บทที่ 3
ผลของระดับความสุกแก่ของสับปะรดและสายพันธุ์ยีสต์ต่อการผลิตไวน์สับปะรด

บทนำ

ผลไม้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำไวน์ผลไม้มีมากมาย ราคาไม่แพง บางชนิดมีคุณสมบัติคล้ายองุ่นมาก ซึ่งหนึ่งในผลไม้ที่นิยมมาใช้ในการผลิตนั้นก็คือสับปะรด สับปะรดเป็นผลไม้ที่สามารถนำมาสกัดน้ำได้ผลผลิตที่ค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 55 (Chanprasartsuk *et al*., 2010) ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และระดับความสุกแก่ (นิอร และคณะ, 2554) น้ำสับปะรดมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในสับปะรดพบว่า มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 9-20 และมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.65-0.85 (นิอร และคณะ, 2554; Kongsuwan *et al.,* 2009; Panjai *et al.,* 2009; USDA, 2012) จึงทำให้การทำไวน์ผลไม้จากสับปะรดไม่จำเป็นต้องมีการปรับน้ำหมักด้วยการเติมน้ำเป็นจำนวนมากเพื่อเจือจางปริมาณกรด หรือเติมน้ำตาลเพิ่มในปริมาณสูงเพื่อเป็นสับสเตรทเริ่มต้นของยีสต์ในการเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ ศักดิ์สิทธิ์ และคณะ (2548) รายงานว่า ไวน์ผลไม้ส่วนใหญ่มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 10-17 (v/v) ในขณะไวน์ผลไม้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 2/2546 ได้กำหนดคุณลักษณะทางเคมีของไวน์ผลไม้ให้มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกินร้อยละ 15 (v/v) ในขณะที่ไวน์ซึ่งผลิตจากองุ่นโดยทั่วไปจะมีแอลกอฮอล์อยู่ระหว่างร้อยละ 8-16 (v/v) ขึ้นกับชนิดของไวน์และระดับความสุกของผลองุ่นที่ใช้ในการทำไวน์ (Moreno-Arribas and Polo, 2009) ทั้งนี้ผลองุ่นที่ใช้ทำไวน์จะมีปริมาณน้ำตาลของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 17-30 (Ribéreau-Gayon *et al.,* 2006b)

ยีสต์ที่เกี่ยวข้องในการหมักไวน์มีทั้งพวก non-*Saccharomyces* และ *Saccharomyces* ปัจจุบันมีการพัฒนานำยีสต์ทั้งสองกลุ่มไปใช้ในกระบวนการผลิตไวน์ โดยการใช้ในรูปแบบของจุลินทรีย์ผสม เพื่อให้ได้ไวน์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีความเฉพาะตามชนิดของไวน์ที่ต้องการ (Grossmann *et al.,* 1996; Chomsri, 2008) ในกระบวนการหมักไวน์ ยีสต์จะทำการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และสร้างสารประกอบอื่นๆ อีกจำนวนมาก (Fleet, 1993) ในกระบวนการหมักไวน์ ได้มีการพัฒนารูปแบบการใช้จุลินทรีย์อย่างหลากหลาย มีทั้งการใช้เชื้อผสมในกลุ่ม *Saccharomyces* (Eglinton *et al.,* 2000; Hayasaka *et al.,* 2007) หรือการใช้เชื้อผสมของ *Saccharomyces* และ non-*Saccharomyces* strains (Jeune *et al.,* 2006;

สถาบันวิทยบริการจุฬาลงกรณ์

Brunner, 2006) นอกจากนี้มีการศึกษาวิจัยจำนวนมากได้รายงานผลถึงการหมักแบบธรรมชาติ (spontaneous fermentation) ซึ่งยีสต์ในกลุ่ม non-*Saccharomyces* เช่น *Kloeckera apiculata Hanseniaspora uvarum Hansenula anomala Candida stellata* และ *Candida pulcherrima* (Heard and Fleet, 1986) ซึ่งจะเจริญในช่วง 1-2 วันแรกของการหมัก จากนั้นจะถูกยับยั้งเนื่องจากปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น (Fleet , 1993) หลังจากนั้นยีสต์กลุ่ม *Saccharomyces* ก็จะเจริญแทนที่จนการหมักเสร็จสิ้น (Heard and Fleet, 1986) ลักษณะการเจริญของจุลินทรีย์ในรูปแบบเช่นนี้ก็พบในงานวิจัยอื่นๆ ด้วยเช่นกัน (Heard and Fleet, 1986; Fleet , 1993; Jemec *et al.,* 2001; Rueck, 2005; Maro *et al.,* 2007; Stoebeln, 2007) การหมักแบบธรรมชาตินี้บางครั้ง พบว่า จะให้ไวน์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี เนื่องจากมีความซับซ้อนของกลิ่นรสที่มากกว่าไวน์ที่ได้จากการหมักด้วยการเติมเชื้อยีสต์บริสุทธิ์สายพันธุ์เดียว อย่างไรก็ตามการหมักแบบธรรมชาติก็อาจจะได้ไวน์ที่มีกลิ่นรสผิดปกติ ไม่เป็นที่ ชื่นชอบของผู้บริโภค ซึ่งขึ้นกับชนิด ปริมาณ และลักษณะการเจริญของยีสต์ในระหว่างกระบวนการหมัก (Bergdolt, 2007; Stoebeln, 2007; Chomsri, 2008; Domizio *et al.*, 2011) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้นักวิจัยมุ่งเน้นถึงการศึกษาการเทคนิคหลากหลายในการเติมใช้เชื้อยีสต์ลงไปในน้ำหมัก โดยพบว่าลักษณะของการเติมเชื้อยีสต์ลงไปในการหมักมีทั้งการใช้เชื้อผสมในกลุ่ม *Saccharomyces* (Grossmann *et al.,* 1996; Eglinton *et al.,* 2000; Hayasaka *et al.,* 2007) หรือการใช้เชื้อผสมของ *Saccharomyces* และ non-*Saccharomyces* strains (Jeune *et al.,* 2006; Brunner, 2006) หรือ pied-de-cuve ที่ใช้น้ำหมักธรรมชาติเป็นกล้าเชื้อ (Bergdolt, 2007) ซึ่ง Soden *et al.* (2000) Bely *et al.* (2008) และ Chomsri (2008) ได้รายงานเทคนิคการเติมเชื้อยีสต์ในการหมักไวน์ไว้ 2 รูปแบบ คือ การเติมในเวลาเดียวกัน (coinoculation) หรือ การเติมเป็นแบบลำดับ (sequential inoculation) งานวิจัยดังกล่าวยังได้นำเสนอผลการทดลอง และอธิบายถึงคุณสมบัติในการสร้างที่แตกต่างกันของยีสต์ในกลุ่มnon-*Saccharomyces* อีกด้วย ทั้งนี้ Grossmann *et al.* (1996) และ Sommer *et al.* (2007) ได้รายงานถึงไวน์ที่ได้จากการหมักน้ำองุ่นโดยการใช้เชื้อผสมมีคุณภาพของกลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น

ถึงแม้ว่าสับปะรดมีธาตุอาหารสำหรับยีสต์ค่อนข้างสมบูรณ์ เมื่อนำมาผลิตเป็นไวน์ผลไม้ชนิดไวน์ขาวแล้วให้รสชาติดี กลิ่นหอม นุ่มนวล ฉ่ำลิ้น การนำสับปะรดมาทำการผลิตไวน์ก็ยังเกิดปัญหาอยู่เช่นกัน เช่น การเกิดตะกอนขึ้นหลังทำการบรรจุไวน์สับปะรดในขวดแล้ว และยังเกิดรสขมขึ้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาถึงผลของระดับความสุกแก่ของสับปะรด และสายพันธุ์ยีสต์ในระหว่างการหมักไวน์สับปะรดที่มีต่อคุณภาพของไวน์สับปะรด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำผลวิจัยที่ได้ไปใช้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตไวน์สับปะรด และพัฒนาคุณภาพไวน์สับปะรดให้มีคุณภาพ และมีความสม่ำเสมอที่ดีขึ้น

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ศึกษาคุณภาพสับปะรดที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ปลูกในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง แบ่งระดับความสุกของผลสับปะรดเป็น 3 ระดับ ล้างทำความสะอาดผลสับปะรด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก คั้นเอาน้ำสับปะรด ด้วยเครื่องบีบ hydraulic press (CMC Hydraulic Press Ltd., Thailand) จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ โดยวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (JUKI Model JS 555, Japan) และความข่นด้วยเครื่องวัดค่าความขุ่นของเหลว (LaMotte model 2020-e/i, USA) ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี โดยวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) (Consourt, Model C831, Belgium) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) โดยใช้ hand refractometer ปริมาณกรดทั้งหมด (เทียบกับกรดซิตริก) โดยวิธีการไตเตรทตามวิธีดัดแปลงจาก Iland *et al.* (1993) ปริมาณแอลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระ (FAN) ตามวิธีดัดแปลงจาก Wylie and Johnson (1961) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี phenol sulfuric (วัฒนาลัย และสรวง, 2536)

3.2 ศึกษาผลของความสุกแก่และสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณลักษณะการหมักไวน์สับปะรด

1. วางแผนการทดลองแบบ 3x4 factorial in CRD (completely randomized design) มีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ระดับความสุกแก่ของสับปะรดแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ สีเหลืองของตาบนเปลือกสับปะรดร้อยละ10-35 (M2) ร้อยละ 35-70 (M3) และร้อยละ 70-80(M4) ตามวิธีของ Mohammed (2004) และสายพันธุ์ยีสต์ที่แตกต่างกัน4พันธุ์ คือ *Saccharomyces cerevisiae* E1 *S. cerevisiae* B1 *Toluraspora delbrueckii* และ *Kluyveromyces thermotolerans* โดยวางแผนการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3.1 สิ่งทดลองที่ใช้ในการศึกษาผลของระดับความสุกแก่ของสับปะรดและสายพันธุ์ยีสต์ต่อการผลิตไวน์สับปะรด

treatment	maturity		yeast	
	yellow eyes (%)	maturity code	species	yeast code
1	10-35	M2	*S. cerevisiae* E1	S1
2	10-35	M2	*S. cerevisiae* B1	S2
3	10-35	M2	*T. delbrueckii*	T
4	10-35	M2	*K. thermotolerans*	K
5	35-70	M3	*S. cerevisiae* E1	S1
6	35-70	M3	*S. cerevisiae* B1	S2
7	35-70	M3	*T. delbrueckii*	T
8	35-70	M3	*K. thermotolerans*	K
9	71-80	M4	*S. cerevisiae* E1	S1
10	71-80	M4	*S. cerevisiae* B1	S2
11	71-80	M4	*T. delbrueckii*	T
12	71-80	M4	*K. thermotolerans*	K

2. เตรียมน้ำหมักโดยนำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ทั้ง 3 ระดับ นำมาทำการล้างด้วยน้ำสะอาด แช่คลอรีน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 2 นาที จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก นำมาทำการบีบน้ำด้วยเครื่องบีบแบบ hydraulic press (CMC Hydraulic Press Ltd., Thailand) ปรับคุณภาพของน้ำสับปะรดด้วยน้ำตาลทรายให้มีปริมาณของแข็งที่ลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ โพแทสเซียมเมตาไบซัลเฟต (KMS)150 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วบรรจุในขวดขนาด 750 มิลลิลิตร ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วย air lock ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จึงเติมเชื้อยีสต์ให้มีจำนวนประมาณ 10^6 เซลล์ ต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำการหมักที่อุณหภูมิ 25$\pm$2 องศาเซลเซียส ในระหว่างการหมักทำการติดตามจลนพลศาสตร์การหมักของน้ำสับปะรดโดยการชั่งน้ำหนัก (Chomsri, 2008) ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ yeast extract peptone dextrose (YEPD) ตามภาคผนวก ข และตรวจนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้ heamocytometer โดยใช้เทคนิคการย้อมสีด้วย methylene blue (Chomsri, 2008) ตรวจวิเคราะห์ไวน์สับปะรดหลังจากเสร็จสิ้นการหมักด้านเคมี

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

คือ พีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณ FAN ทุก 3 วันของการหมักจนครบ 15 วัน

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพไวน์สับปะรด

ยุติการหมักไวน์สับปะรดจากข้อ 3.2 หลังจากทำการหมักนาน 15 วัน โดยนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ถ่ายส่วนใส เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน แล้วนำไวน์สับปะรดไปตรวจวิเคราะห์ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระ (FAN) ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Iland *et al.*,1993) ปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้ ebulliometer และทำการศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตามวิธีดัดแปลงจาก Jackson (2002) และ American Wine Society (2011) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x4 factorial in RCBD ในการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี ANOVA (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range test (DMRT)

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร

ผลการทดลอง

3.1 คุณภาพของสับปะรดที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

สับปะรดที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสับปะรดที่เก็บเกี่ยวจากพื้นที่เพาะปลูก อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ในปี พ.ศ. 2555 แบ่งระดับความสุกแก่ของสับปะรดออกเป็น 3 ระดับตามวิธีของ Mohammed (2004) โดยอาศัยสีของเปลือกตาสับปะรด คือ สีเหลืองของตาบนเปลือกร้อยละ 10-35 (M2) ร้อยละ 35-70 (M3) และร้อยละ 70-80 (M4) ดังแสดงในภาพที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เกษตร

ภาพที่ 3.1 สับปะรดที่ระดับความสุกแก่ต่างๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลอง

การสกัดน้ำสับปะรดด้วยเครื่องบีบน้ำผลไม้แบบ hydraulic press พบว่า ปริมาณน้ำผลไม้ที่บีบได้ (% yield of juice) จากสับปะรดทั้ง 3 ระดับความสุกแก่ไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยพบว่า มีปริมาณร้อยละของน้ำสับปะรดที่บีบได้อยู่ระหว่างร้อยละ 47.60-62.38 เมื่อเทียบกับสับปะรดทั้งผลที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก

ตารางที่ 3.2 ปริมาณร้อยละของน้ำสับปะรดที่คั้นได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ

Maturity level	% yield of juice ^{ns}
M2	47.60±6.37
M3	53.38±4.78
M4	62.38±8.30

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำน้ำสับปะรดที่ได้จากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ต่างๆ มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยการวัดค่าสี พบว่า ค่า b ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองของน้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 มีค่ามากกว่าน้ำสับปะรดที่มาจากสับปะรดที่ระดับความสุก M3 และ M2 ($p \leq 0.05$) และในด้านความขุ่น (ตารางที่ 3.3) พบว่า น้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ความสุกแก่ระดับ M4 มีค่าความขุ่นเท่ากับ 824 NTU (Nephelometric Turbidity Units) ซึ่งมากกว่าน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M2 และ M3 ที่มีความขุ่นเท่ากับ 336 และ 299 NTU ตามลำดับ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3.3 ค่าความสว่าง (L) ค่าความเป็นสีแดง (a) ค่าความเป็นสีเหลือง (b) และความขุ่น (turbidity) ของน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ

Maturity level	L*	a*	b*	turbidity (NTU) *
M2	27.44±0.71^{b}	1.49±0.01^{c}	11.84±0.07^{c}	336±30^{b}
M3	30.43±0.71^{a}	2.10±0.07^{b}	15.85±0.07^{b}	299±7^{b}
M4	23.91±0.78^{c}	3.82±0.07^{a}	17.09±0.07^{a}	824±9^{a}

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตร

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ (ตารางที่ 3.4) พบว่า ค่าพีเอชของน้ำสับปะรดที่ได้จากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 M3 และ M4 ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity; TA) ในน้ำสับปะรดพบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าลดลงเมื่อสับปะรดมีความสุกเพิ่มมากขึ้น ในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดพบว่า เมื่อสับปะรดมีความสุกเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS) และปริมาณของอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระ (FAN) จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 3.2)

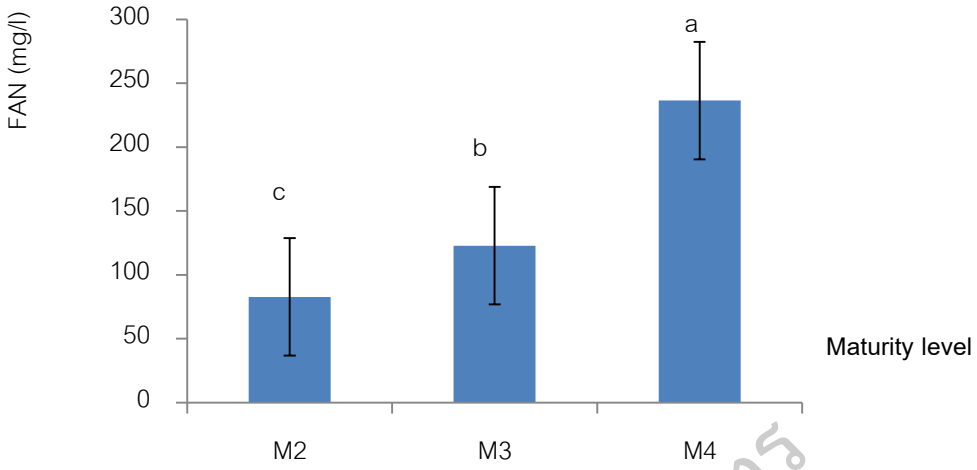
ตารางที่ 3.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) และพีเอชของน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ

Maturity level	TSS (^{o}Brix)*	TA (%)*	pH^{ns}
M2	12.24±0.06^{c}	0.77±0.00^{a}	3.67±0.04
M3	13.85±0.07^{b}	0.89±0.08^{a}	3.72±0.11
M4	15.1±0.14^{a}	0.40±0.23^{b}	3.90±0.03

*ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาพที่ 3.2 แสดงปริมาณของอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระ (FAN) ในน้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 M3 และ M4 ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณของแอลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนของน้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ความสุก M2 M3 และ M4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 จะมีปริมาณของอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจน (FAN) สูงสุด คือ 236.46 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ น้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M3 และ M2 ซึ่งมีปริมาณของอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระ (FAN) เท่ากับ 122.81 และ 82.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีการเกษตร



ภาพที่ 3.2 ปริมาณของอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระในน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ

หมายเหตุ: อักษรกำกับต่างกันบนกราฟแท่ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

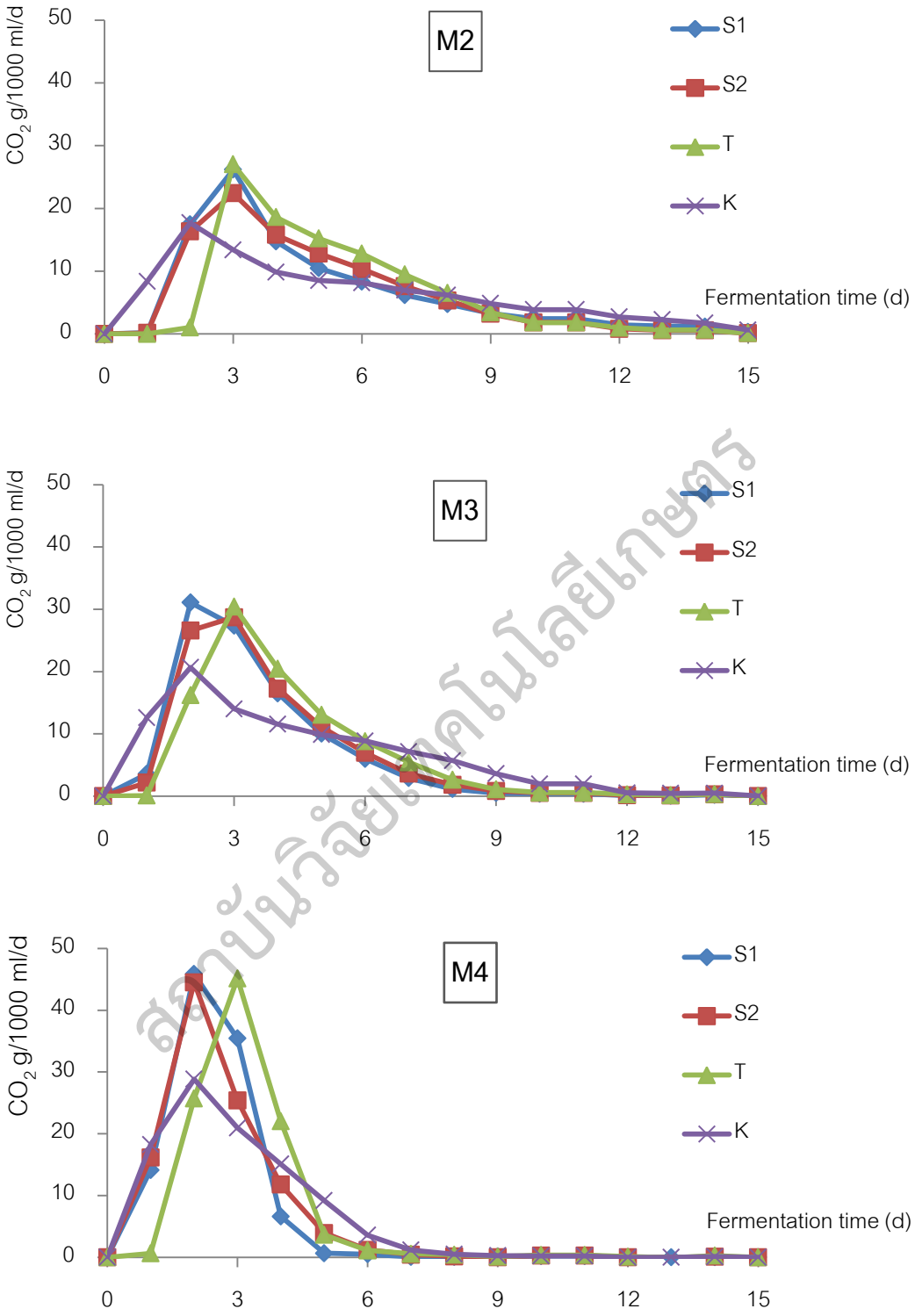
3.2 ผลของระดับความสุกแก่ต่อคุณลักษณะการหมักไวน์สับปะรด

การศึกษาการหมักของน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกต่างๆ คือ M2 M3 และ M4 โดยใช้ยีสต์ 4 สายพันธุ์ คือ *Saccharomyces cerevisiae* E1 *S. cerevisiae* B1 *Toluraspora delbrueckii* และ *Kluyveromyces thermotolerans* พบว่า ยีสต์มีอัตราการหมักที่แตกต่างกันเมื่อใช้น้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่แตกต่างกันในการหมักไวน์สับปะรด การพิจารณาการจลนพลศาสตร์การหมักไวน์สับปะรดที่ได้จากการติดตามแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยีสต์สร้างขึ้น โดยการชั่งน้ำหนักของน้ำหมักที่ลดลงในแต่ละวัน พบว่าน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 ยีสต์มีอัตราการหมักรวดเร็วกว่าน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M3 และยีสต์มีอัตราการหมักต่ำสุดเมื่อใช้น้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M2 ในการหมักไวน์สับปะรด และยังพบว่าที่ระดับความสุกแก่ M2 M3 และ M4 ยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์มีอัตราการหมักที่ค่อนข้างคล้ายกัน โดยที่ยีสต์ในกลุ่ม *Saccharomyces* จะมีอัตราการหมักที่เร็วกว่าการใช้ยีสต์ในกลุ่ม non-*Saccharomyces* คือ *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* เล็กน้อย (ภาพที่ 3.3) การตรวจติดตามปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ยีสต์สร้างขึ้น ยังแสดงให้เห็นว่ายีสต์มีอัตราการหมักน้ำสับปะรดอย่างรวดเร็วในระยะช่วงเวลา 2-3 วันแรกของการหมัก โดยการใช้ *S. cerevisiae* E1 ในการหมักน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M4 จะส่งผลให้

เกิดอัตราการหมักสูงสุด และการใช้ *K. thermotolerans* ในการหมักน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M2 จะส่งผลให้เกิดอัตราการหมักต่ำสุดคือ 22.93 และ 8.86 กรัมต่อลิตรต่อวัน ตามลำดับ

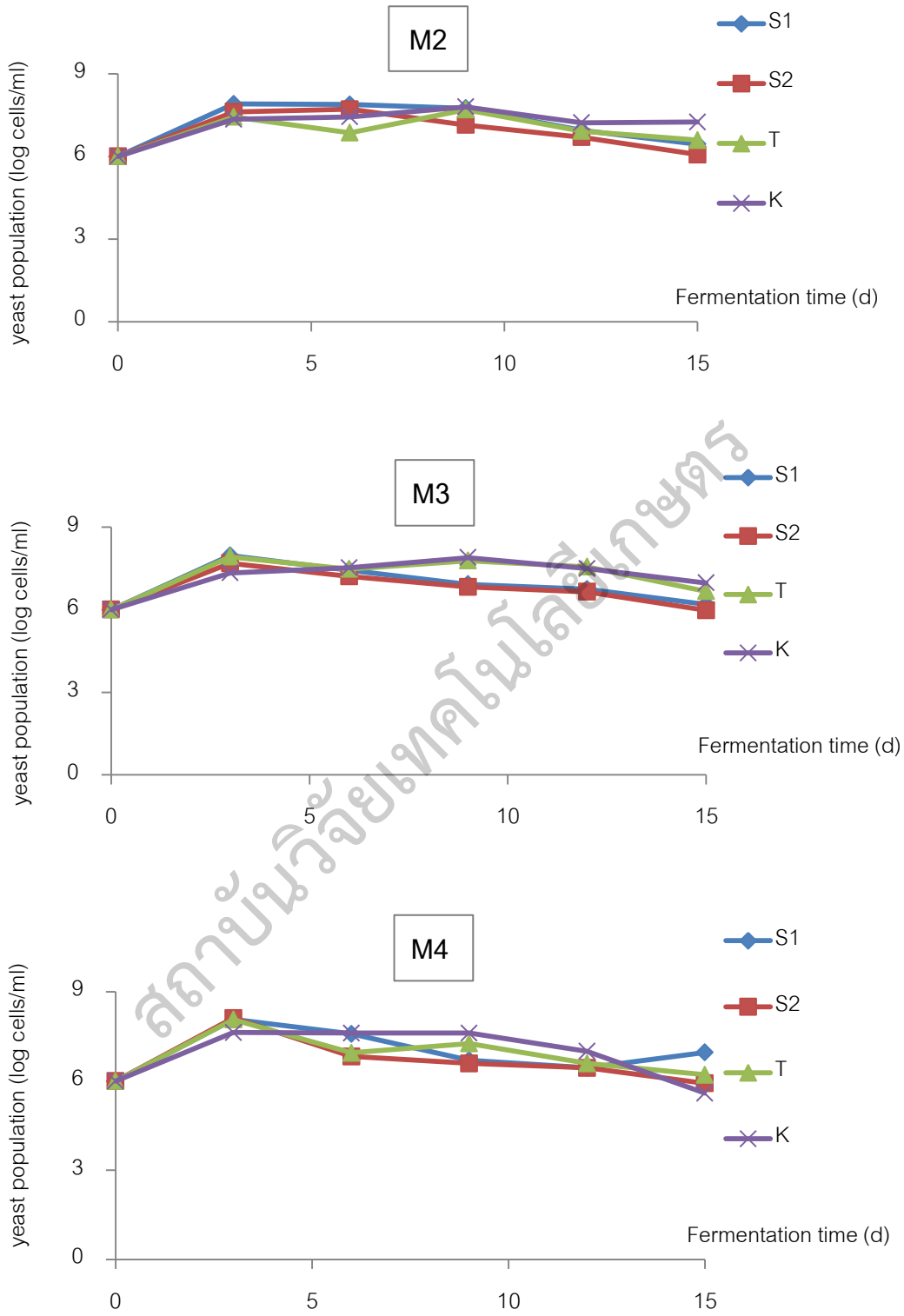
การตรวจติดตามการเจริญเติบโตของยีสต์ในระหว่างการหมักน้ำสับปะรดด้วยยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์คือ *S. cerevisiae* E1 *S. cerevisiae* B1 *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* พบว่า ยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนสูงสุดในช่วงระยะเวลา 3 วันแรกของการหมัก (ภาพที่ 3.4) โดยมีการเพิ่มจำนวนของยีสต์โดยเฉลี่ยในน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 M3 และ M4 มีค่าเท่ากับ 1.57 1.73 และ 1.91 log cfu/ml ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์ในน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ทั้ง 3 ระดับ พบว่าการใช้น้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 ยีสต์ 3 สายพันธุ์คือ *S. cerevisiae* E1 *S. cerevisiae* B1 และ *T. delbrueckii* มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการใช้น้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M3 และ M2 (8.08 8.12 และ 8.07 log cell/ml ตามลำดับ)ในขณะที่ *K. thermotolerans* มีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันในน้ำสับปะรด M3 และ M4 คือ 7.68 และ 7.63 log cell/ml ตามลำดับ

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร



สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.3 จลนพลศาสตร์การหมักของน้ำสับปะรดด้วยยีสต์ 4 สายพันธุ์ เมื่อใช้น้ำหมักที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ

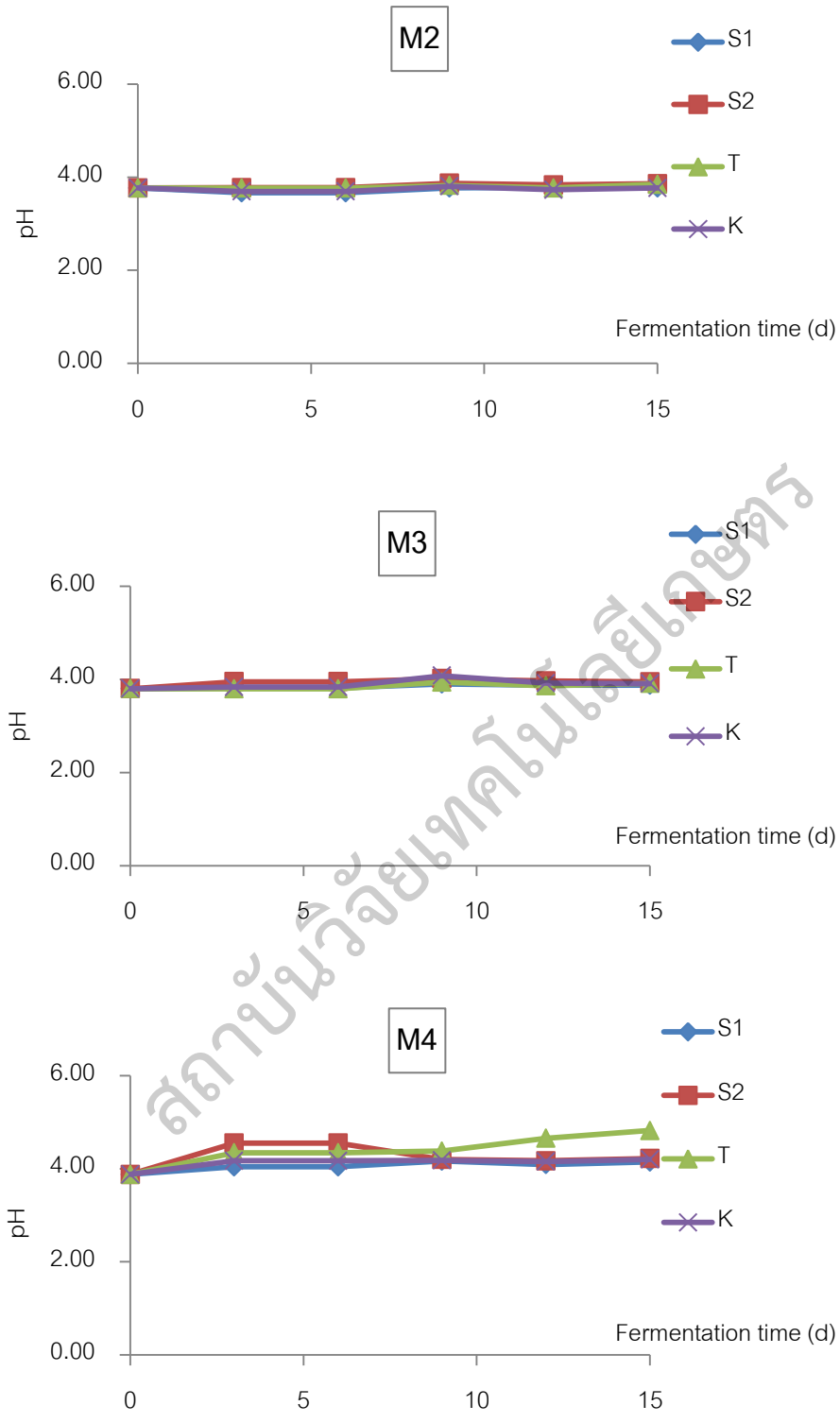


สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

ภาพที่ 3.4 การเจริญเติบโตของยีสต์ 4 สายพันธุ์ เมื่อใช้น้ำหมักที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ

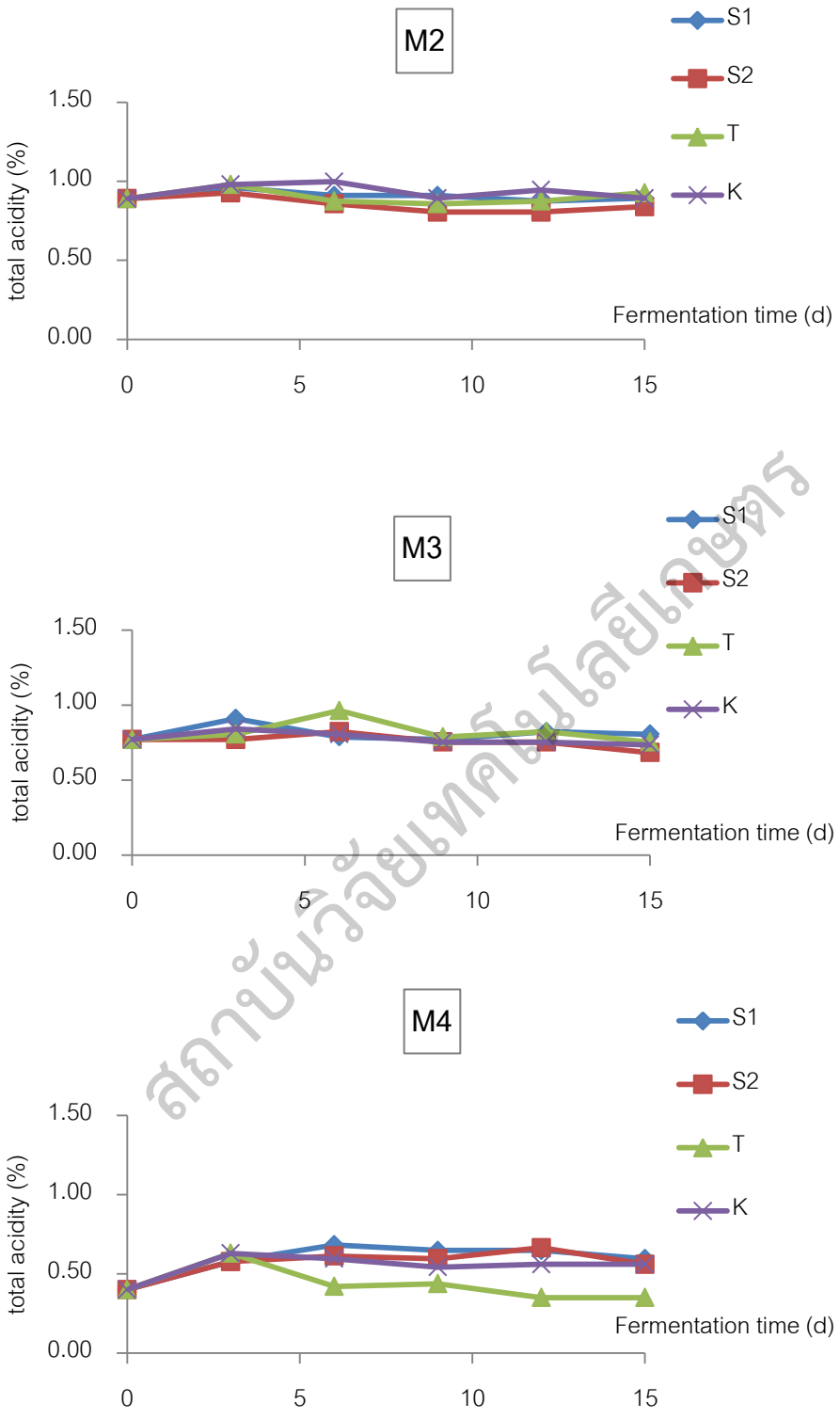
การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดระดับความสุกแก่ทั้ง 3 ระดับ ด้วยยีสต์ 4 สายพันธุ์ แสดงในภาพที่ 3.5 3.6 และ 3.7 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าพีเอชในระหว่างการหมักมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.83-4.41 ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.56-0.86 ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 20 องศาบริกซ์ ลงมาอยู่ในช่วงระหว่าง 6.40 - 7.00 องศาบริกซ์

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร



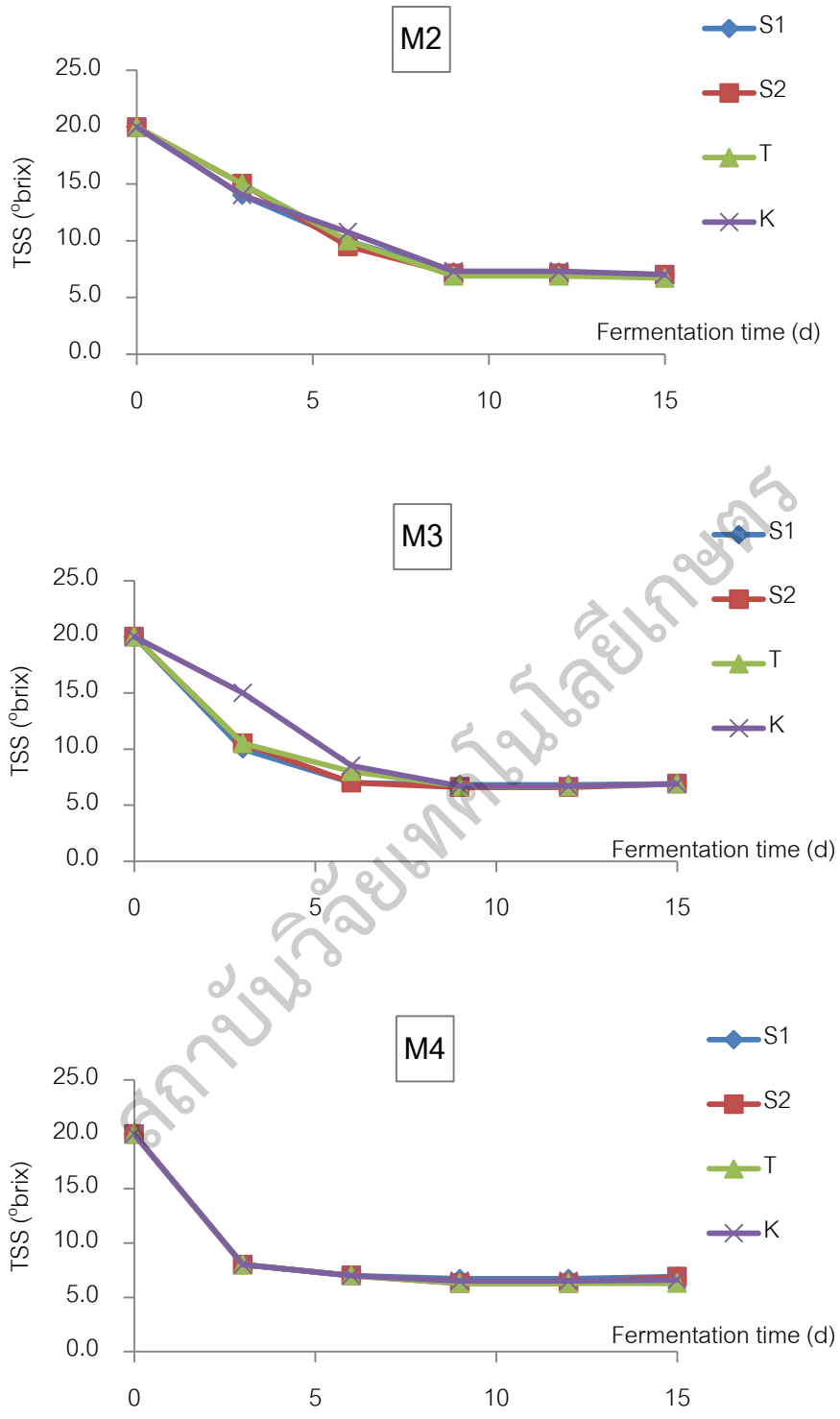
สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

ภาพที่ 3.5 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการหมักน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ



สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

ภาพที่ 3.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ



สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

ภาพที่ 3.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ

3.3 ผลของระดับความสุกแก่และสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพไวน์สับปะรด

การใช้ผลสับปะรดที่ระดับความแก่ M2 M3 และ M4 ในเตรียมน้ำสับปะรด แล้วหมักด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* E1 *S. cerevisiae* B1 *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* แล้วทำการยุติการหมัก นำไวน์สับปะรดไปบ่มนาน 15 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ระดับความสุกแก่ของสับปะรดมีผลต่อค่าสีเหลือง (b) ของไวน์สับปะรด โดยการใช้น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดระดับความสุกแก่ M3 และ M4 ในการทำไวน์สับปะรด จะทำให้ค่าสีเหลืองของไวน์สับปะรดมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 (ตารางที่ 3.5) ในขณะที่ค่าความขุ่นของไวน์สับปะรดที่ทำจากผลสับปะรดทั้ง 3 ระดับความสุกแก่มีค่าที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ หลังจากทำการหมัก 15 วัน คือความขุ่นที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 86.02-94.35 NTU ส่วนสายพันธุ์ยีสต์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลให้ค่าสีและความขุ่นของไวน์สับปะรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

เมื่อพิจารณาด้านปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างปัจจัยที่ 1 คือ ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดทั้ง 3 ระดับ และปัจจัยที่ 2 คือ สายพันธุ์ยีสต์ ทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างความสุกแก่ของผลสับปะรดทั้ง 3 ระดับ และ ยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีผลทำให้คุณลักษณะทางกายภาพของไวน์สับปะรดมีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.5 โดยพบว่า การใช้สับปะรดที่มีความสุกแก่เพิ่มขึ้นในการผลิตไวน์สับปะรด จะส่งผลให้ไวน์สับปะรดที่ได้ได้มีแนวโน้มค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นการใช้ผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M3 ร่วมกับ *S. cerevisiae* E1 และ *S. cerevisiae* B1 และ การใช้น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดความสุกแก่ M4 ร่วมกับ *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* ในการหมักมีผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองของไวน์สับปะรดที่ได้มีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 ผลของระดับความสุกแก่ของสับปะรดและสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณลักษณะด้านสีและความขุ่นของไวน์สับปะรดหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ15 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน

Factor	*L*	*a*	*b*	Turbidity (NTU)*
Maturity level	*	*	*	ns
M2	71.73±3.63^{a}	0.40±0.55^{b}	20.31±1.49^{b}	86.02±10.55
M3	67.72±2.28^{b}	0.93±0.36^{a}	22.53±3.07^{a}	95.17±11.01
M4	71.26±3.83^{a}	0.35±0.52^{b}	22.77±2.54^{a}	94.35±16.70
Yeast strain	ns	ns	ns	ns
S. cerevisiae E1 (S1)	69.95±4.23	0.49±0.59	21.39±2.80	93.22±14.34
S. cerevisiae B1 (S2)	71.14±2.56	0.57±0.45	22.31±2.74	91.30±11.06
T. delbrueckii (T)	70.31±4.51	0.38±0.54	21.12±2.70	89.17±14.97
K. thermotolerans (K)	69.54±3.91	0.80±0.60	22.65±2.58	93.72±15.17
interaction	*	*	*	*
M2xS1	67.55±2.09^{cd}	0.95±0.01^{ab}	19.18±0.44^{b}	96.80±8.48^{abcd}
M2xS2	71.08±2.25^{abcd}	0.75±0.18^{abc}	20.44±2.03^{b}	87.65±9.40^{bcde}
M2xT	75.23±3.41^{a}	-0.25±0.15^{d}	20.20±1.05^{b}	75.55±9.54^{e}
M2xK	73.00±2.97^{abc}	0.14±0.43^{cd}	21.42±2.23^{b}	83.90±8.34^{de}
M3xS1	67.59±3.90^{cd}	0.75±0.39^{abc}	24.91±0.76^{a}	105.55±10.53^{ab}
M3xS2	69.12±1.14^{abcd}	0.85±0.46^{ab}	25.47±0.11^{a}	103.45±1.77^{abc}
M3xT	68.55±0.71^{bcd}	0.79±0.07^{abc}	18,73±0.12^{b}	86.70±5.09^{cde}
M3xK	65.59±2.21^{d}	1.34±0.30^{a}	21.02±1.82^{b}	85.00±2.26^{de}
M4xS1	74.68±1.77^{ab}	-0.22±0.10^{d}	20.09±0.67^{b}	77.30±2.97^{e}
M4xS2	73.22±3.11^{abc}	0.09±0.25^{d}	21.02±1.81^{b}	82.80±7.35^{de}
M4xT	67.14±3.85^{cd}	0.62±0.44^{bc}	24.43±0.54^{a}	105.05±11.24^{ab}
M4xK	70.01±2.71^{abcd}	0.92±0.21^{ab}	25.52±0.30^{a}	112.25±6.71^{a}

*ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไวน์สับปะรด หลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน ดังแสดงในตารางที่ 3.6 ในด้านปัจจัยของระดับความสุกแก่ของสับปะรดทั้ง 3 ระดับ พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์สับปะรด และปริมาณของแอลกอฮอล์ในไวน์สับปะรดไม่มีความแตกต่างกัน แต่การใช้น้ำสับปะรดจากผลสับปะรดที่มีความสุกแก่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ไวน์สับปะรดมีค่าพีเอช และปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระที่เพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณกรดทั้งหมดลดลง ส่วนปัจจัยด้านสายพันธุ์ยีสต์ พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณของแอลกอฮอล์ และปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระในไวน์สับปะรดที่ได้จากการหมักน้ำสับปะรดด้วยยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่สายพันธุ์ยีสต์มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชของไวน์สับปะรด ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า การใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* E1 และ *K. thermotoleran* ในการหมักไวน์สับปะรด จะทำให้ค่าไวน์สับปะรดที่ได้มีปริมาณกรดสูงกว่าการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* B1 และ *T. delbrueckii* ในการหมักไวน์สับปะรด

การพิจารณาด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ 1 คือ ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดที่ใช้ทำไวน์สับปะรด จำนวน 3 ระดับความสุกแก่ และปัจจัยที่ 2 คือ สายพันธุ์ยีสต์จำนวน 4 สายพันธุ์ พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดและสายพันธุ์ยีสต์ ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระในไวน์สับปะรด แต่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชของไวน์สับปะรดมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 ผลของระดับความสุกแก่ของสับปะรด และสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพทางเคมีของไวน์สับปะรดหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน

Factor	TSS (^{o}brix)	TA (%)	pH	Alcohol(%v/v)	FAN (mg/l)
maturity level	ns	*	*	ns	*
M2	6.85±0.35	0.89±0.04^{a}	3.81±0.05^{c}	11.90±0.40	23.22±8.81^{b}
M3	6.90±0.11	0.75±0.06^{b}	3.91±0.03^{b}	11.64±0.43	76.75±38.70^{b}
M4	6.36±0.92	0.52±0.10^{c}	4.34±0.30^{a}	11.34±0.87	182.03±129.65^{a}
yeast strain	ns	*	*	ns	ns
S. cerevisiae E1 (S1)	6.93±0.10	0.76±0.14^{a}	3.92±0.17^{b}	11.83±0.30	73.94±49.96
S. cerevisiae B1 (S2)	6.93±0.10	0.69±0.12^{bc}	4.00±0.17^{b}	11.57±0.47	74.95±52.05
T. delbrueckii (T)	6.53±0.38	0.68±0.17^{c}	4.19±0.49^{a}	11.82±0.46	100.14±66.91
K. thermotolerans (K)	6.39±1.11	0.73±0.15^{ab}	3.96±0.20^{b}	11.28±1.01	126.97±186.22
interaction	ns	*	*	ns	ns
M2xS1	7.00±0.00	0.89±0.02^{ab}	3.76±0.02^{d}	11.80±0.42	31.25±1.82
M2xS2	7.00±0.00	0.84±0.00^{bc}	3.86±0.00^{cd}	11.90±0.56	30.56±3.51
M2xT	6.40±0.56	0.93±0.03^{a}	3.84±0.35^{cd}	12.00±0.71	17.44±5.78
M2xK	7.00±0.00	0.89±0.02^{ab}	3.77±01.4^{d}	11.90±0.28	13.55±0.89
M3xS1	6.90±0.14	0.81±0.00^{cd}	3.87±0.21^{cd}	11.80±0.42	53.97±0.14
M3xS2	6.90±0.14	0.68±0.02^{e}	3.94±0.21^{c}	11.10±0.14	56.84±0.27
M3xT	6.90±0.14	0.75±0.08^{de}	3.91±0.01^{cd}	11.90±0.28	135.37±35.71
M3xK	6.90±0.14	0.74±0.00^{de}	3.91±0.14^{cd}	11.75±0.49	60.81±0.14
M4xS1	6.90±0.14	0.60±0.00^{f}	4.14±0.01^{b}	11.90±0.28	136.60±13.47
M4xS2	6.90±0.14	0.56±0.00^{f}	4.22±0.00^{b}	11.70±0.28	137.35±34.17
M4xT	6.35±0.07	0.55±0.05^{g}	4.82±0.21^{a}	11.55±0.49	147.61±20.20
M4xK	5.29±1.56	0.56±0.05^{f}	4.20±0.01^{b}	10.20±1.14	306.56±272.76

*ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิจัยและเทคโนโลยีเกษตร

ไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่และสายพันธุ์ยีสต์ที่แตกต่างกัน บ่มนาน 3 เดือน ที่อุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 3.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไวน์สับปะรดที่ทำจากผลสับปะรดที่มีระดับความสุกแก่และสายพันธุ์ยีสต์แตกต่างกัน และ ทำการบ่มนาน 3 เดือน พบว่า ผู้บริโภคประเมินคุณลักษณะของไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดระดับความสุกแก่ M2 M3 และ M4 ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นที่ได้จากการสูดดม รสชาติที่ได้จากการกลืน และกลิ่นและรสชาติที่ยังหลงเหลือค้างในปากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านความพอใจในคุณภาพหรือมูลค่าของไวน์สับปะรดโดยรวม (overall) พบว่า ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดที่ใช้ทำไวน์สับปะรดไม่ส่งผลต่อความแตกต่างในคุณลักษณะดังกล่าว เมื่อพิจารณาคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดระดับความสุกแก่ M3 จะมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสดีกว่าไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดระดับความสุกแก่ M2 และ M4 ส่วนคุณลักษณะด้านความพอใจในคุณภาพ หรือมูลค่าของไวน์ผลไม้โดยรวม เมื่อพิจารณาปัจจัยของยีสต์สายพันธุ์ที่แตกต่างกัน พบว่า คะแนนที่ได้รับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นที่ได้จากการสูดดม รสชาติที่ได้จากการกลืนและ กลิ่นรวมทั้งรสชาติที่ยังหลงเหลือค้างในปาก มีค่าที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3.7 ในขณะที่สายพันธุ์ยีสต์ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านความพอใจในคุณภาพหรือมูลค่าของไวน์สับปะรดโดยรวม โดยไวน์สับปะรดที่หมักด้วยยีสต์ *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* จะได้รับคะแนนสูงกว่า *S. cerevisiae* E1 และ B1 ($p \leq 0.05$)

จากผลการศึกษา (ตารางที่ 3.7) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยที่ 1 คือ ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดที่ใช้ทำไวน์สับปะรด จำนวน 3 ระดับความสุกแก่ และปัจจัยที่ 2 คือ สายพันธุ์ยีสต์ จำนวน 4 สายพันธุ์ ที่ส่งผลต่อความแตกต่างของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในไวน์สับปะรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาพที่ 3.8 ลักษณะของไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ และสายพันธุ์ยีสต์จำนวน 4 สายพันธุ์ หลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร

ตารางที่ 3.7 ผลของระดับความสุกแก่ของสับปะรดและสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของไวน์สับปะรดหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน

Factor	appearance	aroma/bouquet	taste	after taste	overall impression
maturity level	*	*	*	*	ns
M2	1.60± 0.80[b]	3.34±1.12[ab]	3.35±1.23[a]	1.81±0.94[a]	1.04±0.54
M3	1.89±0.80[a]	3.56±1.15[a]	3.44±1.08[a]	1.86±0.83[a]	1.14±0.48
M4	1.54±0.80[b]	2.89±1.08[b]	2.91±1.04[b]	1.50±0.60[b]	0.97±0.42
yeast strain	ns	ns	ns	ns	*
S. cerevisiae E1 (S1)	1.50±0.79	3.27±1.12	3.26±1.19	1.70±0.91	0.97±0.45[ab]
S. cerevisiae B1 (S2)	1.72±0.87	3.03±1.10	2.94±0.88	1.72±0.84	0.93±0.51[b]
T. delbrueckii (T)	1.78±0.76	3.30±1.25	3.48±1.30	1.82±0.80	1.18±0.45[a]
K. thermotolerans (K)	1.73±0.81	3.44±1.10	3.24±1.12	1.67±0.72	1.15±0.49[a]
interaction	ns	ns	ns	ns	ns
M2xS1	1.45±0.76	2.95±1.12	3.15±0.94	1.75±0.94	0.85±0.24
M2xS2	1.57±0.87	3.35±0.82	3.05±1.01	1.75±0.89	0.83±0.62
M2xT	1.68±0.84	3.35±1.53	3.70±1.51	2.01±1.02	1.22±0.56
M2xK	1.71±0.81	3.70±0.95	3.59±1.43	2.75±0.92	1.28±0.55
M3xS1	1.75±0.75	3.85±0.94	3.59±1.05	2.00±1.03	1.25±0.48
M3xS2	1.87±0.98	2.65±1.41	2.80±0.92	1.75±1.11	0.88±0.59
M3xT	2.08±0.70	3.95±0.89	3.90±1.22	1.95±0.68	1.28±0.41
M3xK	1.87±0.82	3.78±0.88	3.58±0.93	1.76±0.43	1.21±0.34
M4xS1	1.30±0.86	3.00±1.15	3.15±1.56	1.35±0.58	0.80±0.48
M4xS2	1.72±0.83	3.10±0.99	2.98±0.78	1.65±0.47	1.07±0.24
M4xT	1.57±0.69	2.60±0.94	2.85±0.94	1.50±0.58	1.05±0.37
M4xK	1.60±0.87	2.85±1.29	2.65±0.73	1.50±0.78	0.98±0.53

*ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร

วิจารณ์

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ในการทำไวน์ผลไม้ได้ เนื่องจากมีปริมาณของน้ำผลไม้ที่สกัดได้สูงประมาณร้อยละ 55 (Chanprasartsuk *et al.,* 2010) มีปริมาณน้ำตาลอยู่ระหว่างร้อยละ 9-20 และมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.65-0.85 (นิอร และคณะ, 2555; Kongsuwan *et al.,* 2009; Panjai *et al.,* 2009; USDA, 2012) จากข้อมูลของการศึกษานี้ พบว่า ร้อยละของปริมาณน้ำสับปะรดที่สกัดได้จากผลสับปะรดทั้ง 3 ระดับความสุกแก่มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 54.45 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Chanprasartsuk *et al.* (2010) ในขณะที่มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาของ Ponjanta *et al*. (2011) ที่รายงานร้อยละของน้ำสับปะรดที่สกัดได้จากสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียอยู่ในช่วง 27.44-30.71

การศึกษาคุณภาพผลสับปะรดในการวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงระดับความสุกแก่ มีผลทำให้น้ำสับปะรดมีแนวโน้มของค่าความสว่างของสี (L) ลดลง ค่าความเป็นสีเหลือง(b) เพิ่มขึ้น และมีค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเมแทบอไลท์ในผลสับปะรด ในระหว่างการพัฒนาความสุกแก่ โดยน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่มีความสุกเพิ่มขึ้น จะมีองค์ประกอบทางเคมีคือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกรดลดลง (ตารางที่ 3.3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pathaveerat *et al.* (2008) และยังพบว่าในสับปะรดมีกลุ่มของน้ำตาลที่พบ ได้แก่ ซูโครส กลูโคส ฟรุกโทส Ponjanta *et al*. (2011) รายงานการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลซูโครส และกลูโคส ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีระดับความสุกเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นปริมาณของอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระก็ยังเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน เมื่อผลสับปะรดมีความสุกแก่เพิ่มขึ้น โดยสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 จะมีปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนสูงกว่าสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 เท่ากับ 2.86 และยังพบว่าเมื่อทำการบีบน้ำสับปะรดจากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ต่างกัน จะมีผลต่อปริมาณของน้ำสับปะรดที่ทำการสกัดได้เช่นกัน โดยจะพบว่าสับปะรดที่ความสุกแก่ระดับ M4 จะให้ปริมาณของน้ำสับปะรดจากผลสับปะรดคิดเป็นร้อยละ 62.38 ในขณะที่สับปะรดที่ระดับความสุก M3 และ M2 จะมีปริมาณน้ำสับปะรดที่สกัดได้คิดเป็นร้อยละ 53.38 และ 47.60 ตามลำดับ

การศึกษาลักษณะการหมักของยีสต์ 4 สายพันธุ์คือ *S. cerevisiae* E1 *S. cerevisiae* B1 *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* ในน้ำสับปะรดที่มาจากระดับความสุกแก่ต่างกัน 3 ระดับ คือ M2 M3 และ M4 ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของสายพันธุ์ยีสต์และระดับความสุกแก่ของสับปะรดที่มีต่อคุณลักษณะการหมัก โดยใช้ยีสต์กลุ่ม *Saccharomyces* คือ *S. cerevisiae* E1 และ *S. cerevisiae* B1 และ non-*Saccharomyces* คือ *T. delbrueckii* และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตร

K. thermotolerans ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัย Moreira *et al.* (2011) การใช้ยีสต์ทั้งสองกลุ่มในการหมักน้ำองุ่น เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ต่างกันต่อการหมักยีสต์จะเห็นว่า น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ระดับ M4 จะส่งผลให้ยีสต์มีอัตราการหมักที่เร็วกว่าการใช้น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดระดับความสุก M3 และ M2 ตามลำดับ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของน้ำสับปะรด M4 ต่อการเจริญเติบโตและการหมักของยีสต์ ซึ่งน่าจะมีอิทธิพลจากปริมาณสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ที่พบในสับปะรดที่ระดับความสุกแก่เพิ่มขึ้น เช่น ปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนที่พบในน้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ความสุกแก่ระดับ M4 จะมีค่าสูงสุด (ตารางที่ 3.6 และ ภาพที่ 3.2) ปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระที่วิเคราะห์ได้ในการศึกษาครั้งนี้ที่เป็นข้อมูลที่แสดงถึงปริมาณไนโตรเจน ที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการหมักได้ (assimilable nitrogen) โดยจะเห็นได้ว่ายีสต์นำอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระที่มีในน้ำสับปะรดไปใช้ในการเจริญในช่วง 3 วันแรกของการหมักสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 94.04 ของปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระที่พบในน้ำสับปะรดที่ใช้ในการหมักไวน์สับปะรด แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแหล่งไนโตรเจนที่ยีสต์จำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนเซลล์ยีสต์ที่เพิ่มขึ้น และปริมาณสับสเตรทที่ยีสต์ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรกของการหมักน้ำสับปะรด สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำสับปะรดในด้านของค่าพีเอช และปริมาณของกรดทั้งหมดที่พบในน้ำสับปะรดจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นน้อยมากหรือแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง และจากการสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่ไม่พบลักษณะเซลล์ของแบคทีเรีย รวมถึงผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดที่ได้ไม่เกิดกลิ่นแปลกปลอมของกรดอะซิติก แสดงให้เห็นว่า ในระหว่างทำไวน์สับปะรดในการศึกษานี้ การเตรียมน้ำหมักไวน์สับปะรดมีการจัดการที่ดี ไม่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกเข้ามาเจริญเติบโตในระหว่างการหมักไวน์สับปะรด จนเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของไวน์ ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลงในระหว่างกระบวนการหมัก แสดงว่า น้ำตาลซึ่งเป็นของแข็งที่ละลายได้ส่วนใหญ่ในน้ำสับปะรดที่ใช้เป็นน้ำหมักเริ่มต้น ถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ที่ใช้ในการหมัก ซึ่งยีสต์แต่ละสายพันธุ์จะมีอัตราการใช้น้ำตาลที่มีอยู่แตกต่างกันออกไป โดยจากการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งที่มีในน้ำสับปะรดจะลดลงในช่วง 3 วันแรกของการหมัก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chanprasartsuk *et al.* (2012) และจากรายงานวิจัยของ Panjai *et al.* (2009) ที่ได้ศึกษาการเติมเชื้อยีสต์ที่แตกต่างกันในการหมักไวน์สับปะรด พบว่า การใช้ยีสต์ในกลุ่ม *Saccharomyces* มีอัตราการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าการใช้ยีสต์ในกลุ่มของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

non-*Saccharomyces* ในขณะที่การใช้ยีสต์ผสมระหว่าง *Saccharomyces* และ non-*Saccharomyces* จะมีการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้สูงเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลของการสร้างก๊าซคาร์ไดออกไซด์ ยีสต์ *K. thermotolerans* จะมีอัตราการหมักช้ากว่าการใช้ *T. delbrueckii* ในการหมัก และมีอัตราการหมักช้ากว่ายีสต์ในกลุ่ม *Saccharomyces* ทั้งสองสายพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Chomsri, 2008; Comitini *et al*., 2011)

เมื่อพิจารณาลักษณะการเจริญของยีสต์จะพบว่ามีอัตราการเจริญอย่างรวดเร็วในช่วง 2-3 วันแรกของการหมักโดยยีสต์มีการเจริญได้สูงสุดถึง $9x10^7$ cfu/ml ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Comitini *et al.* (2011) ที่ได้รายงานไว้ถึงการเจริญของยีสต์ในกลุ่มของ *Saccharomyces* และ non- *Sacchromyces* สามารถเจริญได้สูงถึง 10^7 cfu/ml อัตราการเจริญเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรกของการหมัก โดยที่ระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นอัตราการเจริญของยีสต์จะลดลง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากแอลกอฮอล์ที่ยีสต์สร้างขึ้นมีความเป็นพิษต่อเซลล์ของยีสต์ และปริมาณสารอาหารที่ลดลง (Okolo *et al*., 1990; Fleet, 1993) ในด้านความสุกแก่ของสับปะรดที่นำมาใช้ในการหมัก ยีสต์มีอัตราการเจริญเติบโตในน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 สูงกว่าที่ระดับความสุกแก่ M3 และ M2 ซึ่งอาจเนื่องมาจากผลของสารอาหารที่มีอยู่ในสับปะรด เช่น ปริมาณน้ำตาลในน้ำสับปะรด ปริมาณไนโตรเจนที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ได้ และสารอาหารที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและการหมักของยีสต์ (growth factor) เป็นต้น (Ribéreau-Gayon *et al*., 2006a) ทั้งนี้ Zoecklein *et al*. (1995) ได้รายงานว่า ยีสต์สามารถหมักไวน์ชนิด table wine ได้ดี เมื่อน้ำหมักมีปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระอย่างน้อยเท่ากับ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งน้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 และ M3 จะมีปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระต่ำกว่า 140 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3.6)

ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักน้ำสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Trinh *et al.* (2010) ในขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสับปะรดจะลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการหมักไวน์สับปะรด โดยจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรกของการหมัก Torrea *et al. (*2011) รายงานการหมักไวน์ลำไยที่ปริมาณน้ำตาลลดลงอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการหมักเช่นกัน ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่ายีสต์สามารถใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโตและสร้างเมแทบอไลต์ต่างๆ อย่างรวดเร็วในการหมัก ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 3.4 ที่ยีสต์มีจำนวนเพิ่มขึ้น 1.5-2.0 log cfu/ml ในช่วง 3 วันแรกของการหมักน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดทั้ง 3 ระดับความสุกแก่ การลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดนี้จะแปรผกผันกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก ซึ่งอธิบาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตร

ได้จากการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของยีสต์ตามสมการ Gay-Lussac (Wood, 1998) แสดงว่ายีสต์จะหมักน้ำตาลในน้ำสับปะรดได้เป็นแอลกอฮอล์อย่างรวดเร็วในระยะแรกของการหมัก ลักษณะดังกล่าวพบในการศึกษาของ Reddy and Reddy (2010) ด้วย โดยนักวิจัยได้รายงานการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอลกอฮอล์อย่างรวดเร็วในช่วง 2-5 วันแรกของการหมัก

ไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่แตกต่างกันมีค่า b ซึ่งเป็นค่าสีเหลืองแตกต่างกัน โดยไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 ซึ่งมีสีเหลืองของน้ำสับปะรดที่ใช้เป็นน้ำหมักเริ่มต้นมากกว่าน้ำน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 และ M3 (ตารางที่ 3.3) เมื่อนำมาทำไวน์สับปะรดจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความเป็นสีเหลืองสูงตามลักษณะสีของวัตถุดิบเริ่มต้น ในขณะที่สายพันธุ์ของยีสต์ไม่มีอิทธิพลต่อค่าสีเหลืองของไวน์สับปะรดการพิจารณาปัจจัยระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดและสายพันธุ์ยีสต์ จะเห็นได้ว่าปัจจัยดังกล่าวไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะความขุ่นของไวน์สับปะรด ในขณะที่ปัจจัยร่วมมีผลทำให้ไวน์สับปะรดมีลักษณะความขุ่นแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดที่ได้กับน้ำสับปะรดที่ใช้เป็นน้ำหมักเริ่มต้น จะเห็นได้ว่าค่าความขุ่นของผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดมีค่าลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งอธิบายได้จากการบ่มไวน์ไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เกิด การตกตะกอนของเซลล์ยีสต์ และอนุภาคต่างๆ ที่พบอยู่ในไวน์สับปะรดหลังจากเสร็จสิ้นการหมัก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในระหว่างการบ่มไวน์ที่มีผลต่อการตกตะกอนของไวน์สับปะรด

การใช้ผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่เพิ่มขึ้น ทำให้ไวน์สับปะรดที่ได้มีปริมาณกรดทั้งหมดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดเริ่มต้นที่มีอยู่ในผลสับปะรดเริ่มต้น เนื่องจากสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 และ M3 ยังคงเป็นสับปะรดที่ยังไม่สุกเต็มที่ เมื่อนำมาทำเป็นน้ำหมักไวน์สับปะรดทำให้มีปริมาณกรดทั้งหมดเริ่มต้นสูง เมื่อนำไปทำเป็นไวน์สับปะรดก็จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดที่ได้ปริมาณกรดทั้งหมดสูงด้วย ในขณะที่สายพันธุ์ยีสต์ที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติในการหมักแล้วสร้างกรดที่แตกต่างกัน (Muratore *et al.,* 2007) ซึ่งในการศึกษานี้ *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* ซึ่งจัดเป็นยีสต์กลุ่ม non-*Saccharomyces* (นิอร, 2555) จะหมักไวน์สับปะรดให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่ายีสต์ *Saccharomyces* ในด้านปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระในไวน์สับปะรด ก็จะสอดคล้องกับปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระที่พบในน้ำสับปะรดเริ่มต้นของการหมัก โดยไวน์สับปะรดที่ทำจากน้ำหมักที่มีปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระเริ่มต้นสูง ผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดที่ได้ก็จะมีปริมาณ

อัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระเหลืออยู่สูงด้วย ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นอีกด้วยว่าปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระที่พบในน้ำสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 (122.81 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถทำให้ยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษานี้ หมักน้ำตาลในน้ำหมักเริ่มต้นซึ่งมีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากันจากการปรับคุณภาพน้ำหมัก (200 กรัมต่อลิตร) ได้ผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ยร้อยละ 11.62 โดยปริมาตร

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไวน์สับปะรดที่ทำจากผลสับปะรดที่มีระดับความสุกแก่และสายพันธุ์ยีสต์แตกต่างกัน และทำการบ่มนาน 3 เดือน พบว่า ผู้ทดสอบชิมประเมินคุณลักษณะของไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดระดับความสุกแก่ M2 M3 และ M4 ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นที่ได้จากการสูดดม รสชาติที่ได้จากการกลืน และ กลิ่นและรสชาติที่ยังหลงเหลือค้างในปาก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านความพอใจในคุณภาพหรือมูลค่าของไวน์สับปะรดโดยรวม พบว่า ระดับความสุกแก่ของผลสับปะรดที่ใช้ทำไวน์สับปะรดไม่ส่งผลต่อความแตกต่างในคุณลักษณะดังกล่าว เมื่อพิจารณาคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดระดับความสุกแก่ M3 จะมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสดีกว่าไวน์สับปะรดที่ทำจากสับปะรดระดับความสุกแก่ M2 และ M4 (ตารางที่ 3.7) ส่วนคุณลักษณะด้านความพอใจในคุณภาพหรือมูลค่าของไวน์ผลไม้โดยรวม เมื่อพิจารณาปัจจัยของยีสต์สายพันธุ์ที่แตกต่างกัน พบว่า คะแนนที่ได้รับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นที่ได้จากการสูดดม รสชาติที่ได้จากการกลืน กลิ่น และรสชาติที่ยังหลงเหลือค้างในปาก มีค่าที่ไม่แตกต่างกันใน ทางสถิติ ในขณะที่สายพันธุ์ยีสต์ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านความพอใจในคุณภาพหรือมูลค่าของไวน์สับปะรดโดยรวม โดยไวน์สับปะรดที่หมักด้วยยีสต์ *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans* จะได้รับคะแนนสูงกว่า *S. cerevisiae* E1 และ B1 ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษานี้ทำให้เห็นว่าการคัดเลือกระดับความสุกแก่ และสายพันธุ์ยีสต์มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไวน์สับปะรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สรุป

การหมักน้ำสับปะรดที่เตรียมจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ 3 ระดับ คือ สีเหลืองของตาบนเปลือกร้อยละ 10-35 (M2) ร้อยละ 35-70 (M3) และร้อยละ 70-80 (M4) โดยใช้ยีสต์ 4 สายพันธุ์ คือ *Saccharomyces cerevisiae* E1 *S.cerevisiae* B1 *Toluraspora delbrueckii* และ *Kluyveromyces thermotolerans* ส่งผลให้ยีสต์มีอัตราการหมักที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ยีสต์มีอัตราการหมักสูงสุดในน้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M4 รองลงมาคือ น้ำสับปะรดที่ได้จากผลสับปะรดที่ระดับความสุก M3 และ M2 ตามลำดับ

2. ยีสต์ในกลุ่ม *Saccharomyces* จะมีอัตราการหมักที่เร็วกว่ายีสต์ในกลุ่ม non-*Saccharomyces* คือ *T. delbrueckii* และ *K. thermotolerans*

3. การใช้น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดระดับความสุกแก่ M3 และ M4 ในการทำไวน์สับปะรด จะทำให้ค่าสีเหลืองของไวน์สับปะรดมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดที่ระดับความสุกแก่ M2 แต่การใช้น้ำสับปะรดที่มาจากผลสับปะรดระดับความสุกแก่ทั้ง 3 ระดับไม่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดที่ได้มีค่าความขุ่นที่แตกต่างกัน

4. การใช้น้ำสับปะรดจากผลสับปะรดที่มีความสุกแก่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ไวน์สับปะรดมีค่าพีเอช และปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระที่เพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณกรดทั้งหมดลดลง

5. การใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* E1 และ *K. thermotolerans* ในการหมักไวน์สับปะรดจะทำให้ไวน์สับปะรดที่ได้มีปริมาณกรดสูงกว่าการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* B1 และ *T. delbrueckii* ในการหมักไวน์สับปะรด และไวน์สับปะรดที่ได้จากการหมักด้วยยีสต์ 4 สายพันธุ์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณของแอลกอฮอล์ และปริมาณอัลฟ่าอะมิโนไนโตรเจนอิสระไม่แตกต่างกัน

6. ไวน์สับปะรดที่ทำจากผลสับปะรดที่มีระดับความสุกแก่ M3 ได้รับการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นที่ได้จากการสูดดม รสชาติที่ได้จากการกลืน และรสชาติที่ยังหลงเหลือค้างในปาก ดีกว่าไวน์สับปะรดที่ทำจากผลสับปะรดที่มีระดับความสุกแก่ M2 และ M4 ตามลำดับ

7. ยีสต์ 4 สายพันธุ์ที่ใช้ในการทำไวน์สับปะรดในการศึกษานี้ ไม่ส่งผลให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นที่ได้จากการสูดดม รสชาติที่ได้จากการกลืน และรสชาติที่ยังหลงเหลือค้างในปาก และความพอใจในคุณภาพหรือมูลค่าของไวน์สับปะรดโดยรวม (overall impression) มีความแตกต่างกัน แต่การใช้ยีสต์ *T.delbrueckii* และ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

K. thermotolerans ในการหมักไวน์ส่งผลต่อความพอใจในคุณภาพหรือมูลค่าของไวน์สับปะรด โดยรวมในระดับที่ดีกว่า การใช้ยีสต์กลุ่ม *Saccharomyces* ในการหมักไวน์สับปะรด

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร