 6.43-6.80 6.60-7.00 และ 6.63-7.10 ตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบด้านสีของเส้นบะหมี่ พบว่า แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ 7.43 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 10 และร้อยละ 20 โดยได้คะแนนความชอบเท่ากับ 7.37 และ 7.33 ตามลำดับ และได้คะแนนความชอบมากกว่าที่ระดับร้อยละ 5 และร้อยละ 0 เท่ากับ 6.53 และ 6.23 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดหลังต้มสุกที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20

ไลโคปินสด (%)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	7.13 ±1.10^{ns}	6.23±1.36^{b}	6.67±1.15^{ns}	6.60±1.19^{ns}	7.00±1.26^{ns}	6.90±0.99^{ns}
5	7.07±0.91	6.53±1.01^{b}	6.33±0.92	6.43±0.90	6.60±1.10	6.63±0.93
10	7.50±0.68	7.37±0.85^{a}	6.23±0.97	6.77±0.86	6.97±1.16	7.03±0.72
15	7.53±0.57	7.47±0.57^{a}	6.27±0.91	6.63±0.89	6.67±1.09	6.93±1.01
20	7.40±1.00	7.33±1.06^{a}	6.53±1.31	6.80±0.92	6.70±1.12	7.10±0.99

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

จากผลการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสด พบว่าการเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 มีค่าความแข็งและความเปราะสูงสุด (ตารางที่ 4.4) นั่นหมายความว่าเส้นบะหมี่แห้งสามารถทนต่อแรงกระแทกระหว่างการขนส่งได้สูงสุด อีกทั้งมีปริมาณไลโคปินสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับเส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 20 (ตารางที่ 4.2) อัตราการขยายตัวของเส้นบะหมี่ด้านความกว้าง และความยาว (ตารางที่ 4.3) และได้คะแนนความชอบด้านสีสูงสุด (ตารางที่ 4.8) จึงคัดเลือกเส้นบะหมี่แห้งที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 ซึ่งเหมาะสมในแง่การขนส่งและผู้บริโภคให้การยอมรับ ไปใช้ในการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและอายุการเก็บต่อไป

4.2 การยอมรับของผู้บริโภค

4.2.1 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์

นำเส้นบะหมี่แห้งที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 ที่ได้รับการคัดเลือกไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ประชากรจำนวน 100 คน ในจังหวัดลำปางในการทดสอบเส้นบะหมี่ พบว่าเป็นหญิงร้อยละ 55 และเป็นชายร้อยละ 45 โดยส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 21-25 ปี ร้อยละ 20 การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 54 มีอาชีพเป็นนักศึกษาร้อยละ 18 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001-10,000 บาท แสดงในตารางผนวกที่ 6

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคเส้นบะหมี่

ผู้ตอบแบบสอบถามรู้จักและเคยรับประทานเส้นบะหมี่ร้อยละ 100 โดยส่วนใหญ่จะรับประทานที่ร้านอาหาร ร้อยละ 54 และจะรับประทานแล้วแต่โอกาส ร้อยละ 76 โดยมีเกณฑ์เลือกรับประทานที่รสชาติมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 39.52 รองลงมาคือ ความสะดวกในการบริโภค หาซื้อง่าย ราคา คุณค่าทางโภชนาการ และสีสัน เท่ากับร้อยละ 22.56 17.74 9.68 8.87 และ 1.61 ตามลำดับ และซื้อจากตลาดสดมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 35.29 รองลงมาคือ ร้านสะดวกซื้อ ห้างสรรพสินค้า และร้านค้าปลีก เท่ากับร้อยละ 35.29 26.47 24.26 และ 13.97 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 7)

4.2.3 ข้อมูลด้านความชอบของผู้บริโภค

จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี ความเหนียว และความชอบรวม ที่ระดับความชอบเล็กน้อย ส่วนกลิ่นและความเหนียวที่ระดับบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

คุณลักษณะ	ความถี่ (ร้อยละ) 9 point hedonic scale									คะแนนความชอบ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ลักษณะปรากฏ	0	0	2	0	5	20	56	16	1	6.80±0.94
สี	0	0	1	1	2	27	49	19	1	6.83±0.90
กลิ่น	1	7	7	12	12	30	24	7	0	5.48±1.70
รสชาติ	0	3	4	5	22	31	29	5	1	5.86±1.36
ความเหนียว	0	0	3	5	11	44	29	8	0	6.15±1.08
ความชอบรวม	0	0	2	6	14	34	37	7	0	6.19±1.09

4.2.4 ข้อมูลด้านการยอมรับและตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับเส้นบะหมี่แห้งร้อยละ 75 ไม่แน่ใจร้อยละ 20 และไม่ยอมรับร้อยละ 5 เนื่องจากไม่ยอมรับในเรื่องมีกลิ่นคาวไข่ และเส้นยังไม่ค่อยเหนียวนุ่ม และผู้ที่ยอมรับเส้นบะหมี่แห้งจะซื้อเส้นบะหมี่แห้งหากมีการจำหน่ายในราคา 15 บาทต่อ 90 กรัม ร้อยละ 90.67 เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจร้อยละ 46.46 เป็นอาหารเพื่อสุขภาพร้อยละ 43.43 สะดวกใน

การบริโภคร้อยละ 4.04 และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับร้อยละ 2.02 และไม่แน่ใจร้อยละ 9.33 โดยเหตุผลที่ไม่แน่ใจ คือ แพงเกินไป ตารางผนวกที่ 8

4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บเส้นบะหมี่เสริมไลโคปิน

4.3.1 ผลการทำนายอายุการเก็บเส้นบะหมี่เสริมไลโคปิน

ผลการทำนายอายุการเก็บเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินโดยใช้หลักการการเสื่อมเสียของอาหารแห้งเกิดจากความชื้น โดยการศึกษาอัตราการซึมผ่านของไอน้ำจากภายนอกเข้าสู่บรรจุภัณฑ์ ซึ่งใช้เป็นปัจจัยที่ใช้ในการกำหนดอายุการเก็บ ได้ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกราฟไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้นดังตารางที่ 4.13 แล้วสร้างกราฟไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ดังนั้นจึงทำนายอายุเส้นบะหมี่แห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5 องศาเซลเซียส) โดยเข้าสมการทำนาย อายุการเก็บ (รุ่งนภา, 2552) ดังแสดงในสมการ

$$\theta_s = \frac{\ln\left[\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}\right]}{\frac{P}{x}\frac{A}{w_s}\frac{P_o}{b}}$$

โดยที่ θ_s= อายุการเก็บรักษา

m_e = 0.34

m_i = 0.11

m_c = 0.16

$P/x = 7.55 \times 10^{-4}$ g/m^2.d.mm.Hg

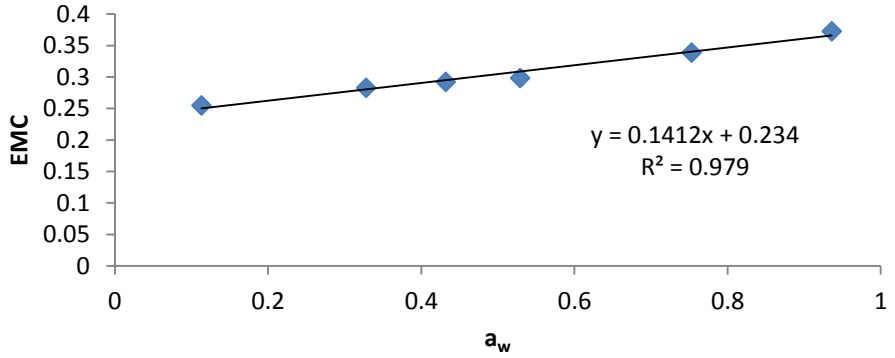
$A/w_s = 6.65 \times 10^{-3}$ m^2

b = (0.141 × 0.75) + 0.234 = 0.34

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลที่ใช้สร้างกราฟไอโซเทอร์มของความชื้น

สารละลายเกลืออิ่มตัว	a_w	ความชื้นสมดุล (EMC)
LiCl	0.113	0.255
$MgCl_2*6H_20$	0.328	0.283
K_2CO_3	0.432	0.2924
$Mg(No_3)_2+6H_2O$	0.529	0.2986
NaCl	0.753	0.3389
KNO3	0.936	0.3728



ภาพที่ 4.2 กราฟไอโซเทอร์มของการดูดซับความชื้น

จากภาพที่ 4.2 เมื่อสร้างเส้นแนวโน้มจะได้สมการ ดังต่อไปนี้

$Y = 0.141X + 0.234$ หรือ $m_e = 0.141a_e + 0.234$

จากนั้น นำมาคำนวณอายุการเก็บเส้นบะหมี่แห้ง ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\theta_s = \frac{\ln\left[\frac{0.34-0.11}{0.34-0.16}\right]}{(7.55\times 10^{-4})\,(6.65\times 10^{-3})\,(\frac{24.105}{0.141})}$$ = 286 วัน หรือประมาณ 9 เดือน

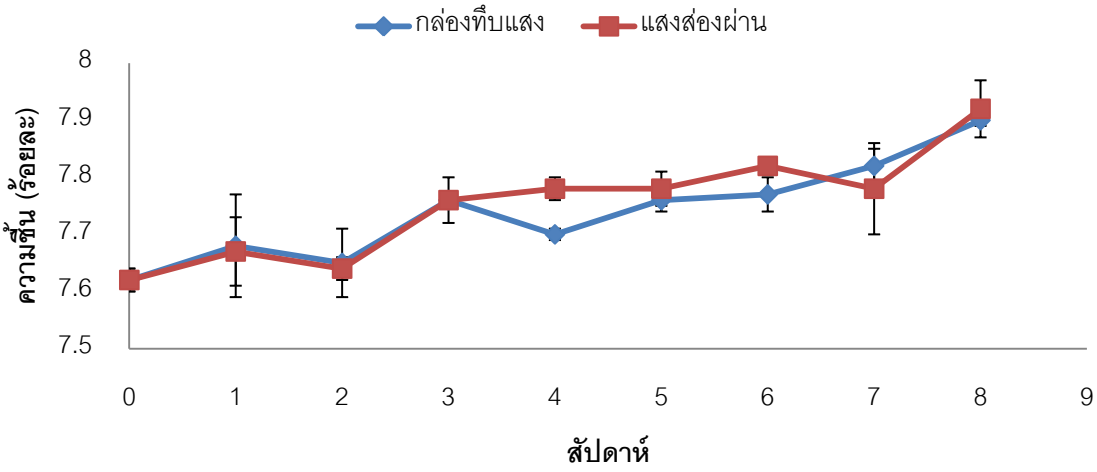
พบว่า เส้นบะหมี่ที่บรรจุในถุงชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 75 มีอายุการเก็บ 286 วัน หรือประมาณ 9 เดือน

4.3.2 ผลของการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปิน

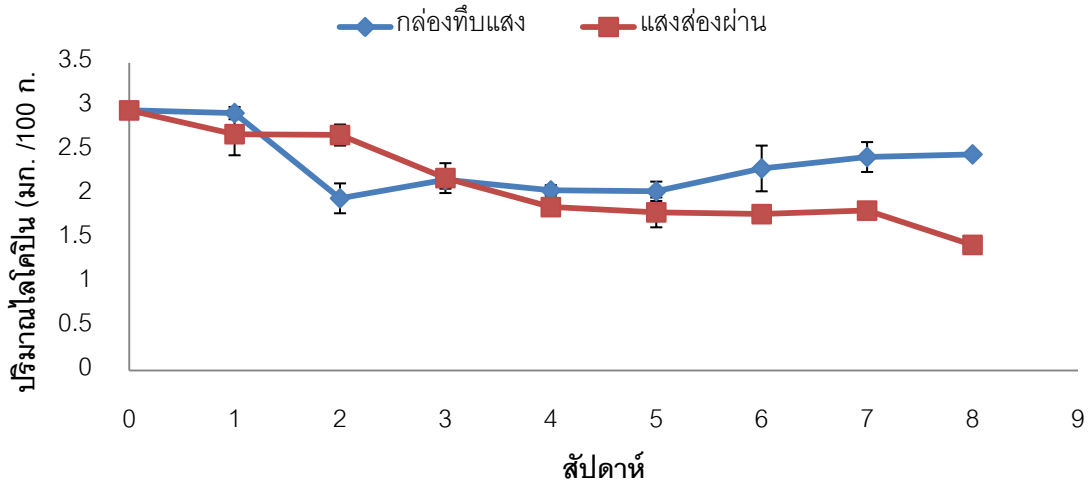
1. ผลของการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพทางเคมี

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินร้อยละ 15 บรรจุในถุงชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) ในกล่องทึบแสงและวางในที่ที่มีแสงส่องผ่าน นาน 8 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทางเคมีในด้านปริมาณความชื้น และปริมาณไลโคปิน แสดงในภาพที่ 4.3 และ 4.4 เส้นบะหมี่แห้งมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 7.62-7.92

ด้านปริมาณไลโคปินในเส้นบะหมี่ที่ทำการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ พบว่าที่สภาวะในกล่องทึบแสงมีแนวโน้มลดลงใน 2 สัปดาห์แรก จาก 2.96-1.96 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และคงที่จนกระทั่งคบระยะเวลาการเก็บ (8 สัปดาห์) ในช่วง 1.96-2.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่ที่สภาวะการเก็บที่แสงส่องผ่าน พบว่า ปริมาณไลโคปินในเส้นบะหมี่แห้งมีแนวโน้มคงที่ในช่วง 2 สัปดาห์แรก ในช่วง 2.68-2.69 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และลดลงในสัปดาห์ที่ 2-8 จาก 2.68-1.43 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ชี้ให้เห็นว่าแสงมีผลต่อปริมาณไลโคปิน



ภาพที่ 4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

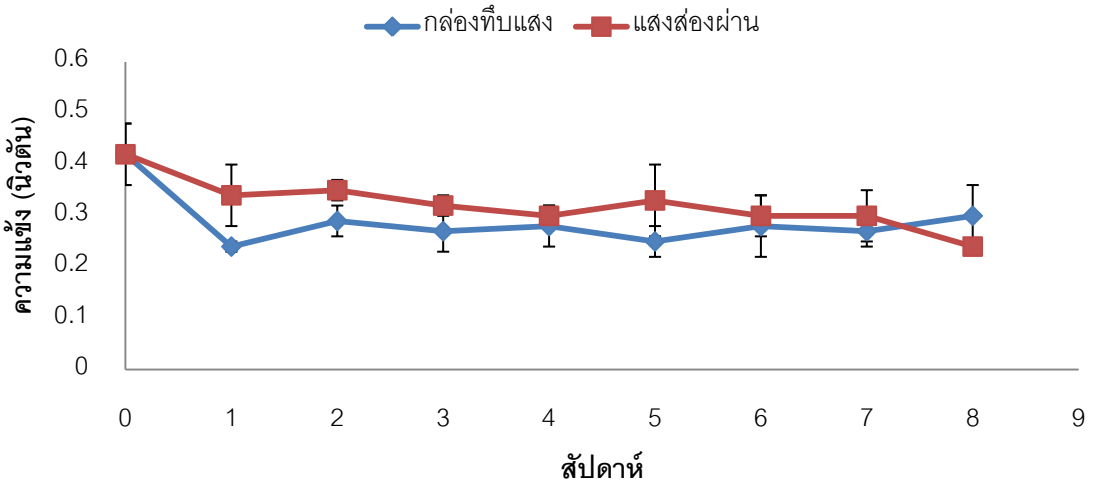


ภาพที่ 4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณไลโคปินของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

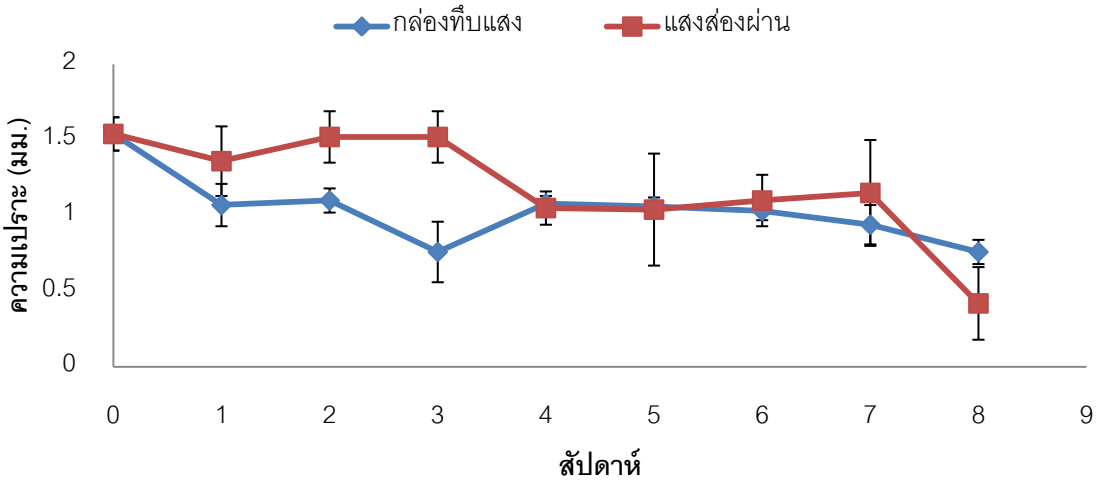
2. ผลของการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพ

2.1 ลักษณะเนื้อของเส้นบะหมี่แห้ง ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินร้อยละ 15 บรรจุในถุงชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ ที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพด้านความแข็งและความเปราะ พบว่า ด้านความแข็งของเส้นบะหมี่แห้ง ภาพที่ 4.5 ที่เก็บในสภาวะในกล่องทึบแสงและแสงส่องผ่าน พบว่า มีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์แรกจาก 0.42-0.24 นิวตัน และ 0.42-0.34 นิวตัน ตามลำดับ และคงที่หลังจากสัปดาห์ที่ 2-8 ในช่วง 0.24-0.30 นิวตัน และ 0.24-0.35 นิวตัน ตามลำดับ และที่สภาวะแสงส่องผ่านมีความแข็งมากกว่าการเก็บที่สภาวะในกล่องทึบแสง แต่มีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 0.24 นิวตัน มากกว่าการเก็บที่สภาวะแสงส่องผ่าน เท่ากับ 0.30 นิวตัน (ภาพที่ 4.5)

ด้านความเปราะของเส้นบะหมี่แห้ง ภาพที่ 4.6 ที่เก็บในสภาวะแสงส่องผ่านมีแนวโน้มลดลงโดย 3 สัปดาห์แรกมีความเปราะคงที่ และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 จาก 1.54-1.05 มิลลิเมตร และคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 4-7 และลดลงในสัปดาห์ที่ 8 จาก 1.05-0.4 มิลลิเมตร สภาวะการเก็บในกล่องทึบแสงมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน ในช่วง 3 สัปดาห์แรก และคงที่จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ในช่วง 1.54-0.76 มิลลิเมตร



ภาพที่ 4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



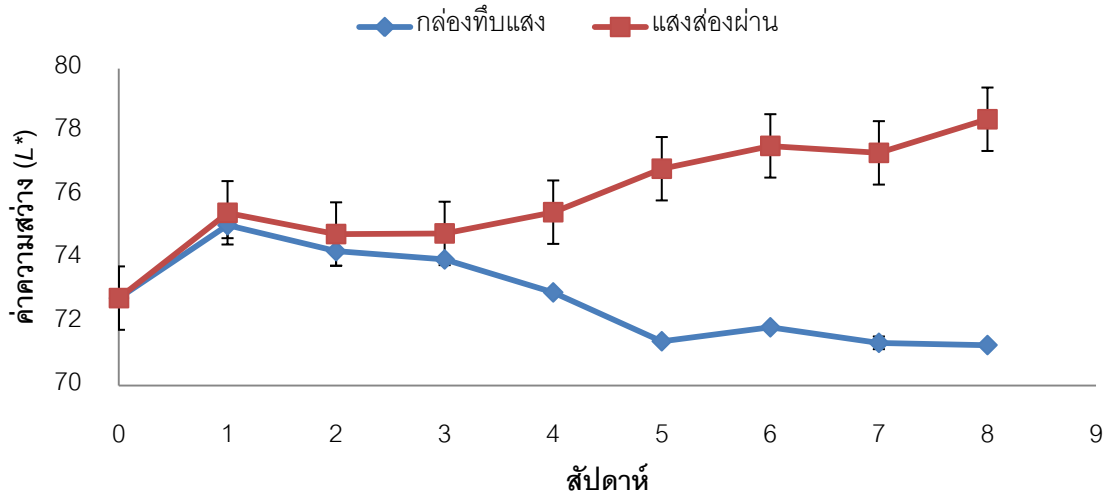
ภาพที่ 4.6 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเปราะของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

2.2 ค่าสีของเส้นบะหมี่แห้งและหลังต้มสุก ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินร้อยละ 15 บรรจุในถุงชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ ที่สภาวะการเก็บในกล่องทึบแสงและแสงส่องผ่าน พบว่า มีผลต่อค่าสี (ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง) ของเส้นบะหมี่แห้งและหลังต้มสุก

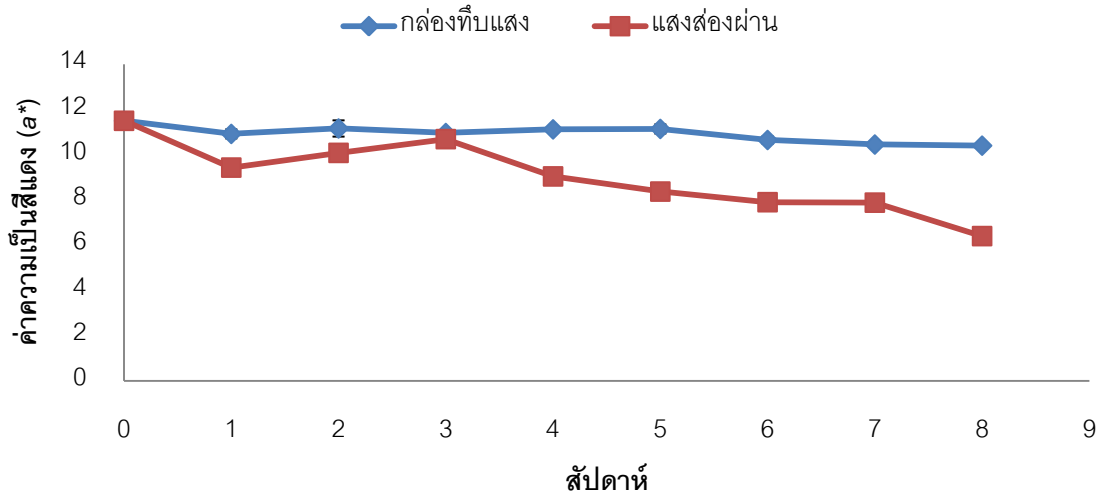
2.2.1 ค่าสีของเส้นบะหมี่ก่อนต้มสุก ด้านค่าความสว่างของเส้นบะหมี่แห้ง ที่สภาวะการเก็บที่แสงส่องผ่านมีแนวโน้มของค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในช่วง 72.76-78.40 และ

สภาวะการเก็บในกล่องทึบแสงที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์แรก และลดลงในสัปดาห์ที่ 2-5 ในช่วง 75.06-72.94 และคงที่ในสัปดาห์ที่ 5-8 ในช่วง 71.84-71.28 แต่ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของเส้นบะหมี่ที่เก็บในสภาวะแสงส่องผ่านมีแนวโน้มลดลงในช่วง 11.50-6.40 และ 42.14-36.16 ตามลำดับ แต่การเก็บที่สภาวะกล่องทึบแสงมีค่าความเป็นสีแดง (11.50-10.40) และค่าความเป็นสีเหลือง (37.45-42.14) สูงกว่า (ภาพที่ 4.7-4.9)

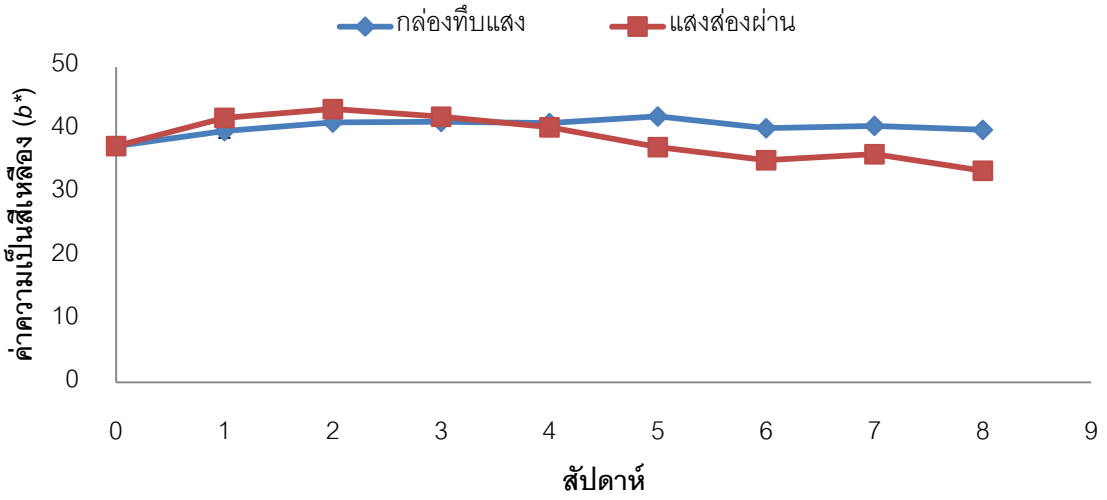
2.2.2 ค่าสีเส้นบะหมี่หลังต้มสุก ค่าสีของเส้นบะหมี่หลังต้มสุก ด้านความสว่าง ความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง ภาพที่ 4.10-4.12 ที่เก็บในสภาวะในกล่องทึบแสงและแสงส่องผ่าน มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับค่าสีของเส้นบะหมี่แห้ง โดยพบว่า เส้นบะหมี่หลังต้มสุกที่เก็บในกล่องทึบแสง ที่ค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วง 59.08-60.68 ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง มีแนวโน้มลดลงจาก13.82-11.20 และ 52.58-48.32 ตามลำดับ กับเส้นบะหมี่ที่เก็บในสภาวะแสงส่องผ่านที่มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 59.08-60.86 และค่าความเป็นสีแดงและความเป็นสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในช่วง 11.20-13.62 และ 48.32-52.80 ตามลำดับ



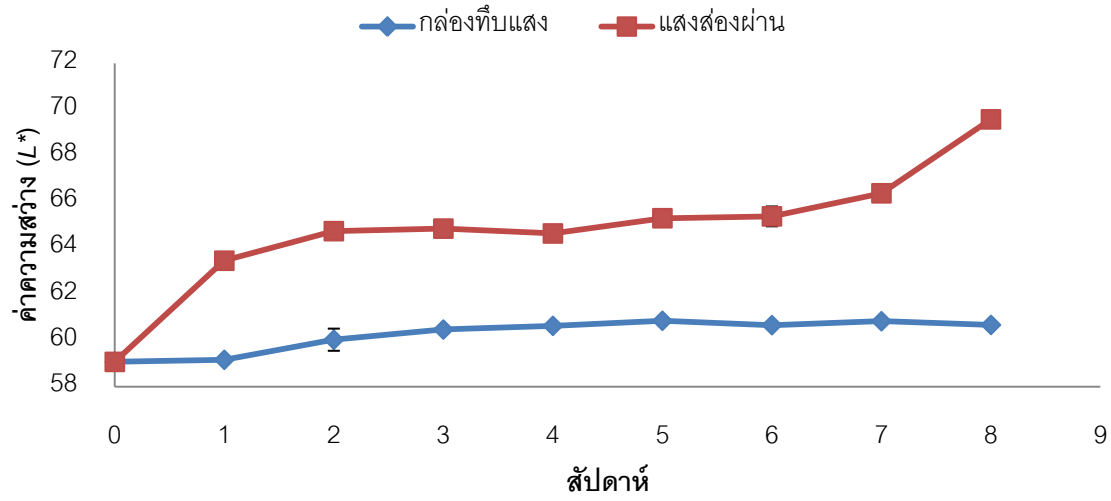
ภาพที่ 4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



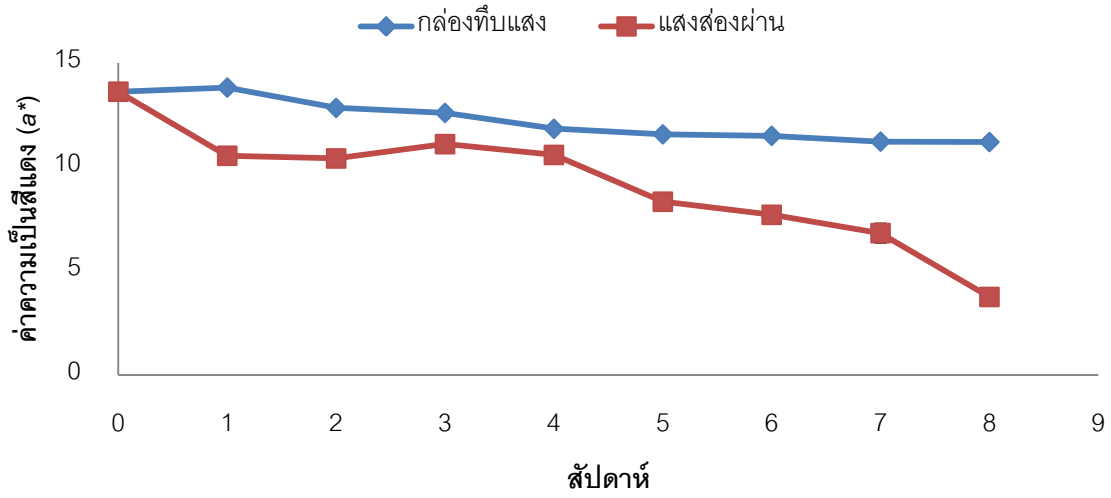
ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส)



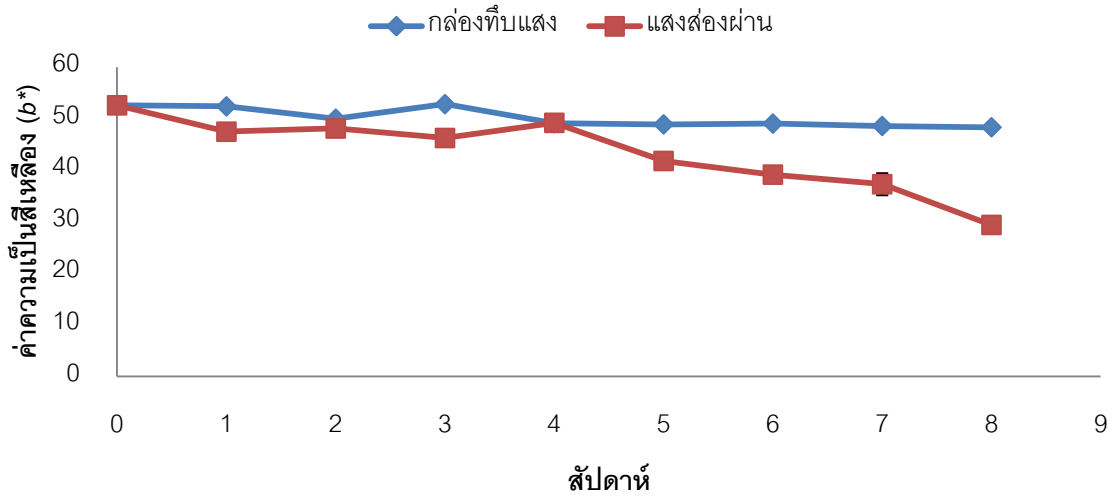
ภาพที่ 4.9 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลืองของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.10 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.11 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปีนสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



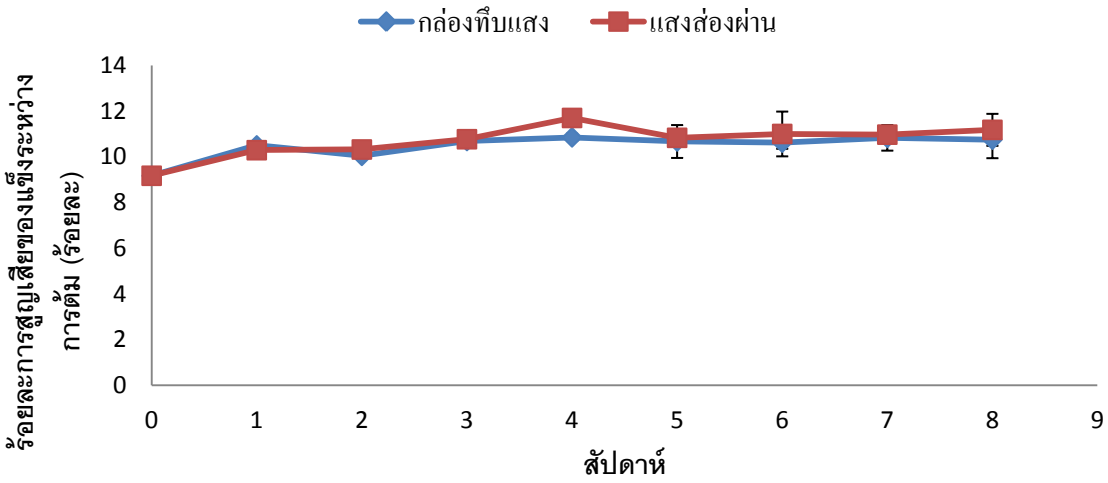
ภาพที่ 4.12 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลืองของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

2.3 คุณภาพหลังการต้ม ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 บรรจุในถุงชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ เชิงเส้นที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ ที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพด้านปริมาณร้อยละการสูญเสียระหว่างการต้ม (ภาพที่ 4.13) และค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้มและค่าแรงดึงขาด ภาพที่ 4.14 และ 4.15

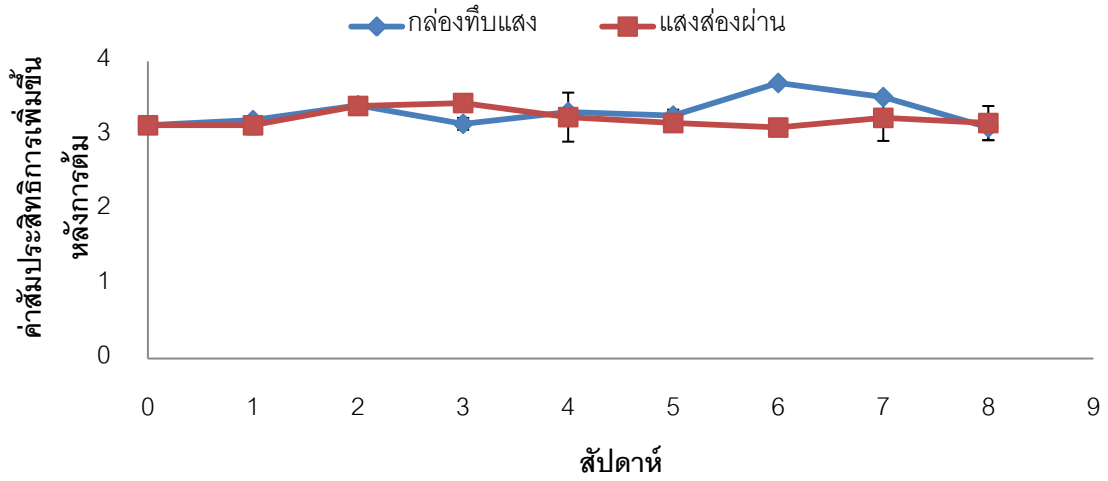
ด้านปริมาณร้อยละการสูญเสียระหว่างการต้มที่เก็บในสภาวะในกล่องทึบแสงเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 9.17-10.85 และการเก็บที่สภาวะแสงส่องผ่าน มีแนวโน้มเช่นเดียวกันในช่วงร้อยละ 9.17-10.97

ด้านค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้ม พบว่า ที่สภาวะในกล่องทึบแสงมีค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้มในช่วง 3.14-3.71 และสภาวะแสงส่องผ่านในช่วง 3.14-3.44 (ภาพที่ 4.14)

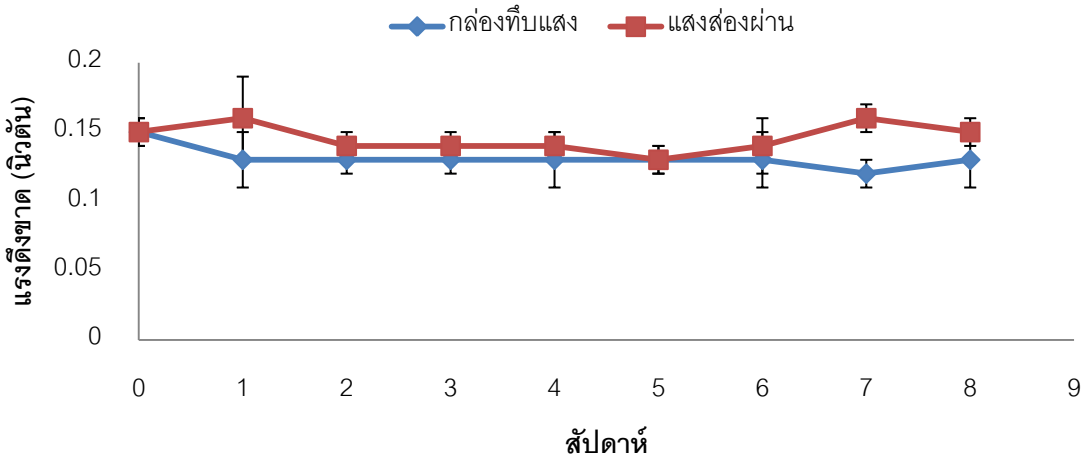
และด้านแรงดึงขาด ที่สัปดาห์ 0-8 ของการเก็บที่สภาวะทึบแสง พบว่า มีค่าแรงดึงขาดลดลงในช่วง 0.15-0.12 นิวตัน สภาวะการเก็บที่แสงส่องผ่านมีแนวโน้มเช่นเดียวกันในช่วง 0.16-0.13 นิวตัน



ภาพที่ 4.13 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณที่สูญเสียระหว่างการต้มของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.14 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้มของเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.15 ผลการเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่อการดึงขาดของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ หลังต้มสุก

2.4 เค้าโครงลักษณะเนื้อของเส้นบะหมี่หลังต้ม ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 ที่บรรจุในถุงชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ ที่สภาวะในกล่องทึบแสงและแสงส่องผ่าน โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ สัปดาห์ในแต่ละสภาวะมาต้มสุกที่อุณหภูมิน้ำเดือด (ประมาณ 98 องศาเซลเซียส) นาน 7 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำนาน 15 นาที แล้วตรวจสอบเค้าโครงลักษณะเนื้อ (ค่าความแน่นเนื้อ การเกาะตัวรวมกัน ความยืดหยุ่น การเกาะติดพื้นผิวและค่าความหยุ่น) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อ พบว่า ปฏิสัมพันธ์ด้านสภาวะการเก็บและระยะเวลา มีผลต่อเค้าโครงลักษณะเนื้อของเส้นบะหมี่หลังต้มสุก ด้านความแน่นเนื้อ การเกาะติดพื้นผิว ค่าความยืดหยุ่น ค่าความทนทานต่อการเคี้ยว ค่าการเกาะติดพื้นผิวและค่าความหยุ่น (ภาพที่ 4.16-4.2)

ด้านความแน่นเนื้อที่สภาวะการเก็บที่แสงส่องผ่านมีการเปลี่ยนแปลงใน 3 สัปดาห์แรก โดยมีแนวโน้มลดลง จาก 1.62-1.32 นิวตัน และคงที่ในสัปดาห์ที่ 3-8 ในช่วง 1.29-1.38 นิวตัน ที่ สภาวะการเก็บในกล่องทึบแสงที่มีค่าความแน่นเนื้อลดลงจากสัปดาห์ที่ 0-2 จาก 1.62-1.39 นิวตัน และมีค่าคงที่จากสัปดาห์ที่ 2 จนกระทั่งครบระยะเวลาการเก็บ (1.24-1.38)

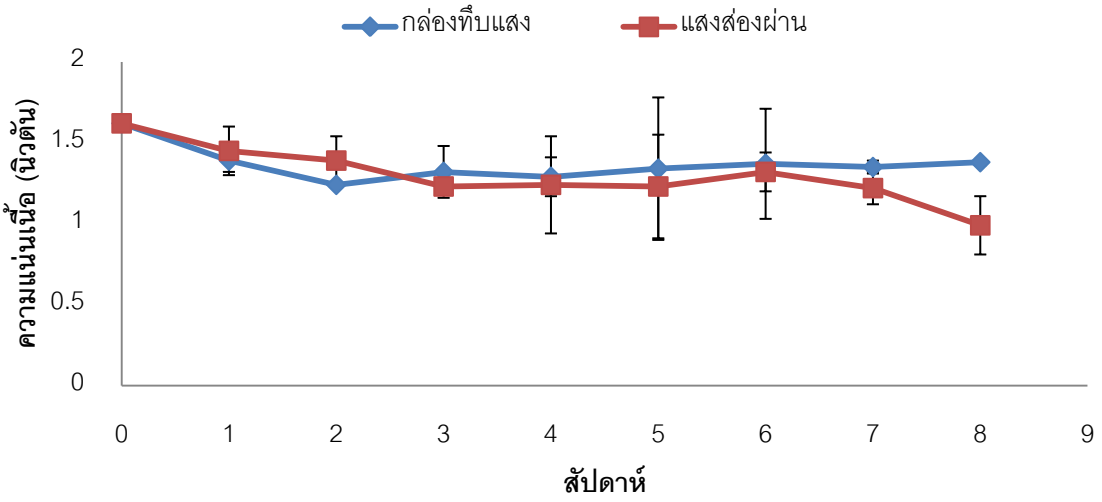
ด้านค่าการเกาะรวมตัวกันของเส้นบะหมี่หลังต้มสุก มีค่าการเกาะรวมตัวกันเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทั้ง 2 สภาวะ (สภาวะในกล่องทึบแสงและแสงส่องผ่าน) ในช่วง 0.39-0.41 และ 0.39-0.54 ตามลำดับ แต่ที่สภาวะทึบแสงมีค่าการเกาะตัวกันเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8

ด้านค่าความยืดหยุ่น ที่สภาวะการเก็บที่แสงส่องผ่านมีค่าคงที่ในช่วง 2 สัปดาห์แรกและลดลงในสัปดาห์ที่ 3 ก่อนที่จะมีค่าคงที่ในสัปดาห์ที่ 3-8 จาก 0.64-0.45 ที่สภาวะการเก็บในกล่องทึบแสง มีการลดลงของค่าความยืดหยุ่นในช่วง 2 สัปดาห์แรก จาก 0.64-0.62 ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2-8 ในช่วง 0.62-0.45

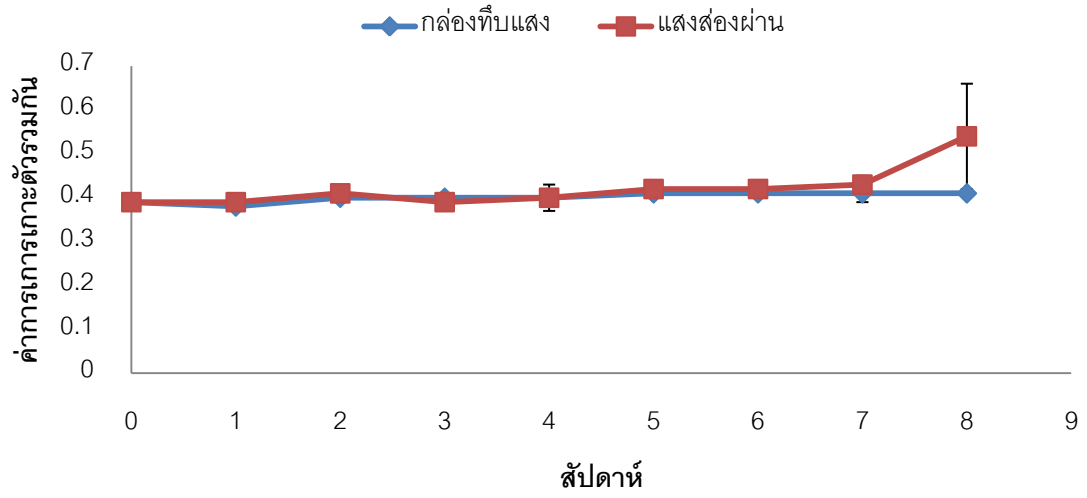
ค่าทนทานต่อการเคี้ยวที่สภาวะแสงส่องผ่านมีแนวโน้มคงที่ที่ 0-2 สัปดาห์ ก่อนลดลงที่สัปดาห์ที่ 3 และคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 3-8 ในช่วง 0.44-0.52 กับเส้นบะหมี่ที่เก็บไว้กล่องทึบแสงที่ลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ก่อนที่จะคงที่ในสัปดาห์ที่ 4-8 ในช่วง 0.43-0.52

ด้านค่าการเกาะติดพื้นผิว เส้นบะหมี่ในกล่องทึบแสงมีค่าการเกาะติดผิวลดลงในช่วง 3 สัปดาห์แรก และคงที่ในสัปดาห์ที่ 3-6 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6-8 (-4.33 ถึง -0.96) และที่สภาวะการเก็บที่แสงส่องผ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (-4.33 ถึง -0.73)

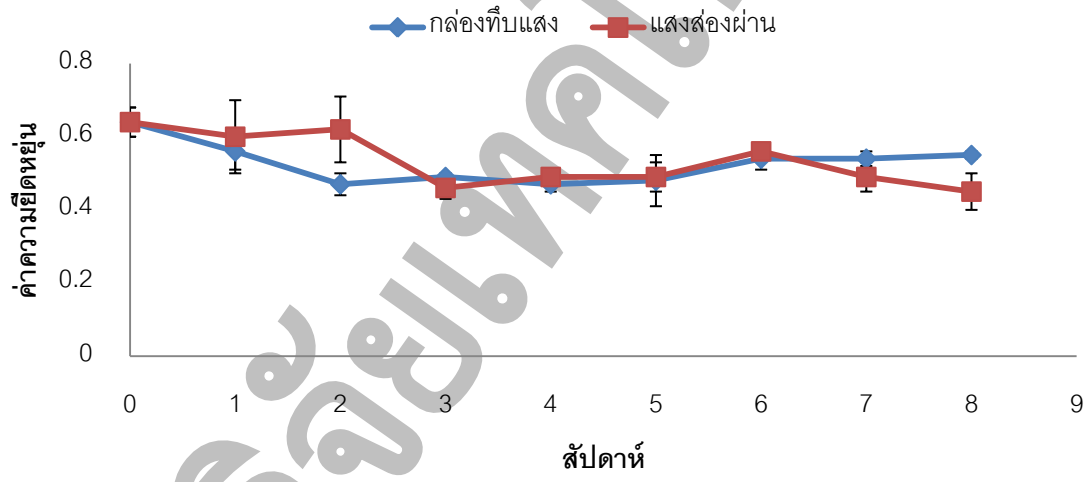
และค่าความหยุ่น ภาพที่ 4.21 สภาวะการเก็บในกล่องทึบ นาน 8 สัปดาห์ มี การเปลี่ยนแปลงในช่วง 0.81-0.87 แต่ที่สภาวะแสงส่องผ่านในช่วง 0-6 สัปดาห์ มีค่าคงที่ในช่วง 0.81-0.86 และลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 7 และ 8



ภาพที่ 4.16 ผลการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ (Firmness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

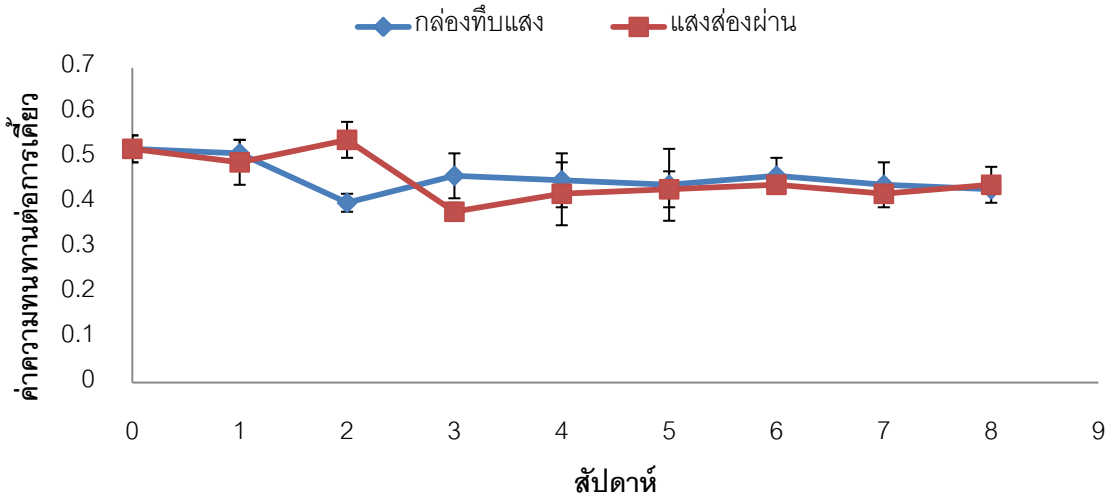


ภาพที่ 4.17 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

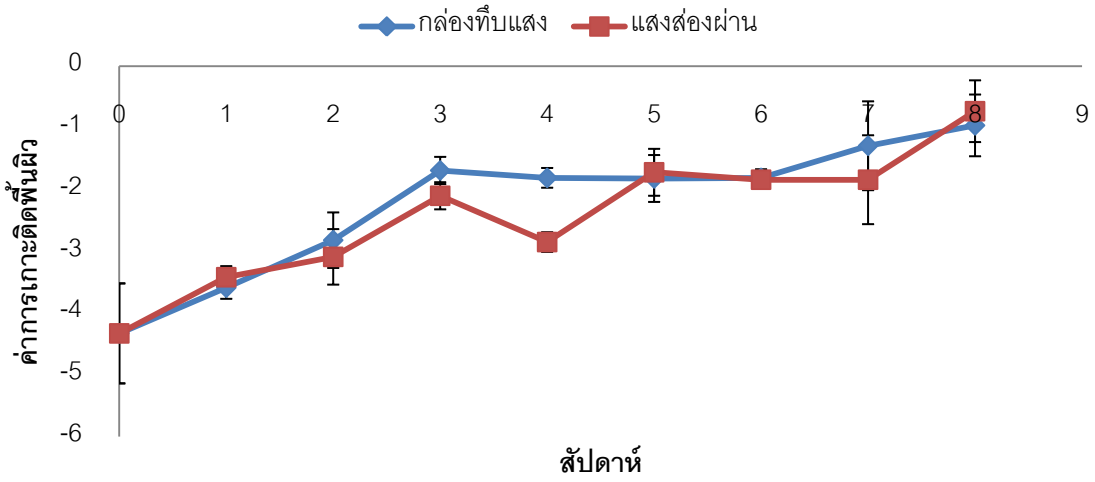


ภาพที่ 4.18 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่น (Gumminess) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

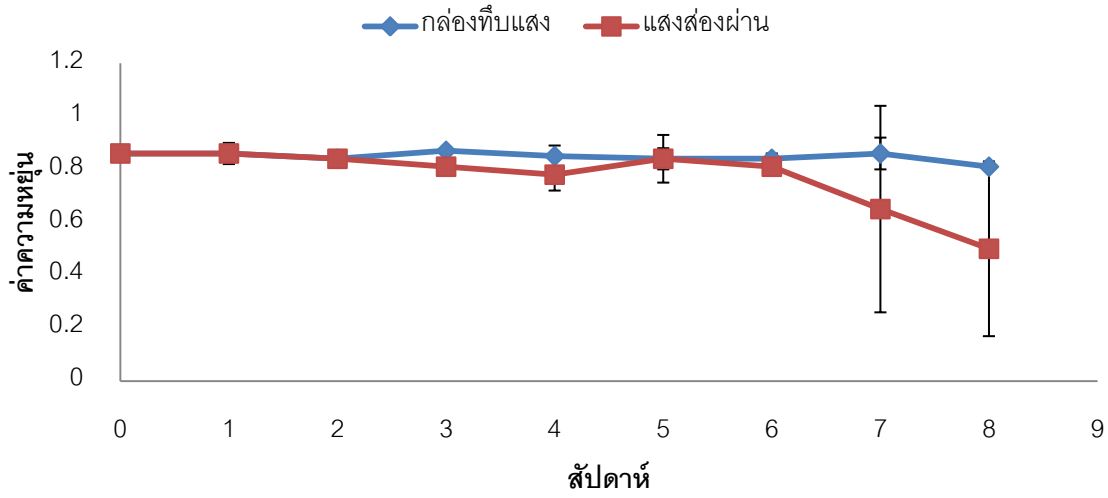
สถาบันวิจัยพหลโยธิน



ภาพที่ 4.19 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความทนทานต่อการเคี้ยว (Chewiness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.20 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.21 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความหยุ่น (Springiness) ของเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์

สถาบันวิจัยเทคโนโลยี

วิจารณ์

ผลของระดับการใช้ไลโคปินสดเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งที่ระดับร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้งสาลีในสูตรที่มีต่อลักษณะเนื้อ พบว่า เส้นบะหมี่แห้งที่เสริมไลโคปินสดระดับร้อยละ 15 มีค่าความแข็งและความเปราะสูงสุด นั่นคือเส้นบะหมี่สามารถทนต่อแรงกดและแตกหักออกจากกันได้ดีกว่าเส้นบะหมี่ที่ระดับอื่นๆ ซึ่งค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับค่าความหนาและความกว้างของเส้นบะหมี่แห้ง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไลโคปินสดในส่วนผสมจะมีผลต่อการขยายตัวด้านความหนาและความกว้างของบะหมี่สุกมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากไลโคปินสดมีส่วนประกอบของเส้นใย ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Lucisano *et al*. (2008) ที่กล่าวว่า รูปร่าง เส้นผ่าศูนย์กลาง และความหนาแน่นของโครงสร้างเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแป้งสาลี

สีและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินการเลือกบริโภค สีของเส้นบะหมี่แห้งและเส้นบะหมี่หลังต้มที่มีการเสริมไลโคปินสด พบว่า ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองที่ระดับร้อยละ 20 มีค่าสูงสุด และเส้นบะหมี่หลังต้มสุกมีแนวโน้มค่าความสว่างลดลงมากกว่าเส้นบะหมี่แห้งและค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าเส้นบะหมี่แห้งเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีการเพิ่มปริมาณไลโคปินสดที่เป็นสารสีแดงธรรมชาติ (Choi *et al*., 2007) ลงไปในเส้นบะหมี่ และค่าความสว่างก็มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ ไลโคปินที่มีการเพิ่มขึ้นในช่วง 0-2.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chung *et al*. (2012) ที่มีการใช้ประโยชน์จากรำข้าวเสริมลงในเส้นบะหมี่ขาว ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลงตามปริมาณรำข้าวที่เพิ่มมากขึ้น และ Zhu *et al*. (2009) ได้ศึกษาผงสีเบต้าไซยานินที่สกัดจากผักโขมที่มีผลต่อเส้นบะหมี่ พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกันเมื่อเพิ่มปริมาณผงผักโขมในผลิตภัณฑ์ และนอกจากนั้นสีของผลิตภัณฑ์ที่คล้ำลงอาจเกิดจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเพอออกซิเดสของแป้งทำปฏิกิริยากับโปรตีนจึงทำให้เส้นบะหมี่มีสีคล้ำลง (Choi *et al*., 2007) มีรายงานวิจัยของ Takahashi *et al*. (2005) กล่าวว่าหลังจากให้ความร้อนชื้นแก่เส้นบะหมี่เสริมน้ำมันรำข้าว พบว่า เส้นบะหมี่หลังให้ความร้อนชื้นมีสีคล้ำลงมากกว่าเส้นบะหมี่แห้ง และมีค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากปฏิกิริยามิลลาดของน้ำตาลรีดิวซิงของสตาร์ชและกลุ่มอะมิโนของโปรตีนระหว่างการให้ความร้อน (Lorlowhakarn and Naivikul, 2006) ซึ่ง Wang *et al*. (2004) กล่าวว่า สีขาวของเส้นบะหมี่ที่ทำมาจากแป้งสาลีก็มีลักษณะเช่นเดียวกันกับแป้งข้าวด้วย

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณภาพหลังการต้มเป็นลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่มีผลต่อการเลือกรับประทานของผู้บริโภคและเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพแป้งสาลีและความชำนาญของผู้ทำ พบว่า เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกอยู่ในช่วง 7.14-7.38 เส้นบะหมี่ที่เสริมไลโคปินสดที่ระดับเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้มีสูญเสียของแข็งระหว่างการต้มเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ปริมาณที่เพิ่มขึ้นหลังการต้มและแรงดึงลดลง ทั้งนี้เนื่องมากจากปริมาณของแข็งหรือเส้นใยในไลโคปินสดมีการเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากมะเขือเทศประกอบด้วยน้ำสูงถึงร้อยละ 75-95 ของส่วนองค์ประกอบอื่นๆ เมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งประกอบด้วย โปรตีนและเส้นใย (สารประกอบเพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส) ร้อยละ 18.2 และ 34.8 ตามลำดับน้ำหนักแห้ง โดยส่วนหนึ่งของปริมาณเส้นใยที่สูงนี้ส่วนหนึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบเพคติน ซึ่งสามารถทำให้ลดได้โดยใช้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จะทำให้ปริมาณเซลลูโลสลดลงด้วย แต่ไม่สามารถทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้ (Reinders *et al*., 1999) นอกจากนั้น จินดา (2548) ได้ทำการรวบรวมผลการวิเคราะห์กากมะเขือเทศ โดยเฉลี่ยแล้วกากมะเขือเทศจะมีองค์ประกอบของวัตถุแห้งร้อยละ 92.10 โปรตีนร้อยละ 17.86 ไขมันร้อยละ 4.97 เส้นใยและคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ร้อยละ 33.40 และ 33.78 ตามลำดับ โดยเส้นใยประกอบด้วย ส่วนที่อยู่ภายในเซลล์พืชทั้งหมด (Neutral Detergent Soluble; NDS) ส่วนที่เป็นผนังเซลล์ของพืชทั้งหมด (Neutral Detergent Fiber; NDF) เส้นใยที่ไม่ย่อยสลายได้ด้วยกรด (Acid Detergent Fiber; ADF) ADL เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ร้อยละ 47.60 52.40 45.16 21.66 6.51 และ 23.14 ตามลำดับ ซึ่งไลโคปินสดถึงแม้ว่าจะย่อยสารประกอบเพคติกหรือเซลลูโลสออกได้บางส่วนแล้วแต่ก็ยังมีเส้นใยอื่นๆ ที่ยังคงเหลืออยู่ ซึ่งเป็นผลให้ไปขัดขวางการเชื่อมโครงสร้างของโปรตีนกับสตาร์ชในบะหมี่ ทำให้เส้นบะหมี่ไม่แข็งแรงซึ่งมีผลทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดการแตกออกในระหว่างการต้มและยังส่งผลให้แอมิโลสที่หลุดออกจากเม็ดสตาร์ชอยู่ในน้ำระหว่างการต้มมากขึ้น (Tudorica *at el*., 2002) และส่งผลให้ค่าร้อยละการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้ม ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหลังการต้ม และค่าแรงดึงขาดมีแนวโน้มลดลดตามลำดับ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการเสริมผักโขมผง (นฤมล และ คณะ, 2554) และใบมะรุมผง (กุลยา และคณะ, 2554) ในเส้นบะหมี่ โดยพบว่าลักษณะเนื้อของเส้นบะหมี่หลังต้มสุกลดลงตามปริมาณผักโขมผงที่เพิ่มขึ้น จากงานวิจัยนี้ พบว่าเส้นบะหมี่แห้งที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 5 มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด เท่ากับ 1.65 นิวตัน โดยค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกับการเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 10 ที่มีค่าเท่ากับ 1.62 นิวตัน รองลงมา คือ ที่ระดับร้อยละ 15 และ 20 เท่ากับ 1.51 และ 1.45 นิวตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเพิ่มสารอาหาร หรือการทดแทนบางส่วนของแป้งสาลีด้วยพืชที่ไม่มีกลูเตน เช่น ถั่วเหลือง (Ranhotra and Loewe, 1974) ข้าว (Ylimaki *et al*., 1991) มะรุม (กุลยา และคณะ,

2554) บล็อกโคลี (Silva *et al.,* 2013) และ ผักโขมผง (Zhu *et al*., 2009) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การเพิ่มวัตถุดิบกลุ่มนี้มีผลต่อความแน่นเนื้อของเส้นบะหมี่ (Ikeda *et al*., 1997; Rayas-Duarte *et al*., 1996) เนื่องจากวัตถุดิบกลุ่มนี้ไปขัดขวางการเชื่อมโยงของโปรตีนและสตาร์ชในเส้นบะหมี่ และ Hatcher *et al*. (2008) พบว่า เส้นใยมีผลต่อลักษณะเนื้อด้านการกัดเคี้ยวซึ่งเหมือนกับการเสริมไลโคปินสดในเส้นบะหมี่ เป็นผลให้มีค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มต่ำลงตามปริมาณไลโคปินสดที่ระดับเพิ่มสูงขึ้น แต่มากกว่าสูตรควบคุม ซึ่งทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการเชื่อมโยงของปริมาณโปรตีน สตาร์ช และเส้นใยในโครงสร้างเส้นบะหมี่อีกด้วย (Hatcher *et al*., 2008) และสอดคล้องกับปริมาตรที่เพิ่มขึ้นด้านความหนาของเส้นบะหมี่หลังการต้มสุกอีกด้วยด้วย เมื่อนำเส้นบะหมี่ต้มสุกไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีที่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 สูงสุด

เนื่องจากเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสดร้อยละ 15 ให้คุณภาพด้านกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสเหมาะสม จึงนำไปศึกษาอายุการเก็บในที่กล่องทึบแสงและที่แสงส่องผ่านนาน 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง (30±5 องศาเซลเซียส) พบว่า เส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดมีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพและเคมีเพียงเล็กน้อย ยกเว้นค่าสีของเส้นบะหมี่ที่มีการเก็บรักษาในที่สว่าง ทั้งนี้เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บรักษามีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำจึงทำให้ไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อของเส้นบะหมี่แห้ง แต่แสง (Tran *et al*., 2008) เป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันของไลโคปิน เป็นผลให้สีของเส้นบะหมี่แห้งมีค่าลดลง และเมื่อทำนายอายุการเก็บเส้นบะหมี่แห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 286 วัน หรือประมาณ 9 เดือน

สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรม

สรุป

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสด เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ที่ระดับไลโคปินสดร้อยละ 15 ที่มีส่วนผสมคือ แป้งสาลีเอนกประสงค์ สตาร์ชข้าวสาลี ไลโคปินสด เกลือ ไข่ น้ำ กัวกัม น้ำมันพืช แป้งข้าวโพด และโซเดียมไบคาร์บอเนต ร้อยละ 80 20 15 2 25 21 0.8 5 5 และ 0.2 มีสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

1. สมบัติทางเคมี พบว่า การเสริมไลโลปินสดในเส้นบะหมี่แห้งไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น โดยมีค่าในช่วงร้อยละ 6.62-7.21 แต่มีผลต่อปริมาณไลโคปินที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณไลโคปินสดที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณไลโคปินในช่วงร้อยละ 0.95-2.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

2. การเสริมไลโคปินสดในเส้นบะหมี่แห้งมีผลต่อการขยายตัว ลักษณะเนื้อ ค่าสี และคุณภาพการหุงต้มของเส้นบะหมี่แห้งและหลังต้มสุก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของเส้นด้านความหนาและความกว้างเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเสริมไลโคปินที่ระดับร้อยละ 15 ส่วนลักษณะเนื้อด้านความแข็งและความเปราะของเส้นบะหมี่แห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมไลโคปินสด ส่วนค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณไลโคปินสดที่เพิ่มขึ้น ส่วนคุณภาพหลังการต้ม ในด้านเวลาที่ใช้ในการต้มสุก ร้อยละของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณไลโคปิน และด้านเค้าโครงลักษณะเนื้อ พบว่า การเสริมไลโคปินสดในเส้นบะหมี่แห้งมีผลต่อความแน่นเนื้อ ความยืดหยุ่น และการทนทานต่อการเคี้ยว

3. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบค่าสีเส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดที่ระดับร้อยละ 15 สูงที่สุด ส่วนความชอบในด้านอื่นๆ ได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุมและเมื่อนำไปทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไปในเขตจังหวัดลำปางจำนวน 100 คน ที่สมัครใจในการทดสอบชิมเส้นบะหมี่เสริมไลโคปินสด พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 90.67 ให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่แห้งเสริมไลโคปินสดด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจและเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

4. ผลการทำนายอายุการเก็บแบบการส่งผ่านความชื้นของเส้นบะหมี่แห้ง ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดลามิเนตระหว่างชนิดโพลีโพรพิลีนลามิเนตกับโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่สภาวะทึบแสง พบว่า สามารถเก็บรักษาได้นาน 9 เดือน และมีสมบัติทางกายภาพและเคมีคงที่เมื่อเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง