

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลสตรอเบอรี่สดและผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย

4.4.1. สมบัติทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผลสตรอเบอรี่สดและผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งแสดงดังในตารางที่ 4.1 ผลการทดลองพบว่าค่าสีของผลสตรอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ Allstar มีค่า lightness มากที่สุดคือ 53.99 และมีค่า chroma น้อยที่สุดคือ 30.63 แสดงให้เห็นว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีสีผิวอ่อนที่สุด ส่วนผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ทั้งแบบผลสดและผลแช่เยือกแข็งมีค่า lightness น้อยกว่าสายพันธุ์อื่นๆ คือ 35.37 และ 34.13 ตามลำดับ และมีค่า chroma เท่ากับ 31.55 และ 37.65 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีสีผิวเข้มกว่าสายพันธุ์อื่นๆ สำหรับค่า hue angle ของผลสตรอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 28.06-42.80 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ 329 มีค่าเข้าใกล้สีแดง (hue angle=0) มากที่สุดคือ 28.06 (ภาพที่ 4.1) โดยค่าสีของผลสตรอเบอรี่จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่วัดค่าสีของผลสตรอเบอรี่ 6 สายพันธุ์พบว่าผลสตรอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์มีค่าสีแตกต่างกัน โดยมีค่า lightness, chroma และ hue angle อยู่ในช่วง 30-38, 30-45 และ 20-32 ตามลำดับ (Ngo *et al.*, 2007)

ส่วนค่าสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ Allstar มีค่า lightness มากที่สุดคือ 66.16 มีค่า chroma น้อยที่สุดคือ 13.72 และมีค่า hue angle ห่างจากสีแดงมากที่สุดคือ 53.96 ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์แอนโทไซยานินที่พบว่าผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยที่สุดคือ 7.62 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด สำหรับผลสตรอเบอรี่สดทั้ง 2 สายพันธุ์คือ 329 และ A80 มีค่า chroma สูงกว่าผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งคือ 45.61 และ 42.97 ตามลำดับ และมีค่า lightness เท่ากับ 46.30 และ 48.87 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่สดทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าสอดคล้องกัน คือผลสตรอเบอรี่สดมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็ง (ภาพที่ 4.1)

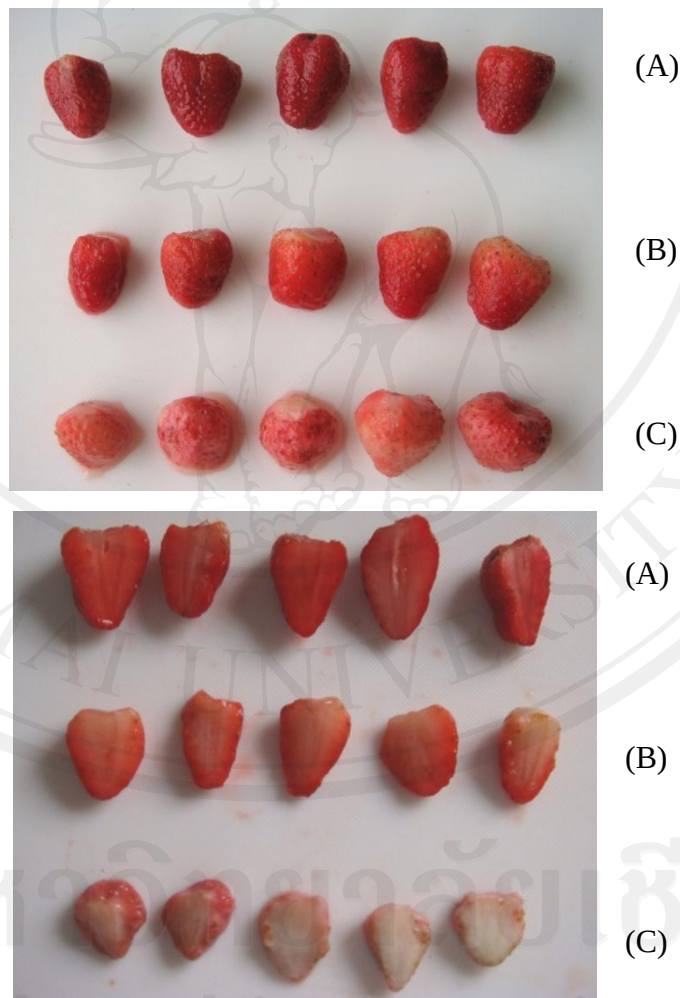
ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่สดและแช่เยือกแข็งสายพันธุ์ต่างๆ

สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี	ผลสตรอเบอรี่สด		ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็ง		
	สายพันธุ์	สายพันธุ์	สายพันธุ์	สายพันธุ์	สายพันธุ์
	329	A80	329	American13	Allstar
ทางกายภาพ					
- ค่าสีของผิว					
lightness : L*	35.37 ^c ±3.04	31.19 ^c ±2.17	34.13 ^c ±2.96	46.62 ^b ±4.29	53.99 ^a ±4.64
chroma : C*	31.55 ^c ±7.00	32.96 ^{bc} ±3.50	37.65 ^b ±3.10	43.99 ^a ±4.18	30.63 ^c ±3.57
hue angle : h°	31.93 ^{bc} ±5.06	29.62 ^{bc} ±3.41	28.06 ^c ±2.22	35.79 ^{ab} ±3.04	42.80 ^a ±10.79
- ค่าสีของเนื้อ					
lightness : L*	46.30 ^b ±2.78	48.87 ^b ±2.22	40.74 ^c ±3.51	48.35 ^b ±2.87	66.16 ^a ±2.96
chroma : C*	45.61 ^a ±5.34	42.97 ^a ±3.06	31.89 ^b ±4.67	22.90 ^c ±3.95	13.72 ^d ±4.84
hue angle : h°	38.17 ^b ±1.24	38.38 ^b ±0.96	29.29 ^c ±1.96	30.59 ^c ±1.31	53.96 ^a ±9.47
- ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	9.74 ^a ±0.42	3.04 ^b ±0.17	1.30 ^c ±0.17	0.66 ^d ±0.14	0.32 ^e ±0.06
ทางเคมี					
- ปริมาณความชื้น (%) ^{ns}	91.65±1.29	90.79±0.65	91.38±0.68	92.97±1.83	91.76±1.43
- ค่าพีเอช	3.42 ^c ±0.01	3.51 ^b ±0.01	3.42 ^c ±0.01	3.40 ^d ±0.01	3.62 ^a ±0.01
- ปริมาณกรดทั้งหมด					
ในรูปกรดซิตริก (%)	1.28 ^a ±0.02	1.02 ^b ±0.02	1.26 ^a ±0.01	0.98 ^c ±0.01	0.86 ^d ±0.01
- ปริมาณของแข็ง					
ที่ละลายได้ในน้ำ (%)	8.90 ^a ±1.80	10.42 ^a ±0.19	8.72 ^{ab} ±1.04	6.62 ^b ±1.06	8.32 ^{ab} ±1.30
- ปริมาณน้ำตาล					
(กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)					
กลูโคส	1.90 ^a ±0.15	1.91 ^a ±0.09	1.87 ^a ±0.52	1.20 ^b ±0.06	1.58 ^{ab} ±0.05
ฟรุคโทส	2.42 ^a ±0.12	2.56 ^a ±0.17	2.44 ^a ±0.43	1.76 ^b ±0.09	2.30 ^a ±0.06
ซูโครส	0.56 ^a ±0.17	0.63 ^a ±0.04	0.62 ^a ±0.10	0.28 ^b ±0.01	0.51 ^a ±0.01
- ปริมาณแอนโทไซยานิน					
(มิลลิกรัม/100 กรัม					
น้ำหนักสด)	16.55 ^a ±2.08	15.07 ^a ±0.75	12.21 ^b ±0.67	10.56 ^b ±1.63	7.62 ^c ±0.89
- ปริมาณเพกทิน (%)	1.08 ^a ±0.28	0.77 ^b ±0.22	1.00 ^a ±0.01	0.80 ^b ±0.03	0.65 ^c ±0.07

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2) ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ผลการวัดความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยหัวเจาะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร พบว่าผลสตรอเบอรี่สดมีความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งที่หลอมละลายแล้วโดยผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ 329 มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 9.74 นิวตัน รองลงมาคือผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ A80 มีความแน่นเนื้อ 3.04 นิวตัน ส่วนผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งทั้ง 3 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์ 329, American13 และ Allstar มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.30, 0.66 และ 0.32 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่วัดความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ก่อนการแช่เยือกแข็งมีค่าอยู่ในช่วง 3.19-15.28 นิวตัน แต่ภายหลังจากหลอมละลายมีความแน่นเนื้อลดลงอยู่ในช่วง 1.32-2.92 นิวตัน (Suutarinen and Autio, 2004)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะภายนอก (บน) และภายใน (ล่าง) ของผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย

(A) สายพันธุ์ 329 (B) สายพันธุ์ American13 (C) สายพันธุ์ Allstar

4.4.2. สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (ตารางที่ 4.1) พบว่า ผลสตรอเบอรี่ทั้ง 4 สายพันธุ์ ทั้งแบบผลสดและผลแช่เยือกแข็งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 90.79-92.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ผลสตรอเบอรี่มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.40-3.62 และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกอยู่ในช่วง 0.86-1.28 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ Allstar มีค่าพีเอชมากที่สุดคือ 3.62 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกที่มีน้อยที่สุดคือ 0.86 เปอร์เซ็นต์ และผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 มีค่าพีเอชน้อยที่สุดคือ 3.40 สอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกที่มีมากที่สุดคือ 0.98 เปอร์เซ็นต์ ผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ทั้งแบบผลสดและผลแช่เยือกแข็งมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.42 เท่ากัน และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเท่ากับ 1.28 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ A80 มีค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเท่ากับ 3.51 และ 1.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกและค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และแหล่งที่ปลูก (Kallio *et al.*, 2000)

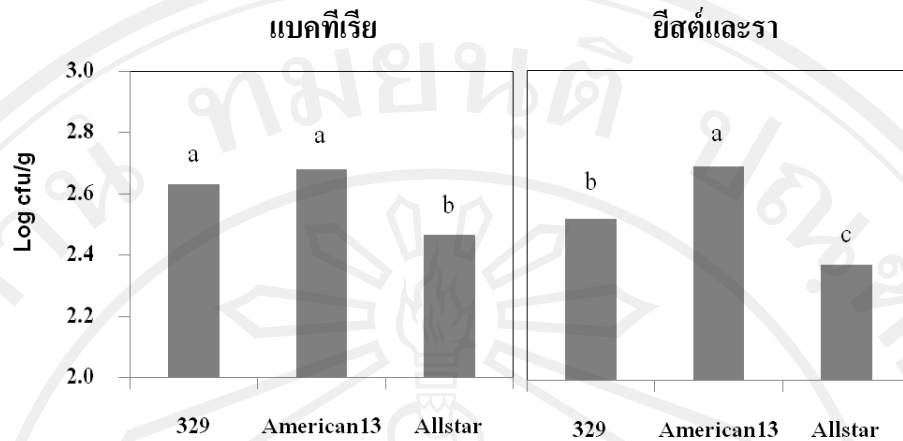
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำในผลสตรอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์ ซึ่งมีน้ำตาลและกรดอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก พบว่าอยู่ในช่วง 6.62-10.42 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเรียงจากมากไปน้อยคือ สายพันธุ์ A80, 329, Allstar และ American13 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในผลสตรอเบอรี่ที่พบว่าผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ A80 มีปริมาณน้ำตาลมากที่สุดคือมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 1.91, 2.56 และ 0.63 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ American13 มีปริมาณน้ำตาลน้อยที่สุด คือมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 1.20, 1.76 และ 0.28 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยปริมาณน้ำตาลจากผลสตรอเบอรี่ 6 สายพันธุ์ พบว่าผลสตรอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากที่สุดคือ 1.89-4.52 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร รองลงมาคือน้ำตาลฟรักโทสมีประมาณ 2.14-4.14 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และน้ำตาลซูโครสมีประมาณ 0.90-3.87 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (Kallio *et al.*, 2000)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ทั้ง 4 สายพันธุ์พบว่า ผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ 329 มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุดคือ 16.55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมาคือผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ A80 ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ 329 American13 และสายพันธุ์ Allstar มีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 15.07, 12.21, 10.56 และ 7.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณเพกทินในผลสตรอเบอรี่พบว่า ผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ทั้งแบบผลสดและผลแช่เยือกแข็งมีปริมาณเพกทินมากที่สุดคือ 1.08 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสายพันธุ์ American13 มีปริมาณเพกทิน 0.80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ A80 และผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ Allstar มีปริมาณเพกทิน 0.77 และ 0.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณเพกทินในผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ทั้งผลสดและผลแช่เยือกแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ผลการวัดความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สดและแช่เยือกแข็งมีค่าแตกต่างกันอย่างมาก เนื่องจากโครงสร้างของผลสตรอเบอรี่ถูกทำลายขณะแช่เยือกแข็งและหลอมละลาย ทำให้ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังหลอมละลายมีค่าน้อยกว่าผล สตรอเบอรี่สดสายพันธุ์เดียวกัน (Suutarinen and Autio, 2004)

4.2 ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก ระยะเวลาในการล้างผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก และอัตราส่วนระหว่างผลสตรอเบอรี่ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของผลสตรอเบอรี่

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ต่างๆ พบว่าผลสตรอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 4.2) โดยผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 มีปริมาณแบคทีเรียมากที่สุดคือ 2.68 log cfu/g รองลงมาคือสายพันธุ์ 329 และ Allstar มีปริมาณแบคทีเรียเท่ากับ 2.63 และ 2.46 log cfu/g ตามลำดับ สำหรับปริมาณยีสต์และรา ผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 มีปริมาณยีสต์และรามากที่สุดคือ 2.69 log cfu/g รองลงมาคือสายพันธุ์ 329 และ Allstar ซึ่งมีปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 2.52 และ 2.37 log cfu/g ตามลำดับ และตรวจไม่พบ โคลิฟอร์มและ *Escherichia coli* ในผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งทั้งก่อนและหลังล้างด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก



ภาพที่ 4.2 ปริมาณแบคทีเรีย และ ยีสต์และรา เริ่มต้นในผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ 329 American13 และ Allstar

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการทดลองระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างผลสตรอเบอรี่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกพบว่าระยะเวลาในการล้างมีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในผลสตรอเบอรี่ การล้างที่ใช้เวลานานขึ้นช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลสตรอเบอรี่ได้มากขึ้น (ภาพที่ 4.3) สอดคล้องกับการรายงานของธีรพร (2546) และ Heard (2002) เนื่องจากการสัมผัสกับสารฆ่าเชื้อที่นานขึ้นจะไปเพิ่มระยะเวลาในการให้ออกซิเจนในรูปของเพอร์ออกไซด์ที่มีความว่องไวสูงที่อยู่ภายในโมเลกุลของกรดแอซิดิกสัมผัสกับเซลล์จุลินทรีย์ได้นานขึ้น โดยสารฆ่าเชื้อจะไปออกซิไดส์ที่บริเวณหมู่ซัลไฟไฮดริลและหมู่เอมีโนของโปรตีนในผนังเซลล์และเยื่อเซลล์ หรือสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์ รวมทั้งไปยับยั้งการขนส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Soliva-Fortuny and Martín-Belloso, 2003) สอดคล้องกับผลการศึกษาเพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสของผลแอปเปิลกับสารฆ่าเชื้อให้นานขึ้นสามารถลดปริมาณ *Escherichia coli* บนผิวผลแอปเปิลลงได้ 5 log (Wisniewsky *et al.*, 2000)

ความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในผลสตรอเบอรี่ โดยสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกที่มีความเข้มข้นสูงช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลสตรอเบอรี่ได้มากกว่าสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกที่มีความเข้มข้นต่ำ (ภาพที่ 4.4) สอดคล้องกับผลการทดลองล้างผักกาดหอมหั่นชิ้นด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกความเข้มข้น 80 และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดปริมาณมีโซฟิลิกแบคทีเรียได้ 1.2 และ 0.3 log ลดปริมาณโคลิฟอร์มได้ 1.4 และ 1.3 log ตามลำดับ (Allende *et al.*, 2008) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากขึ้น

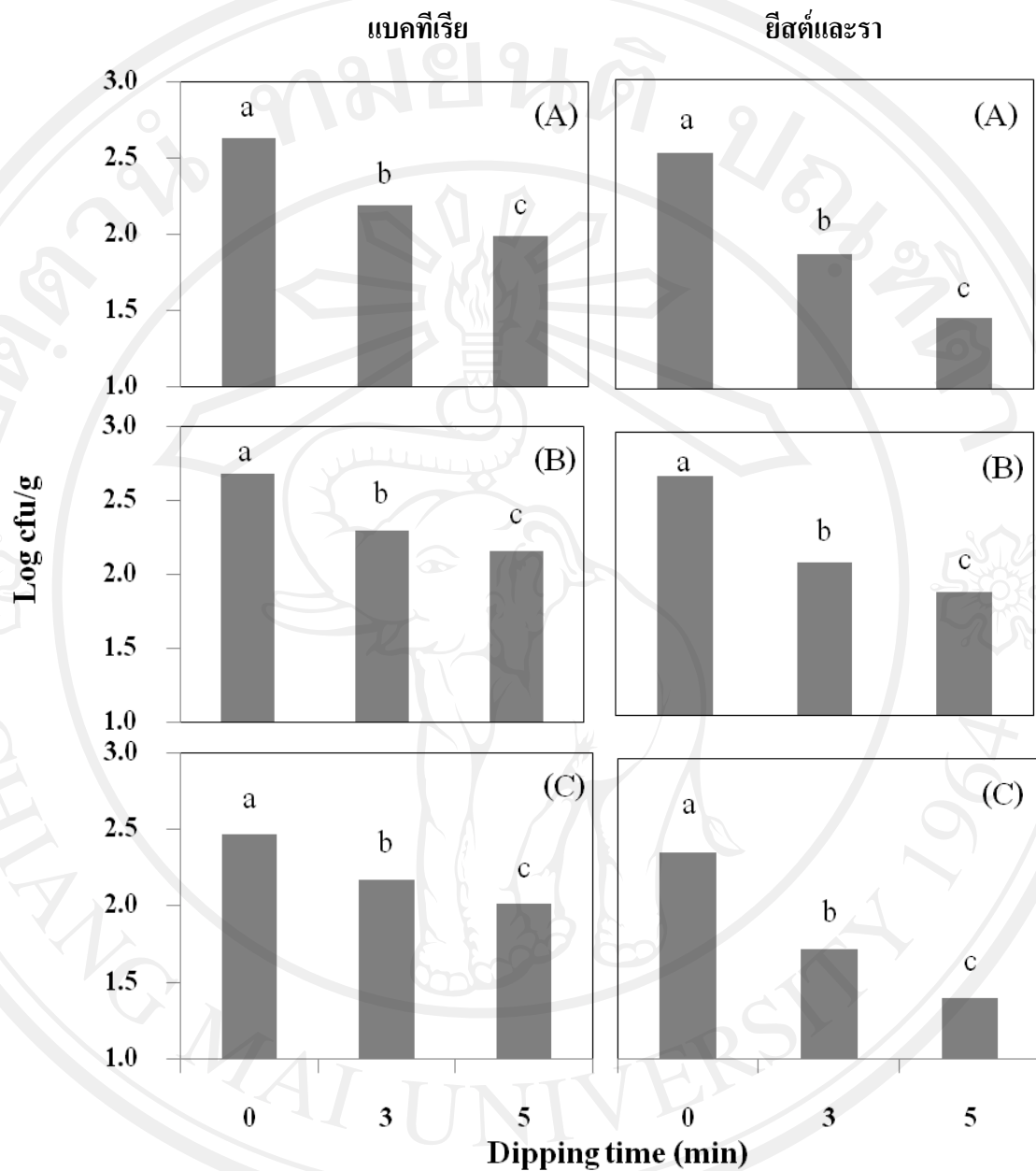
อัตราส่วนผลสตรอบเอร์ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกมีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในผลสตรอบเอร์ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกต่อผลสตรอบเอร์มากขึ้น สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลสตรอบเอร์ได้มากขึ้นด้วย (ภาพที่ 4.5) เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกส่งผลให้ผลสตรอบเอร์สามารถสัมผัสสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกได้อย่างทั่วถึงยิ่งขึ้น

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก สำหรับผลสตรอบเอร์แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ 329 ที่ได้ผลดีที่สุด คือการจุ่มผลสตรอบเอร์ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที ในอัตราส่วนผลสตรอบเอร์ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกเท่ากับ 1:2 ซึ่งสามารถลดปริมาณแบคทีเรียและยีสต์กับราได้ 0.51 และ 0.82 log cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ทำให้ผลสตรอบเอร์มีปริมาณแบคทีเรียเหลืออยู่ 2.12 cfu/g และมีปริมาณยีสต์และราเหลืออยู่ 1.70 cfu/g โดยการเพิ่มอัตราส่วนผลสตรอบเอร์ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกเท่ากับ 1:3 ทำให้ผลสตรอบเอร์มีปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และราที่เหลืออยู่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

สำหรับผลสตรอบเอร์แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ American13 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการล้างผลสตรอบเอร์ คือการจุ่มผลสตรอบเอร์ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที และอัตราส่วนผลสตรอบเอร์ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกเท่ากับ 1:3 ซึ่งสามารถลดปริมาณแบคทีเรียและยีสต์กับราได้ 0.88 และ 1.22 log cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ทำให้ผลสตรอบเอร์มีปริมาณแบคทีเรียเหลืออยู่ 1.80 cfu/g และมีปริมาณยีสต์และราเหลืออยู่ 1.47 cfu/g

สำหรับผลสตรอบเอร์แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ Allstar สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการล้างผลสตรอบเอร์ คือการจุ่มผลสตรอบเอร์ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาในการจุ่มผลสตรอบเอร์ 5 นาที และอัตราส่วนผลสตรอบเอร์ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกเท่ากับ 1:2 ซึ่งลดปริมาณแบคทีเรียและยีสต์กับราได้เท่ากับ 0.50 และ 1.14 log cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) ทำให้ผลสตรอบเอร์มีปริมาณแบคทีเรียเหลืออยู่ 1.96 cfu/g และมีปริมาณยีสต์และราเหลืออยู่ 1.23 cfu/g

นอกจากนี้การใช้สารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกความเข้มข้น 50-100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารฆ่าเชื้อสำหรับผลสตรอบเอร์จะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าสีของผลสตรอบเอร์ เนื่องจากสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกมีข้อดี คือไม่กัดกร่อนที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร สารอินทรีย์ในน้ำและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก และไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (Ölmez and Kretzschmar, 2009)



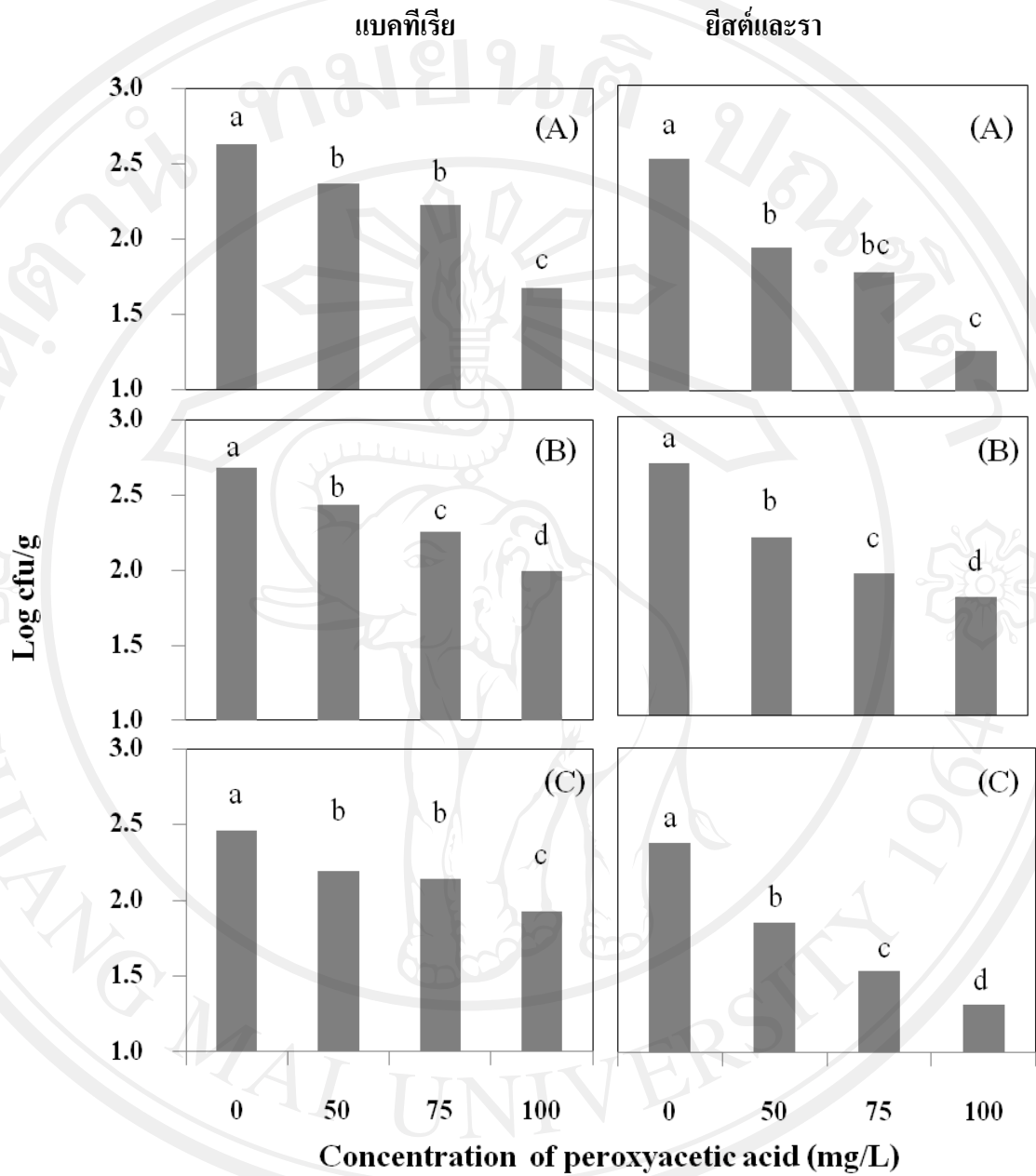
ภาพที่ 4.3 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในผลสตรอเบอรี่แช่เชื้อแข็งภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก เป็นเวลา 3 และ 5 นาที

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



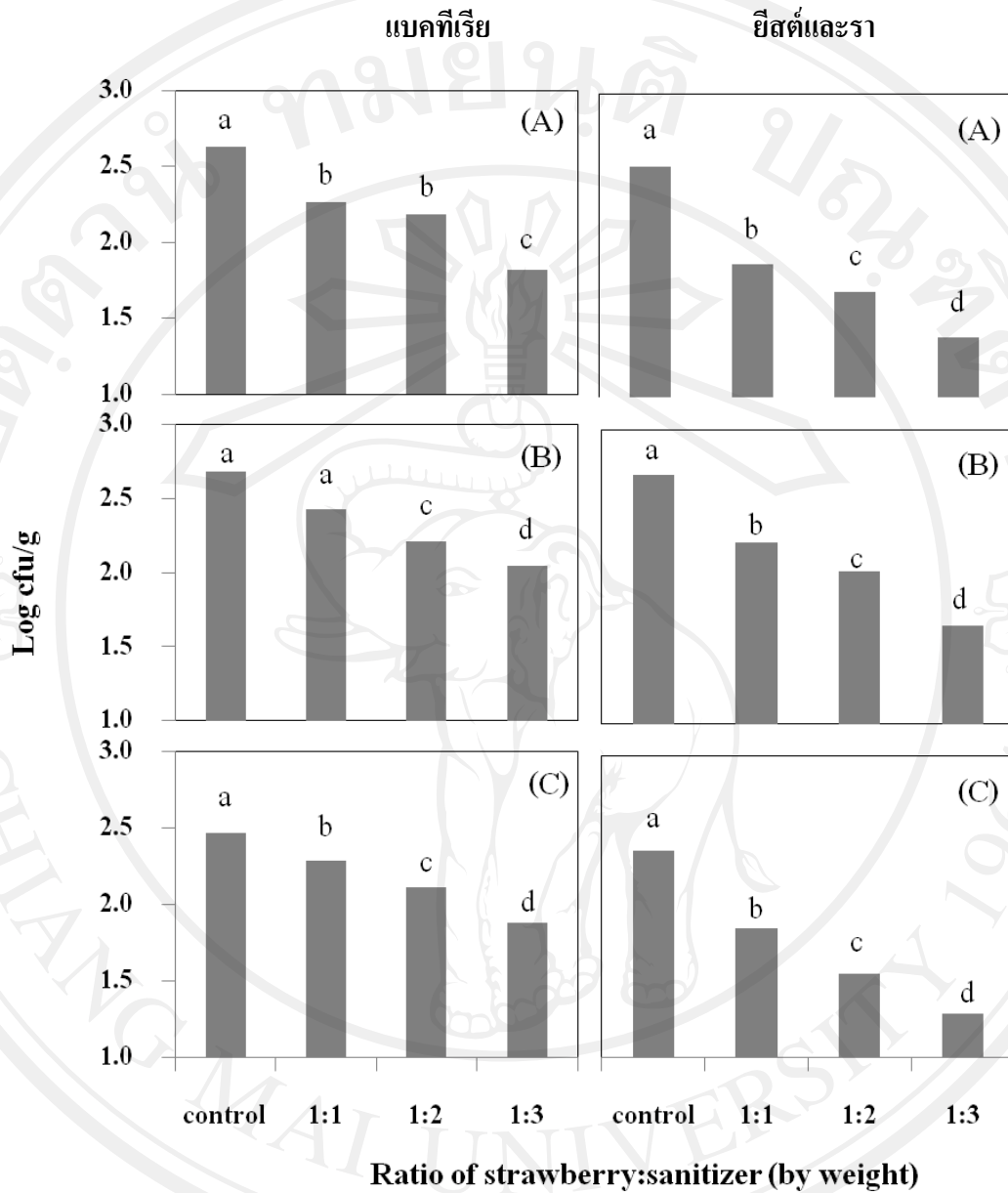
ภาพที่ 4.4 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในผลสตรอเบอรี่แช่เอือกแข็งภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดความเข้มข้น 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันในกราฟชุดเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4.5 ปริมาณแบคทีเรีย อีส์ต์และรา ในผลสตรอเบอรี่แช่เชื้อแข็งภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิกในอัตราส่วนผลสตรอเบอรี่ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิกเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันในกราฟชุดเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และราภายหลังการจุ่มผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิเอซิดิกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ระยะเวลา (นาที)	ความเข้มข้น (mg/l)	อัตราส่วน	แบคทีเรีย (log cfu/g)	ปริมาณ ที่ลดลง	ยีสต์และรา (log cfu/g)	ปริมาณ ที่ลดลง
ชุดควบคุม			2.63±0.12 a		2.52±0.21 a	
3	50	1:1	2.57±0.11 ab	0.06	2.26±0.07 ab	0.26
		1:2	2.49±0.10 abc	0.14	2.12±0.10 ab	0.40
		1:3	2.33±0.06 abcd	0.30	2.00±0.00 abc	0.52
	75	1:1	2.50±0.03 abc	0.13	2.12±0.10 ab	0.40
		1:2	2.47±0.07 abc	0.16	2.00±0.00 abc	0.52
		1:3	2.26±0.07 abcde	0.37	1.70±0.00 bcd	0.82
	100	1:1	2.06±0.10 cde	0.57	1.90±0.17 bc	0.62
		1:2	1.80±0.17 e	0.83	1.47±0.40 cde	1.06
		1:3	1.23±0.40 f	1.40	1.23±0.40 de	1.29
5	50	1:1	2.42±0.10 abc	0.21	2.12±0.10 ab	0.40
		1:2	2.33±0.06 abcd	0.30	1.90±0.17 bc	0.62
		1:3	2.06±0.10 cde	0.57	1.23±0.40 de	1.29
	75	1:1	2.22±0.07 abcde	0.41	1.90±0.17 bc	0.62
		1:2	2.12±0.10 bcde	0.51	1.70±0.00 bcd	0.82
		1:3	1.80±0.17 e	0.83	1.23±0.40 de	1.29
	100	1:1	1.90±0.17 de	0.73	1.00±0.00 e	1.52
		1:2	1.80±0.17 e	0.83	1.00±0.00 e	1.52
		1:3	1.23±0.40 f	1.40	1.00±0.00 e	1.52
ระยะเวลา			**		**	
ความเข้มข้น			**		**	
อัตราส่วน			**		**	
ระยะเวลา x ความเข้มข้น			*			
ระยะเวลา x อัตราส่วน						
ความเข้มข้น x อัตราส่วน			**			
ระยะเวลา x ความเข้มข้น x อัตราส่วน					**	

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05)

2)* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และรา ภายหลังการจุ่มผลสดรอเบอริสายพันธุ์ American13 ใน สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ระยะเวลา (นาที)	ความเข้มข้น (mg/l)	อัตราส่วน	แบคทีเรีย (log cfu/g)	ปริมาณ ที่ลดลง	ยีสต์และรา (log cfu/g)	ปริมาณ ที่ลดลง
ชุดควบคุม			2.68±0.16 a		2.68±0.11 a	
3	50	1:1	2.65±0.05 ab	0.03	2.36±0.06 ab	0.32
		1:2	2.42±0.10 abcd	0.26	2.26±0.07 bc	0.43
		1:3	2.36±0.10 abcde	0.32	2.06±0.10 bcde	0.63
	75	1:1	2.52±0.03 abc	0.16	2.33±0.58 ab	0.36
		1:2	2.39±0.09 abcd	0.29	2.12±0.10 bcd	0.57
		1:3	2.29±0.11 bcde	0.39	1.80±0.17 def	0.89
	100	1:1	2.22±0.07 cde	0.46	2.18±0.00 bcd	0.51
		1:2	2.00±0.00 ef	0.68	1.90±0.17 cde	0.79
		1:3	1.80±0.17 f	0.88	1.70±0.00 ef	0.99
5	50	1:1	2.58±0.16 abc	0.10	2.29±0.11 abc	0.40
		1:2	2.38±0.17 abcd	0.30	2.22±0.07 bc	0.47
		1:3	2.22±0.07 cde	0.46	1.96±0.24 bcde	0.73
	75	1:1	2.52±0.03 abc	0.16	2.06±0.10 bcde	0.63
		1:2	2.00±0.00 ef	0.68	1.90±0.17 cde	0.79
		1:3	1.80±0.17 f	0.88	1.47±0.40 f	1.22
	100	1:1	2.06±0.10 def	0.62	2.16±0.15 bcd	0.53
		1:2	2.06±0.10 def	0.62	1.80±0.17 def	0.89
		1:3	1.80±0.17 f	0.88	1.00±0.00 g	1.69
ระยะเวลา			**		**	
ความเข้มข้น			**		**	
อัตราส่วน			**		**	
ระยะเวลา x ความเข้มข้น			**			
ระยะเวลา x อัตราส่วน					*	
ความเข้มข้น x อัตราส่วน			**		**	
ระยะเวลา x ความเข้มข้น x อัตราส่วน			*		*	

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05)

2)* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และรา ภายหลังการจุ่มผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิเอซิดิกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ระยะเวลา (นาทีก)	ความเข้มข้น (mg/l)	อัตราส่วน	แบคทีเรีย (log cfu/g)	ปริมาณ ที่ลดลง	ยีสต์และรา (log cfu/g)	ปริมาณ ที่ลดลง	
ชุดควบคุม			2.46±0.11 a		2.37±0.11 a		
3	50	1:1	2.43±0.05 a	0.04	2.25±0.13 ab	0.12	
		1:2	2.38±0.14 ab	0.08	1.90±0.17 abc	0.47	
		1:3	2.06±0.10 bcde	0.40	1.47±0.40 cdef	0.91	
	75	1:1	2.43±0.05 a	0.04	1.90±0.17 abc	0.47	
		1:2	2.41±0.12 ab	0.05	1.70±0.00 bcde	0.67	
		1:3	2.00±0.00 cde	0.46	1.47±0.40 cdef	0.91	
	100	1:1	2.12±0.10 abcd	0.34	1.96±0.24 abc	0.41	
		1:2	1.90±0.17 de	0.56	1.70±0.00 bcde	0.67	
		1:3	1.80±0.17 de	0.66	1.23±0.40 def	1.14	
	5	50	1:1	2.29±0.11 abc	0.17	2.22±0.07 ab	0.15
			1:2	2.12±0.10 abcd	0.34	1.80±0.17 abcd	0.57
			1:3	1.90±0.17 de	0.56	1.47±0.40 cdef	0.91
75		1:1	2.37±0.06 ab	0.10	1.80±.17 abcd	0.57	
		1:2	1.96±0.24 cde	0.50	1.23±0.40 def	1.14	
		1:3	1.70±0.00 e	0.76	1.10±0.17 ef	1.27	
100		1:1	2.06±0.10 bcde	0.40	1.00±0.00 f	1.37	
		1:2	1.90±0.17 de	0.56	1.00±0.00 f	1.37	
		1:3	1.80±0.17 de	0.66	1.00±0.00 f	1.37	
ระยะเวลา			**		**		
ความเข้มข้น			**		**		
อัตราส่วน			**		**		
ระยะเวลา x ความเข้มข้น			*		**		
ระยะเวลา x อัตราส่วน							
ความเข้มข้น x อัตราส่วน							
ระยะเวลา x ความเข้มข้น x อัตราส่วน							

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p<0.05$)

2)* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลสตรอบอรี่ภายหลังการหลอมละลาย

4.3.1 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ความแน่นเนื้อ

ผลการทดลองแช่ผลสตรอบอรี่แช่เยือกแข็งแต่ละสายพันธุ์ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าผลสตรอบอรี่ภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ 329 มีความแน่นเนื้อมากที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ American13 และ Allstar ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หาปริมาณเพกทินในการทดลองที่ 1 ที่แสดงให้เห็นว่าผลสตรอบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ 329 เป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณเพกทินมากที่สุด จึงสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ได้มากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ (Van Buggenhout *et al.*, 2009)

ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อความแน่นเนื้อของผลสตรอบอรี่ โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ในสารละลายน้ำตาลซูโครสมากขึ้น จะทำให้ผลสตรอบอรี่ภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแคลเซียมไอออนจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพกทินในผลสตรอบอรี่ก่อให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น แต่ความเข้มข้นของแคลเซียมที่มากเกินไปคือ 1.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถทำให้ผลสตรอบอรี่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นได้อีก เนื่องจากการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยใช้แคลเซียมไอออนจะขึ้นอยู่กับปริมาณเพกทิน หากแคลเซียมไอออนทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพกทินจนหมดแล้ว การเพิ่มแคลเซียมไอออนเข้าไปอีกจะไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อ ในทางตรงกันข้ามอาจทำให้เกิดรสชาติผิดปกติและมีความเป็นพิษต่อผลไม้ได้อีกด้วย (Chen *et al.*, 2011; Manganaris *et al.*, 2007)

ผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยความเข้มข้นที่ดีที่สุดคือ 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลสตรอบอรี่มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.96 นิวตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นคิดเป็น 31.97 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอบอรี่ที่หลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เป็น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลสตรอบอรี่มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.99 และ 1.94 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ผลสตรอบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.6A)

ส่วนสายพันธุ์ American13 พบว่าการแช่ผลสตรอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นวิธีที่ดีที่สุดเช่นเดียวกับสายพันธุ์ 329 โดยจะทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.25 นิวตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นคิดเป็น 44.41 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ห่อหุ้มละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เป็น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการแช่ผลสตรอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.6B)

สำหรับสายพันธุ์ Allstar ซึ่งมีปริมาณเพกทินน้อยที่สุดจากผลการวิเคราะห์ในการทดลองที่ 1 พบว่าการแช่ผลสตรอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ เป็นวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งเพิ่มขึ้นคิดเป็น 22.52 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ห่อหุ้มละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เป็น 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการแช่ผลสตรอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.6C)

สำหรับระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ พบว่ามีผลต่อความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ โดยหลังจากแช่ผลสตรอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329, American13 และ Allstar เพิ่มขึ้นเท่ากับ 40.35, 43.72 และ 56.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ที่ห่อหุ้มละลายโดยไม่ได้แช่ในสารละลายใด ระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 เมื่อมีระยะเวลาแช่อยู่ในช่วง 4-24 ชั่วโมง แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่เป็น 28 และ 32 ชั่วโมง ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อลดลง ส่วนผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น 43.72 และ 45.60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ห่อหุ้มละลายโดยไม่ได้แช่ในสารละลายใด และมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น 88.28-91.71 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 12-24 ชั่วโมง แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่เป็น 28 และ 32 ชั่วโมง ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อลดลง สำหรับผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar พบว่าการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่เมื่อระยะเวลาแช่ในช่วง 4-32 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.6)

ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมา (drip loss)

ผลการศึกษาปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจากผลสตอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบแต่ละช่วงเวลาในการหลอมละลายผลสตอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar มีปริมาณของเหลวที่ไหลออกมามากที่สุด เนื่องจากผลสตอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar มีลักษณะเนื้อค่อนข้างนุ่มทำให้ของเหลวที่อยู่ภายในผลสตอเบอรี่ไหลออกมาได้มากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ เมื่อแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส โดยสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจากผลสตอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย พบว่าสตอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์จะมีปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาแตกต่างกัน ถึงแม้มีขั้นตอนในการผลิตที่เหมือนกัน (Galletto *et al.*, 2010)

ระยะเวลาการแช่ผลสตอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส เป็นเวลานานมีผลทำให้ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมามากขึ้นด้วย โดยผลสตอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์มีการสูญเสียของเหลวแตกต่างกัน สายพันธุ์ 329 (ภาพที่ 4.7A) จะค่อยๆ สูญเสียปริมาณของเหลวในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ ส่วนสายพันธุ์ American13 (ภาพที่ 4.7B) และ Allstar (ภาพที่ 4.7C) มีการสูญเสียเป็นปริมาณมากในช่วงแรก คือภายหลังการหลอมละลาย 4 ชั่วโมง และมีอัตราการสูญเสียลดลงภายหลังการหลอมละลาย 8-32 ชั่วโมง ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 0.25-2.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจากผลสตอเบอรี่

โดยปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจะส่งผลถึงคุณภาพของผลสตอเบอรี่เนื่องจากส่งผลให้สตอเบอรี่สูญเสียน้ำหนัก สูญเสียความฉ่ำน้ำ และส่งผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลสตอเบอรี่ รวมถึงทำให้รูปร่างของผลสตอเบอรี่เปลี่ยนไปด้วย

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (soluble solids content)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำในผลสตอเบอรี่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ผลการทดลองพบว่าเมื่อแช่ผลสตอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์ในสารละลายน้ำตาลซูโครส พบว่ามีของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลสตอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar มีของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำมากที่สุดคือ 35.55 เปอร์เซ็นต์ รองมาคือสายพันธุ์ American13 และ 329 มีของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ 29.10 และ 30.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของเหลวที่ไหลออกมา เนื่องจากเมื่อแช่ผลสตอเบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนมวลสาร โดยของเหลวที่อยู่ในผลสตอเบอรี่จะไหลออกมายังสารละลาย

น้ำตาลซูโครส และโมเลกุลของน้ำตาลในสารละลายน้ำตาลซูโครสจะเคลื่อนที่เข้าไปยังผลสโตรเบอร์ ทำให้ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของผลสโตรเบอร์เพิ่มขึ้น

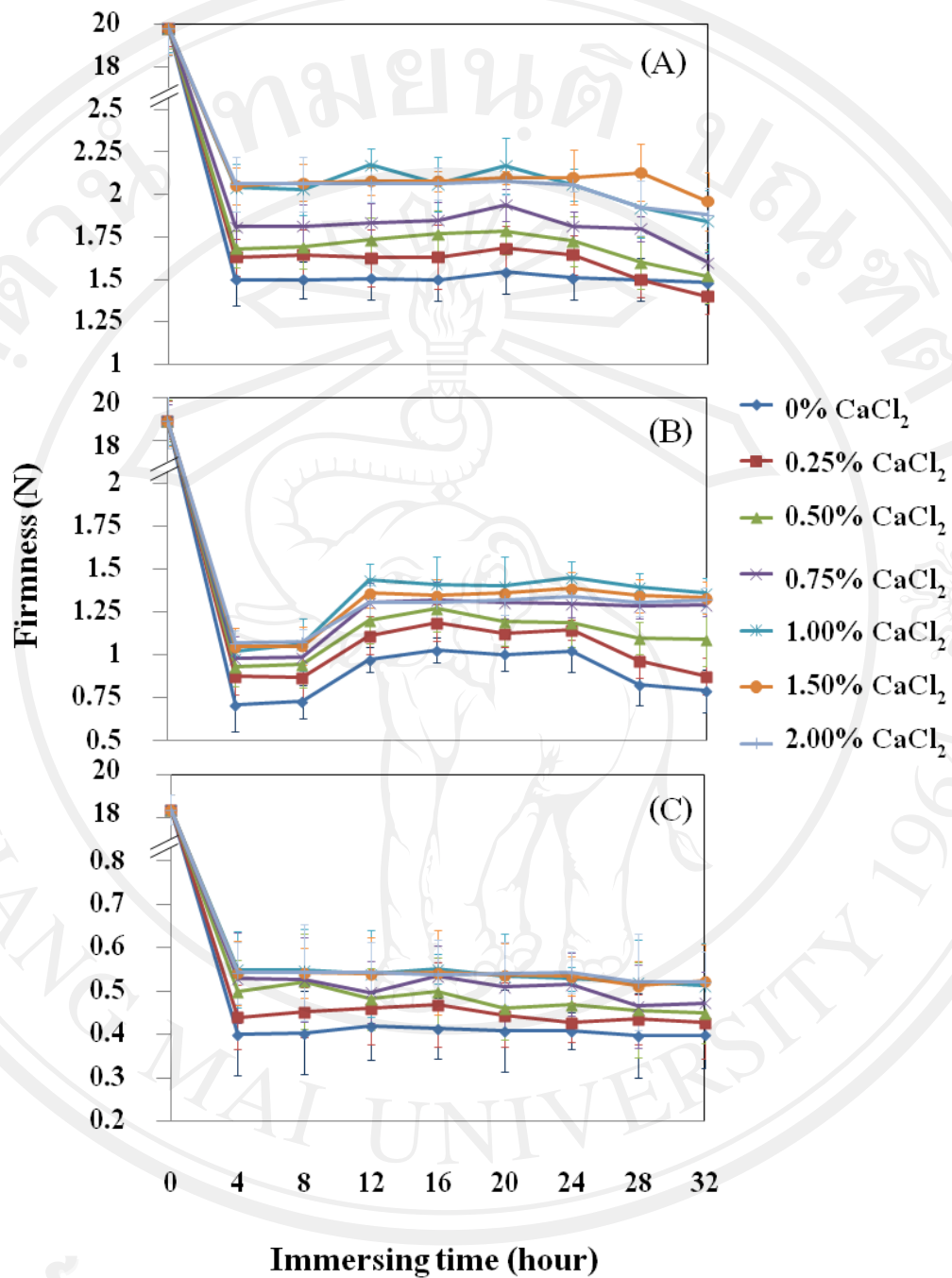
ระยะเวลาในการแช่ผลสโตรเบอร์ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงในช่วงแรกและค่อยๆ ลดลงเมื่อเวลาในการแช่นานขึ้น ส่วนความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.25-2.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำในผลสโตรเบอร์ (ภาพที่ 4.8)

ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก

ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 0.25-2.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของผลสโตรเบอร์ทุกสายพันธุ์ ส่วนระยะเวลาในการแช่ผลสโตรเบอร์ในสารละลายน้ำตาลซูโครสไม่มีผลต่อค่าพีเอช แต่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด โดยระยะเวลาในการแช่ผลสโตรเบอร์ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกลดลง เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นปริมาณน้ำตาลที่เข้าสู่ผลสโตรเบอร์มากขึ้นด้วย เป็นผลทำให้อัตราส่วนของปริมาณกรดทั้งหมดในผลสโตรเบอร์ลดลง (ภาพที่ 4.9 และ 4.10) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองจุ่มผลสโตรเบอร์ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ก่อนการแช่เยือกแข็ง ที่พบว่าภายหลังการห่อหุ้มผลสโตรเบอร์มีปริมาณกรดทั้งหมดลดลง (Haminiuk *et al.*, 2004)

ค่าสีและปริมาณแอนโทไซยานินของผลสโตรเบอร์

สีเป็นปัจจัยสำคัญที่ได้กำหนดคุณภาพของผลสโตรเบอร์ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคเห็นเป็นอย่างแรกจากลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยผลสโตรเบอร์แต่ละสายพันธุ์มีสีแตกต่างกัน เมื่อทดลองแช่ผลสโตรเบอร์ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ระยะเวลาต่างๆ และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ในสารละลายน้ำตาลซูโครสแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อสีของผลสโตรเบอร์เมื่อเปรียบเทียบกับสีของผลสโตรเบอร์ที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส (ภาพที่ 4.11-4.13) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอนโทไซยานิน (ภาพที่ 4.14) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

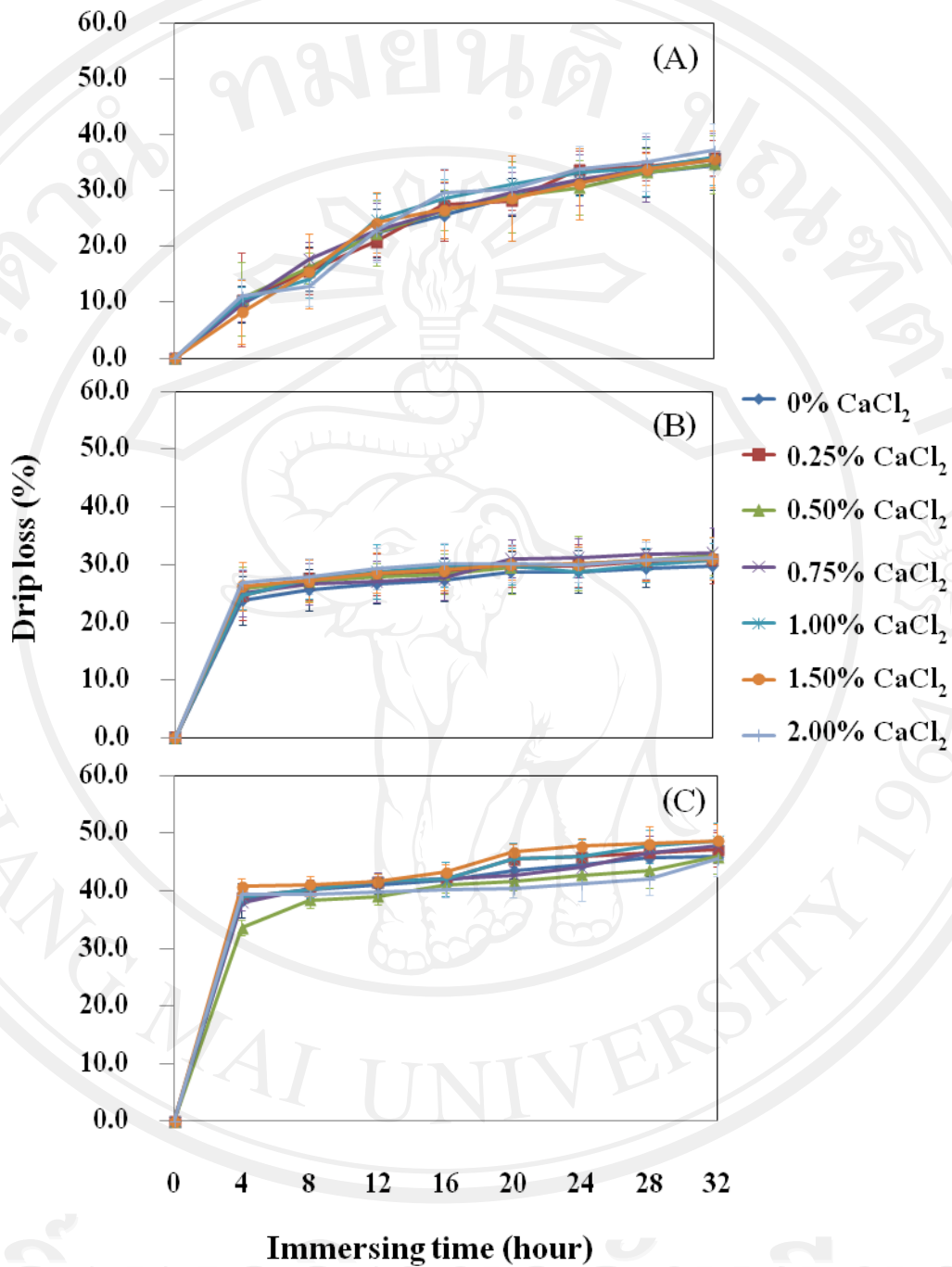


ภาพที่ 4.6 ความแน่นเนื้อของผลสตอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส (วัดโดยหัวเจาะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ความเร็วในการเจาะทะลุ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทาง 5 มิลลิเมตร)

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

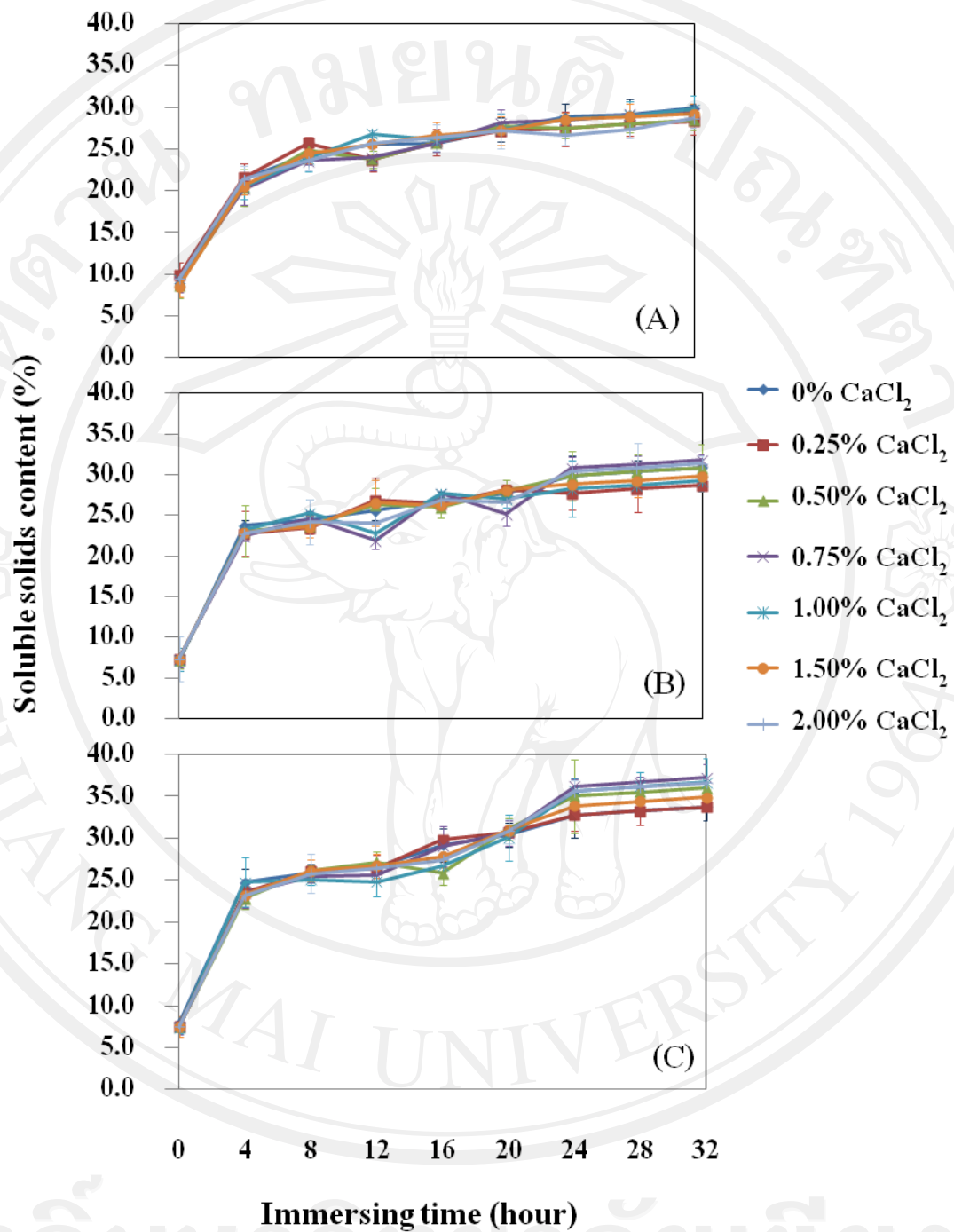


ภาพที่ 4.7 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตอเบอรี่แช่แข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

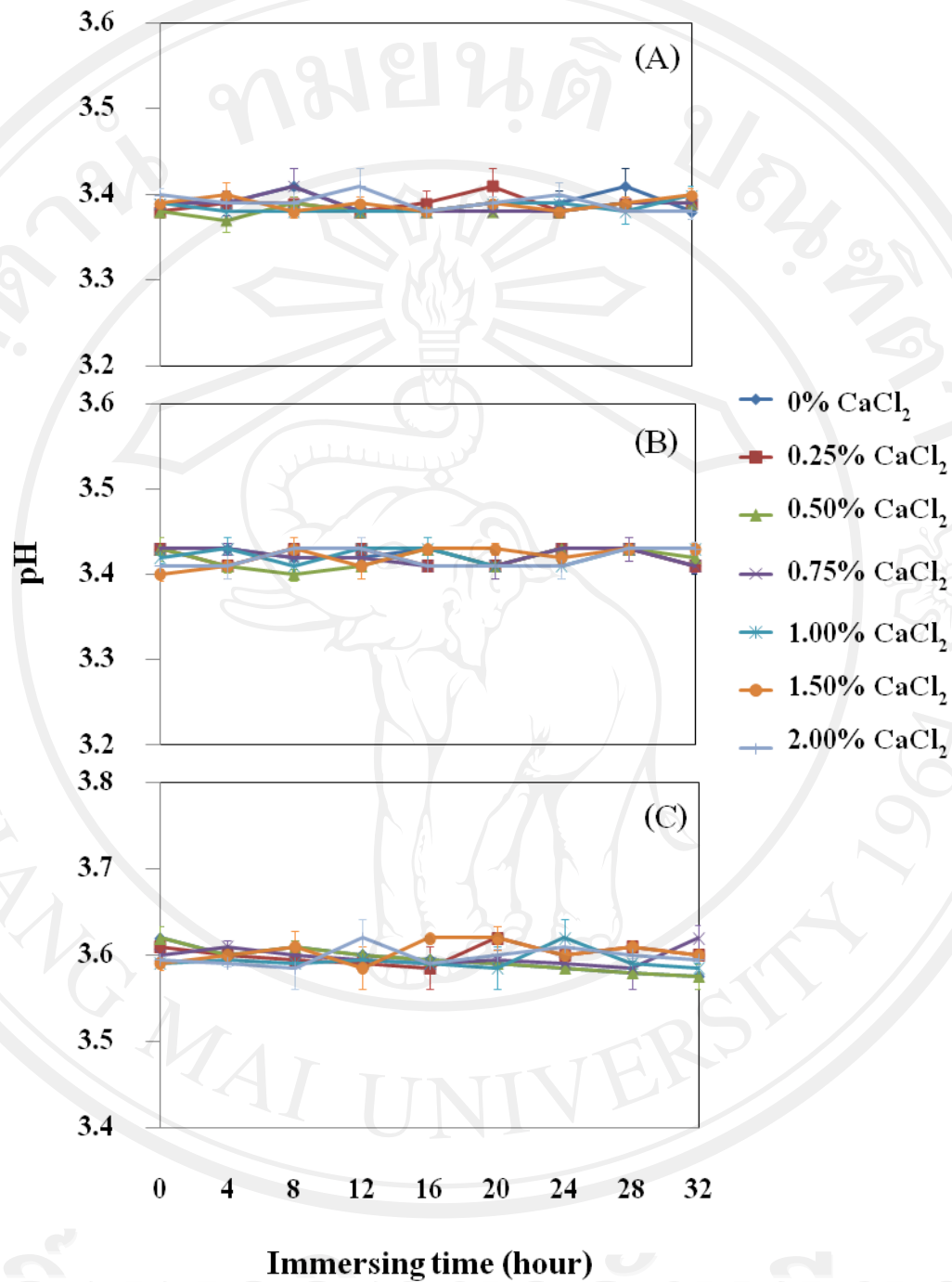


ภาพที่ 4.8 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

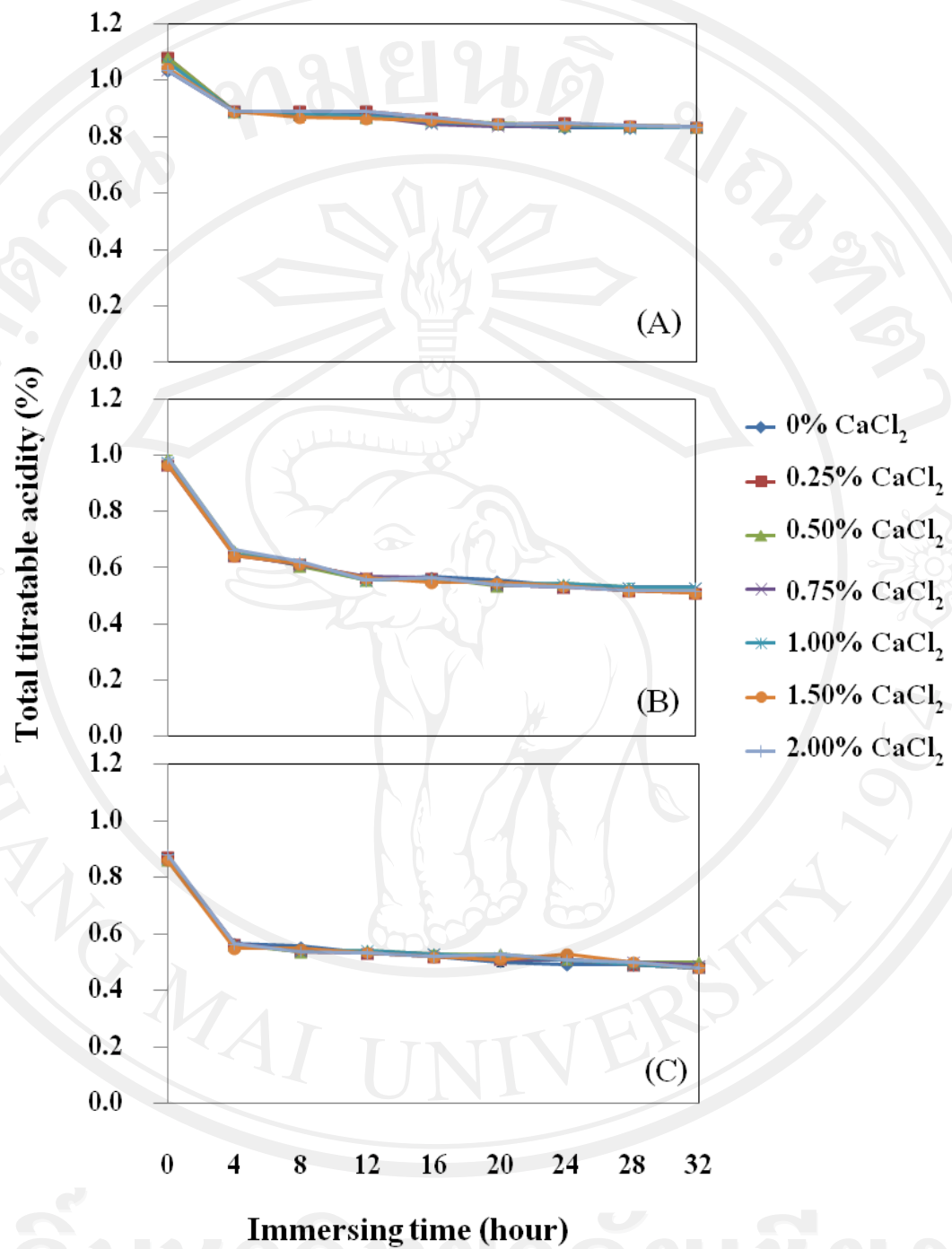


ภาพที่ 4.9 ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

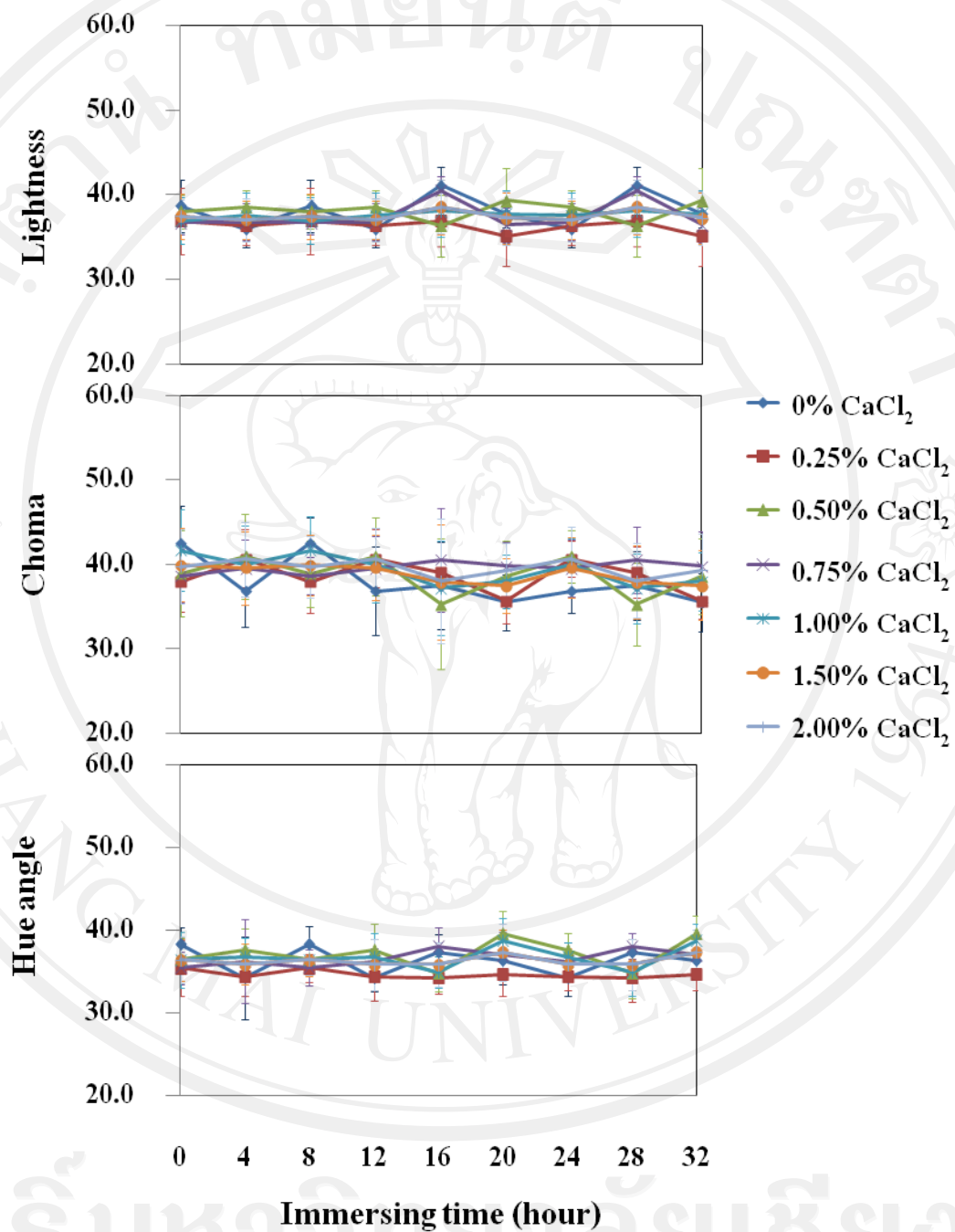


ภาพที่ 4.10 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส

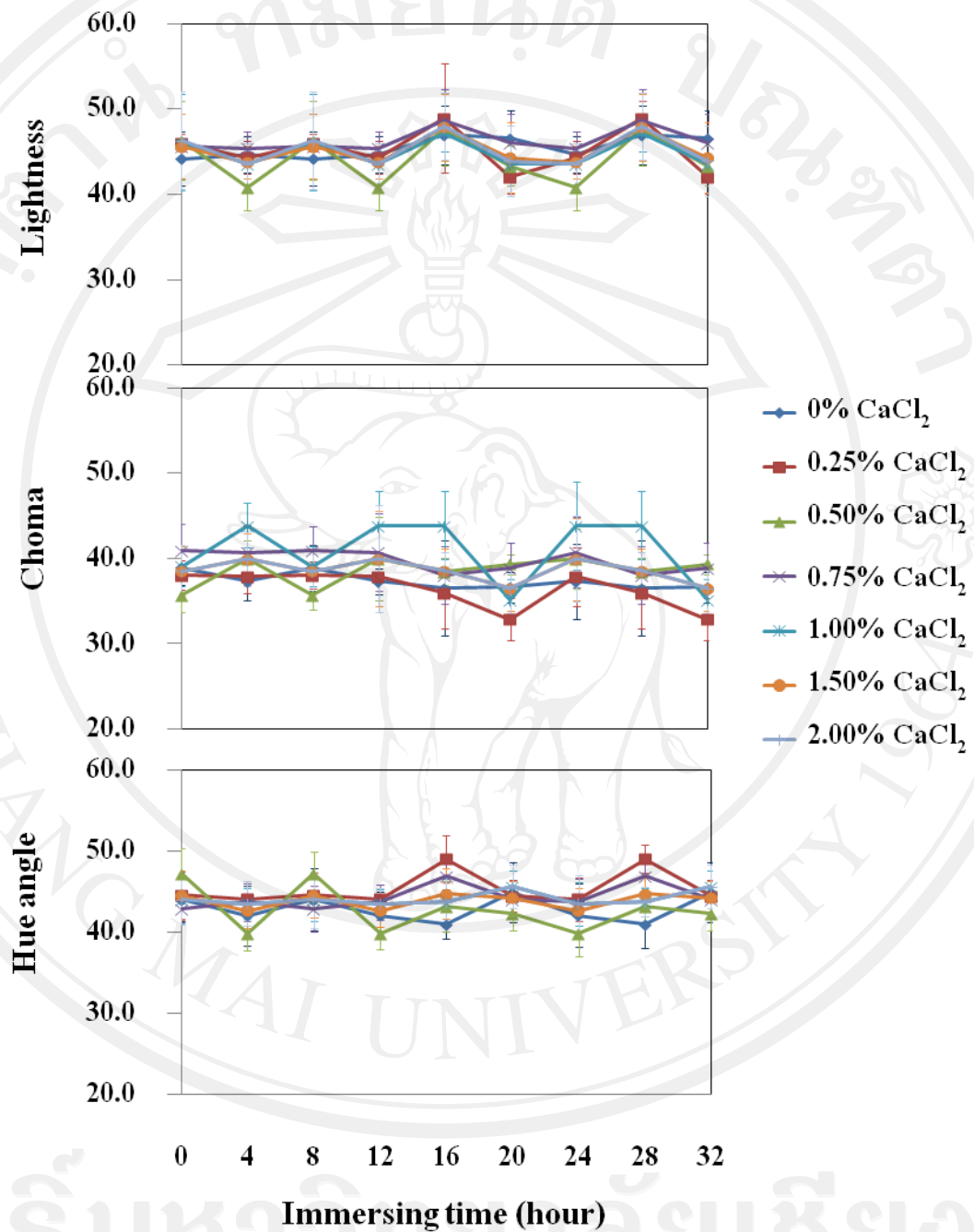
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

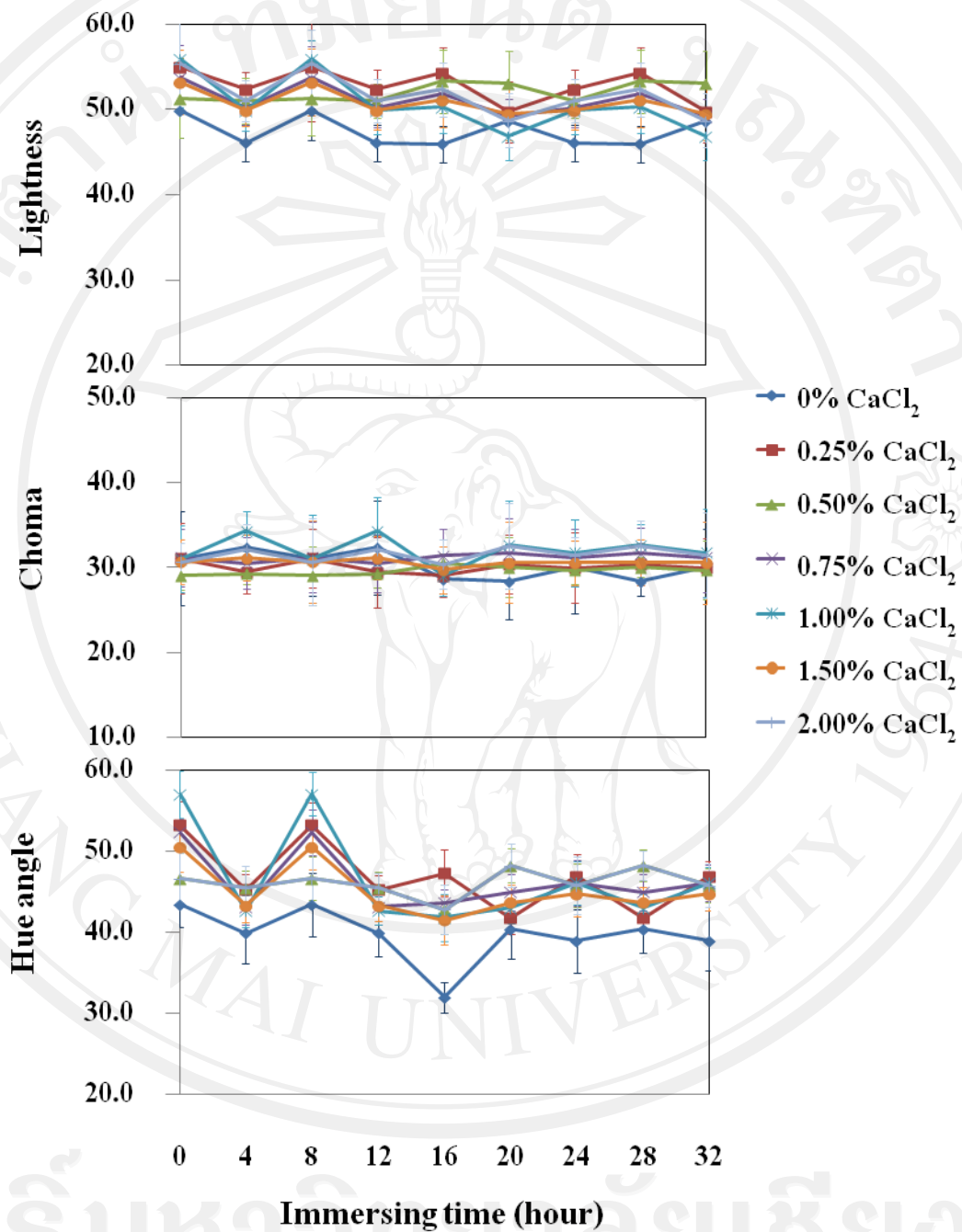
(C) สายพันธุ์ Allstar



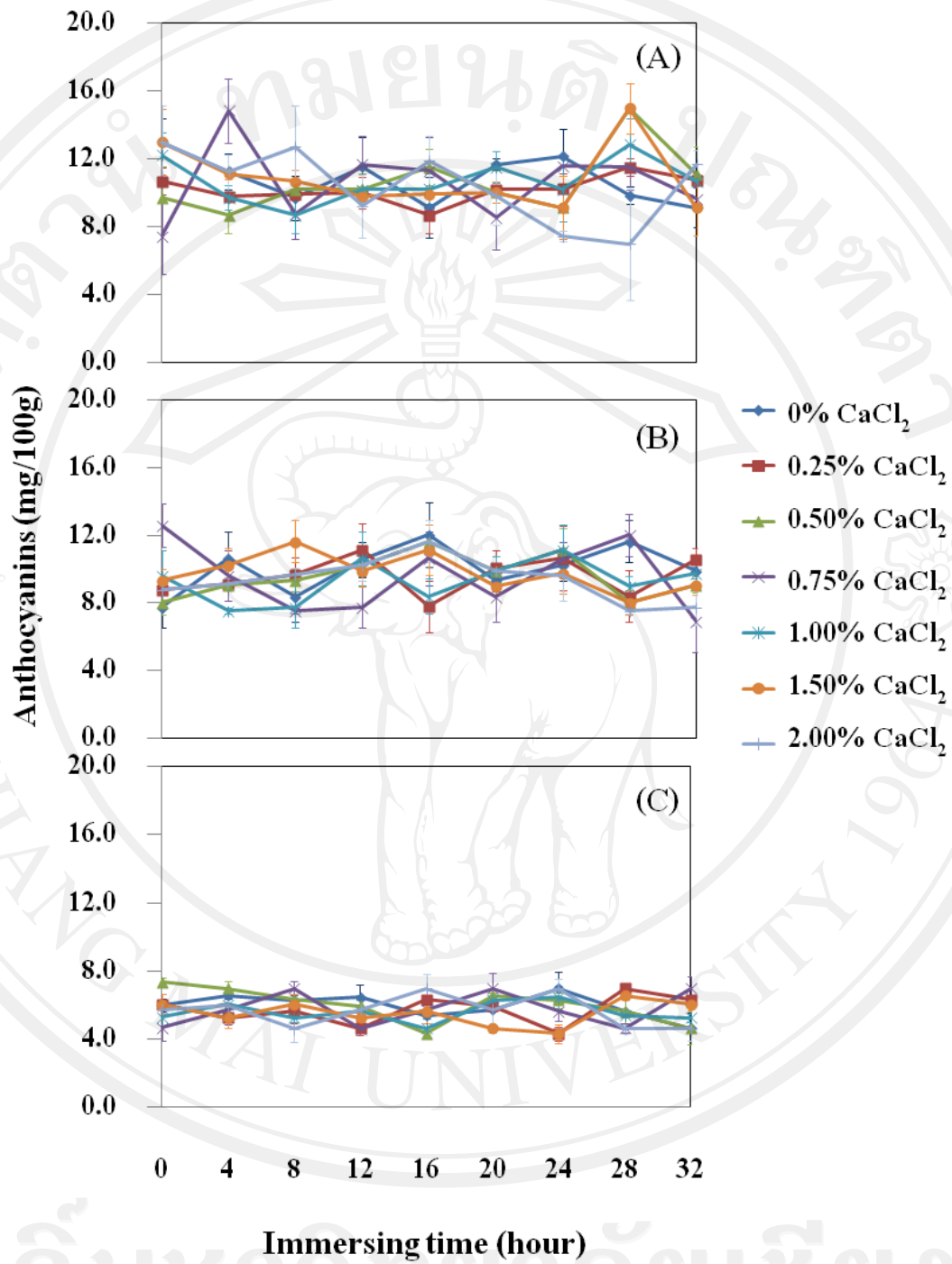
ภาพที่ 4.11 ค่าสีของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่
แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสม
ในสารละลายน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 4.12 ค่าสีของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่
ผลสตรอบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียม
คลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 4.13 ค่าสีของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 4.14 ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่
ผลสตอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียม
คลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(C) สายพันธุ์ Allstar

4.3.2 ผลการทดลองในโรงงานอุตสาหกรรม

4.3.2.1 ระยะเวลาในการหลอมละลายผลสตรอบอรี่แช่เยือกแข็งที่เหมาะสม

เนื่องจากการทดลองที่ 3.1 พบว่าผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ Allstar มีลักษณะนิ่มและไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้น จึงทำการทดลองต่อเฉพาะสายพันธุ์ 329 และ American13

ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก

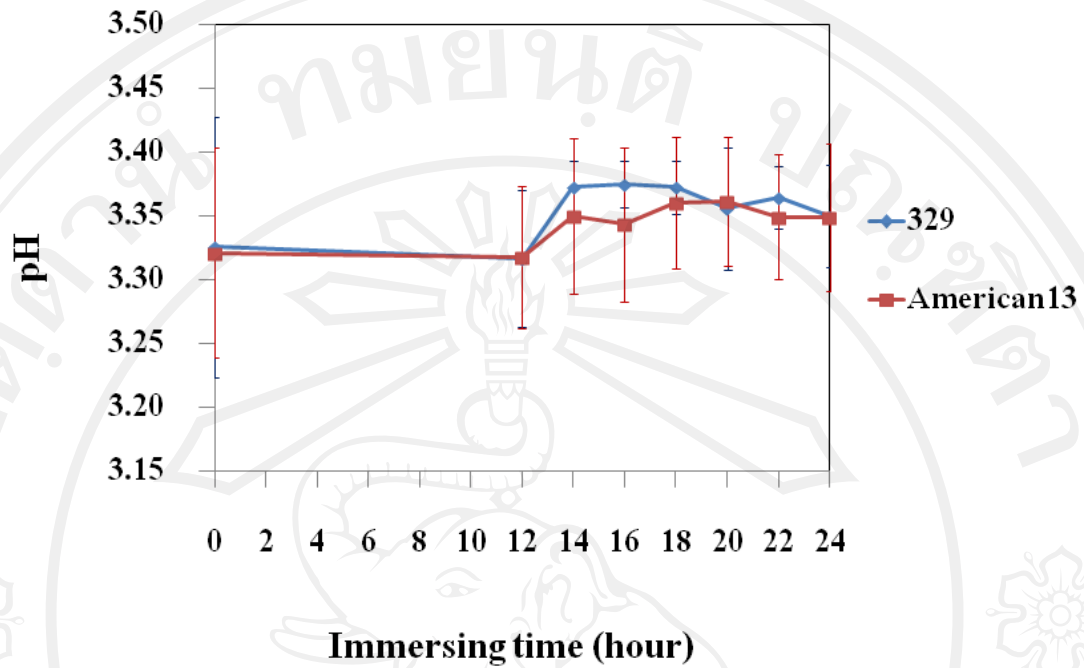
ผลการวิเคราะห์พบว่าภายหลังการแช่ผลสตรอบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ผลสตรอบอรี่มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 3.25-3.40 และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกมีปริมาณลดลงเมื่อระยะเวลาในการแช่ผลสตรอบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำตาลจากสารละลายน้ำตาลซูโครสเคลื่อนที่เข้าไปในผลสตรอบอรี่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดมีสัดส่วนลดลง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ (ภาพที่ 4.15 และ 4.16)

ค่าสีและปริมาณแอนโทไซยานิน

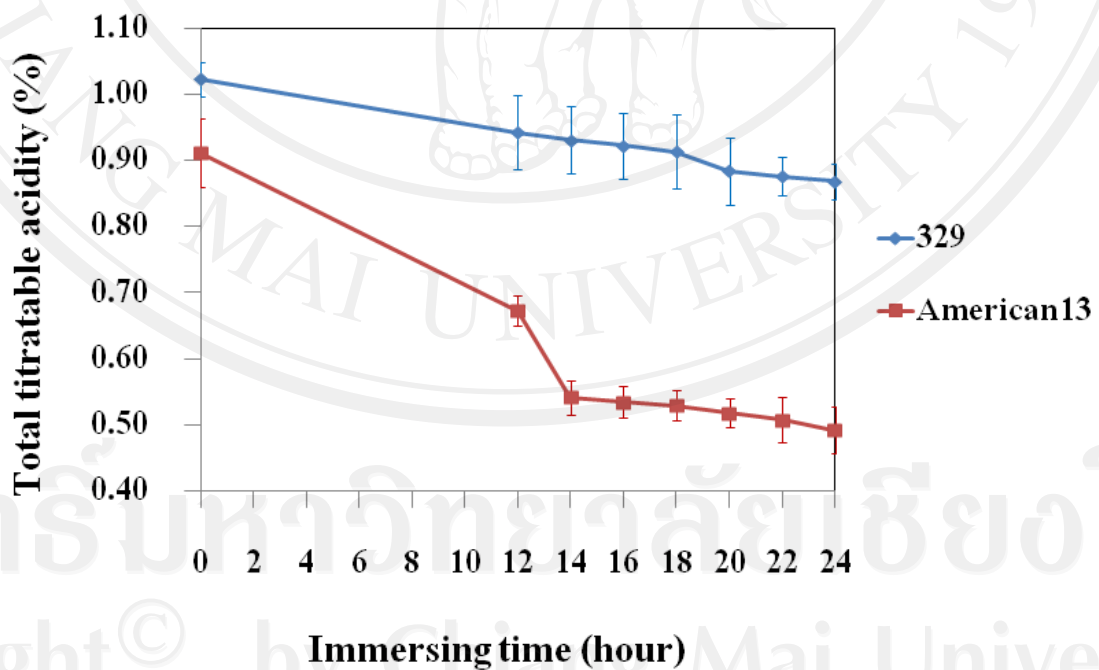
ค่าสีของผิวผลสตรอบอรี่แต่ละสายพันธุ์ภายหลังการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ระยะเวลาต่างๆ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังนั้นระยะเวลาในการแช่ผลสตรอบอรี่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส จึงไม่มีผลต่อค่าสีของผลสตรอบอรี่ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอนโทไซยานินในผลสตรอบอรี่ภายหลังการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ระยะเวลาต่างกัน มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอบอรี่แช่เยือกแข็งที่ไม่ได้แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส แต่การหลอมละลายผลสตรอบอรี่โดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ผลสตรอบอรี่มีปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ภาพที่ 4.17 และ 4.18)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ

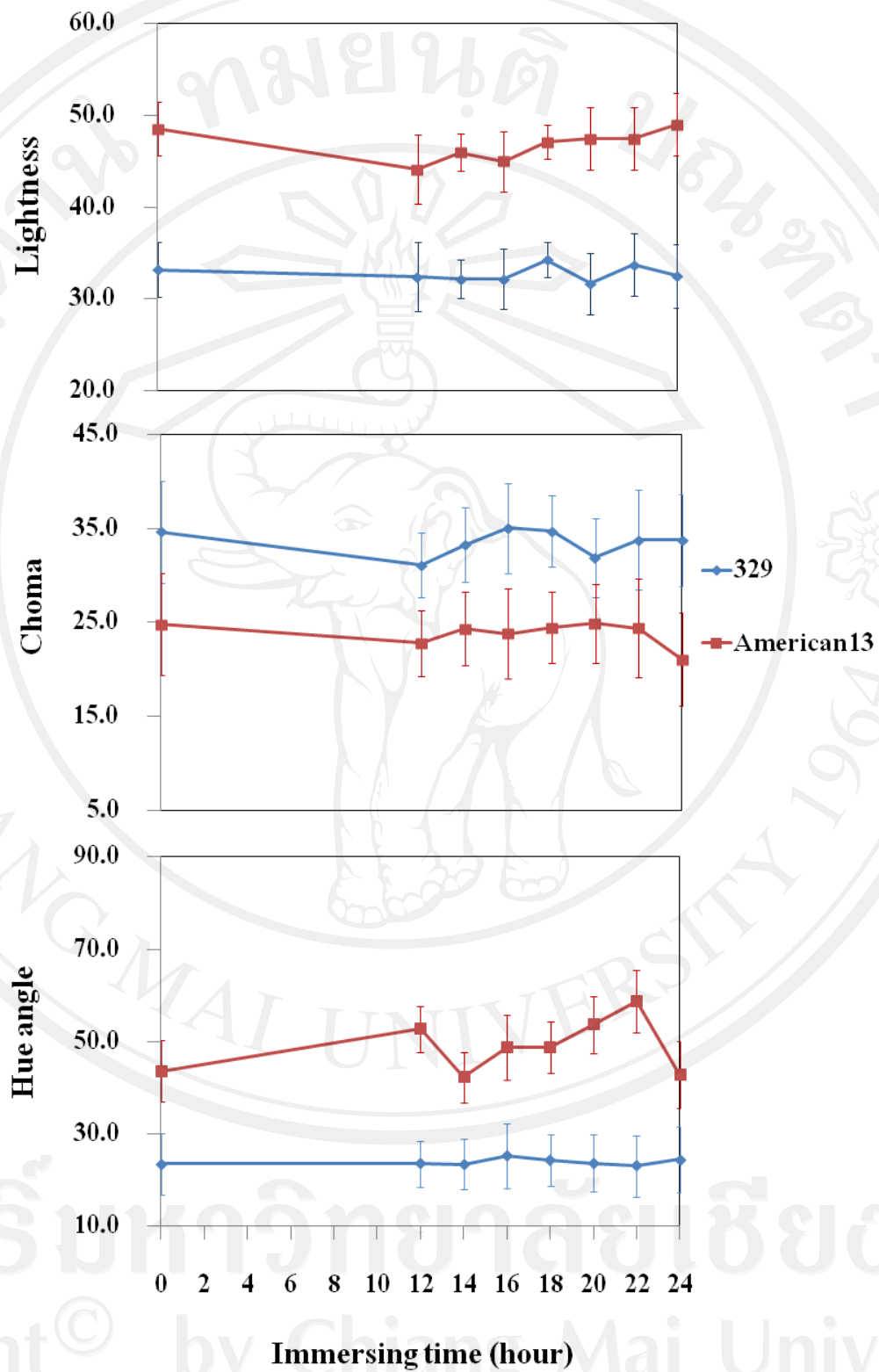
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำในผลสตรอบอรี่ภายหลังการหลอมละลายเป็นคุณภาพที่แปรผันตามระยะเวลาในการหลอมละลาย จึงใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอบอรี่เป็นตัวบ่งชี้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการหลอมละลาย โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอบอรี่ที่โรงงานอุตสาหกรรมต้องการคือ 20 องศาบริกซ์ ดังนั้นระยะเวลาในการหลอมละลายผลสตรอบอรี่แช่เยือกแข็งที่เหมาะสมคือ 16-20 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.19)



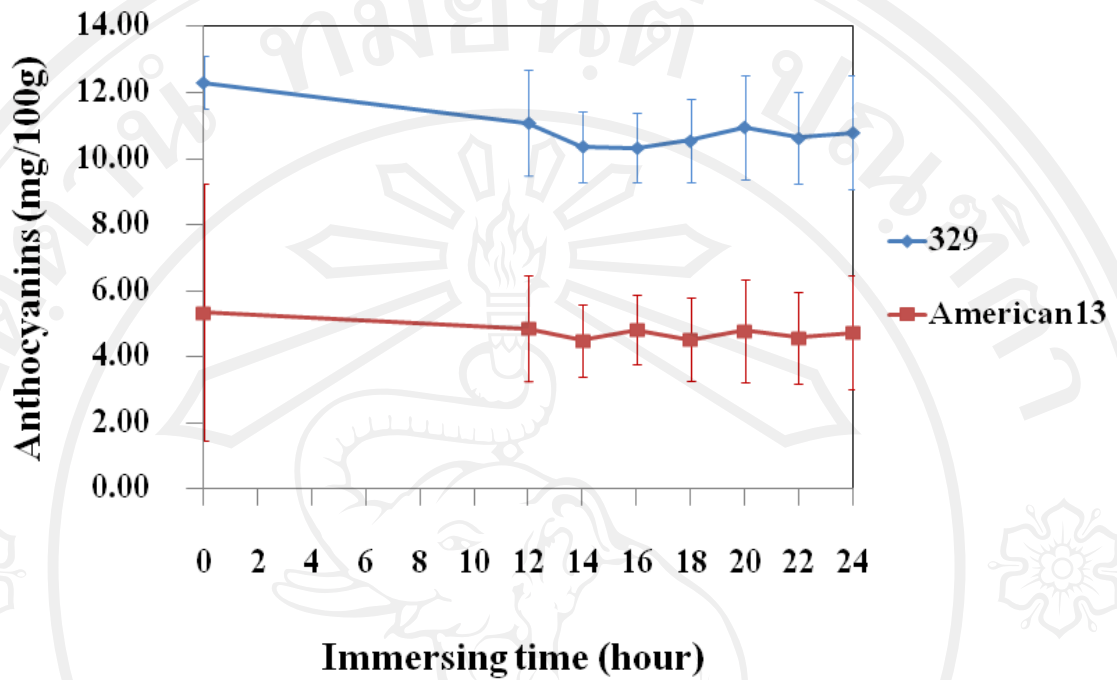
ภาพที่ 4.15 ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส



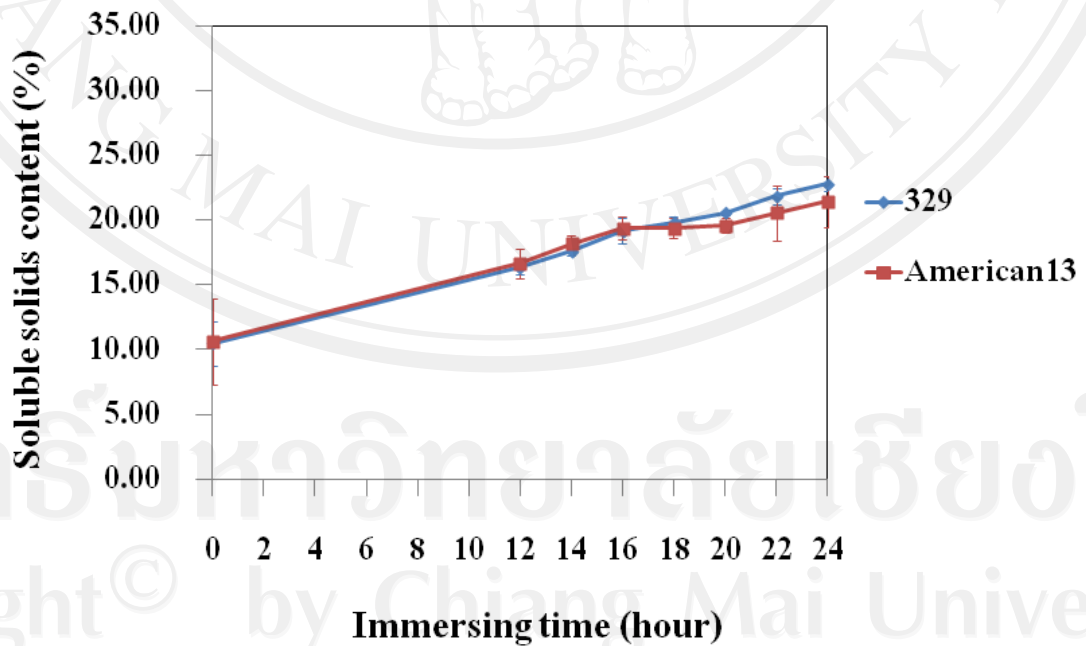
ภาพที่ 4.16 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 4.17 ค่าสีของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 4.18 ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 4.19 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส

4.3.2.2 ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ผสมลงไปในสารละลายน้ำตาลซูโครส ที่ใช้ในการหลอมละลายผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็ง

เนื่องจากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อขณะหลอมละลายผลสตรอเบอรี่ในหัวข้อที่ 4.3.1 ได้แสดงให้เห็นว่าผลสตรอเบอรี่ที่หลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (w/v) มีความแน่นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยผลสตรอเบอรี่ที่หลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ทำให้ผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อมากที่สุด จึงทำการประเมินความแตกต่างด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายโดยวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่อย่างง่าย (simple paired comparison test) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 12 คน

ผลการประเมินความแตกต่างด้านเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลาย พบว่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายทั้ง 2 สายพันธุ์แตกต่างกันทุกคู่การทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครสแตกต่างกัน

ส่วนด้านรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เฉพาะในผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 ที่เปรียบเทียบระหว่างการหลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 0 กับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และ 0 กับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เนื่องจากการหลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นการหลอมละลายที่โรงงานอุตสาหกรรมใช้อยู่ ดังนั้นเมื่อการหลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 กับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) จึงสามารถใช้การหลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (w/v) โดยไม่มีผลกระทบต่อการยอมรับด้านรสชาติของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลาย

ดังนั้นการหลอมละลายผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อดีที่สุดและไม่มีผลต่อรสชาติของผลสตรอเบอรี่

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความแตกต่างโดยวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่อย่างง่ายด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลาย

	ผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329			ผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13		
	A : B	A : C	B : C	A : B	A : C	B : C
Chi-square (จากการคำนวณ)						
- ด้านเนื้อสัมผัส	8.00	5.63	15.50	32.00	134.48	7.31
- ด้านรสชาติ	1.06	0.00	0.67	8.00	45.89	3.52
Chi-square (จากการเปิดตาราง)	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84
p-value	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

หมายเหตุ A คือผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w)

B คือผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 0.50 เปอร์เซ็นต์ (w/v)

C คือผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1.00 เปอร์เซ็นต์ (w/v)

4.4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์

4.4.1 ผลของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์

ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน พบว่าผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดมีความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาการหลอมละลายและต้มฆ่าเชื้อ มีปริมาณแบคทีเรียและยีสต์กับราไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดก่อนการหลอมละลาย และมีปริมาณแบคทีเรียน้อยกว่า 10 cfu/g ตามมาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรม (บริษัท ลานนาเกษตร

อุตสาหกรรม จำกัด, 2554) นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบยีสต์ รา โคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* ในผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นด้วย

ส่วนค่าสี (lightness, chroma, hue angle) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกของผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาการหาลอมละลาย มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกก่อนการหาลอมละลาย

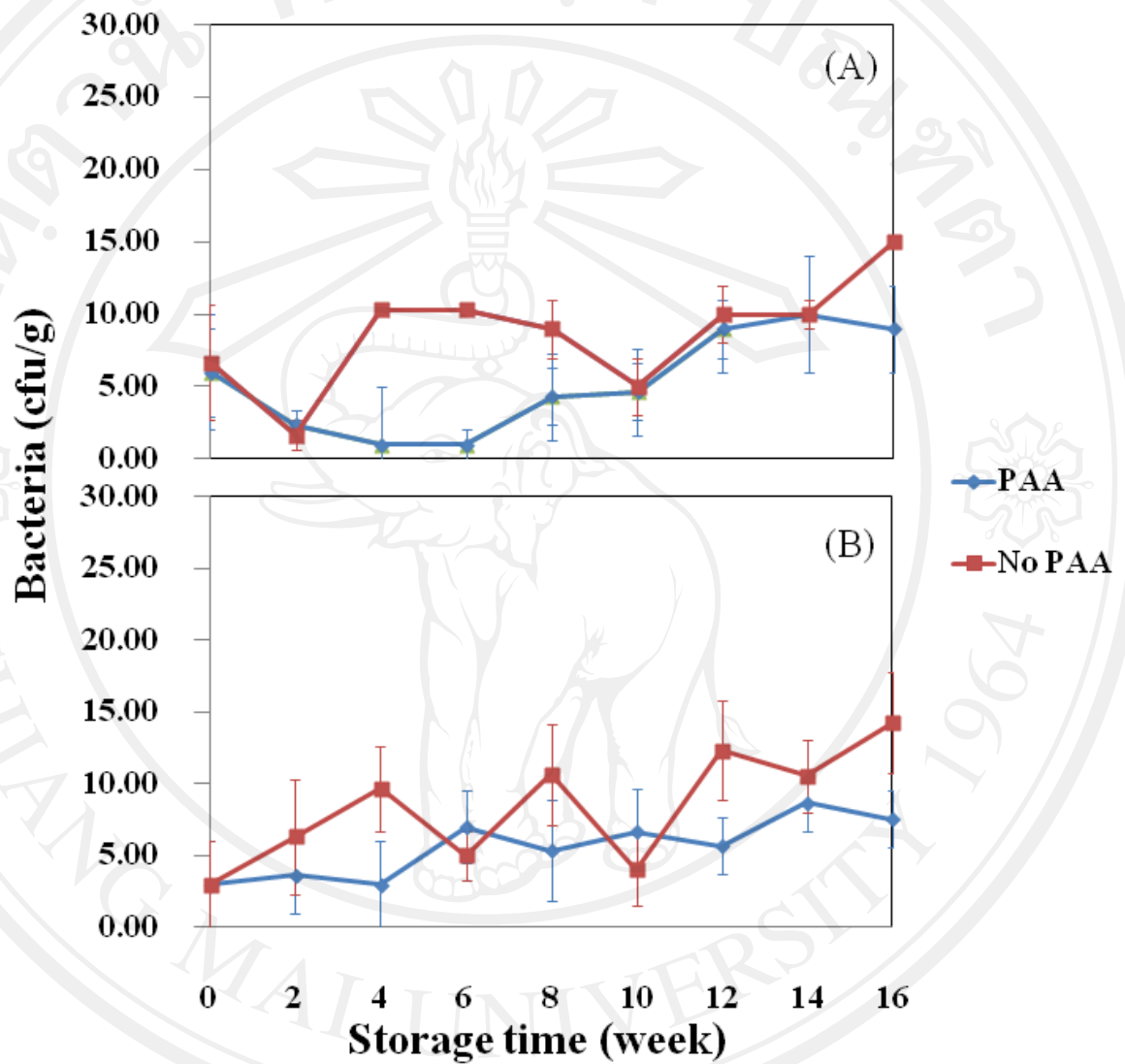
อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าผลสตรอเบอรี่ทั้ง 2 สายพันธุ์ที่จุ่มสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกก่อนการหาลอมละลายและดัมพ์มาเชื้อ มีปริมาณแบคทีเรียน้อยกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกก่อนการหาลอมละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 4.20) เนื่องจากสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น ซึ่งมีประโยชน์สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์จากผลไม้ที่มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นสูง ส่วนยีสต์ รา โคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* ตรวจไม่พบในผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

4.4.2 ผลการศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์

ความแน่นเนื้อ

ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน พบว่าผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่ผ่านการหาลอมละลายโดยวิธีแตกต่างกันมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าผลสตรอเบอรี่ทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ผ่านการหาลอมละลายด้วยวิธีแตกต่างกัน 3 วิธี มีความแน่นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.21

ผลการทดลองพบว่าผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่มีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยวิธีที่ 2 และ 3 ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อมากกว่าวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยวิธีที่ 2 และ 3 จะทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น 7.15 และ 9.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ 1 แต่การปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยวิธีที่ 2 และ 3 ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 4.20 ปริมาณแบคทีเรียในผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา

16 สัปดาห์

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าควรใช้วิธีที่ 2 ในการรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้น เนื่องจากใช้ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์น้อยกว่าวิธีที่ 3 และใช้ขั้นตอนการผลิตที่สั้นกว่า แต่ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) และพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้ผลสตรอเบอรี่ทั้ง 2 สายพันธุ์มีความแน่นเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับการทดลองจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียม-แล็กเทต ความเข้มข้น 1.0 หรือ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 นาทีโดยใช้ร่วมกับเทคนิคสุญญากาศ จากนั้นนำไปแช่เยือกแข็ง แล้วนำมาหาลอมละลาย บรรจุใส่กระป๋อง และเติมน้ำเชื่อมความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ต้มฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำร้อน เป็นเวลา 14 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าการจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมแล็กเทต 1 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการแช่เยือกแข็งทั้งภายหลังการหาลอมละลายและการต้มฆ่าเชื้อ ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด และช่วยลดการสูญเสียของเหลวออกจากผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหาลอมละลาย นอกจากนี้เมื่อนำไปทดสอบชิมพบว่าสารละลายแคลเซียมแล็กเทตไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลสตรอเบอรี่ (Main *et al.*, 1986)

ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน และ 16 สัปดาห์ พบว่าผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่หาลอมละลายด้วยวิธีแตกต่างกันมีค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลสตรอเบอรี่ทั้ง 2 สายพันธุ์มีค่าพีเอชลดลงและมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 4.22 และ 4.23) เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 มีค่าพีเอชคือ 3.54 และ 3.48 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากับ 16 สัปดาห์พบว่าผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.39 และ 3.37 ตามลำดับ

ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษามีปริมาณเท่ากับ 0.51 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณเท่ากับ 0.61 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษามีปริมาณเท่ากับ 0.53 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณเท่ากับ 0.62 เปอร์เซ็นต์

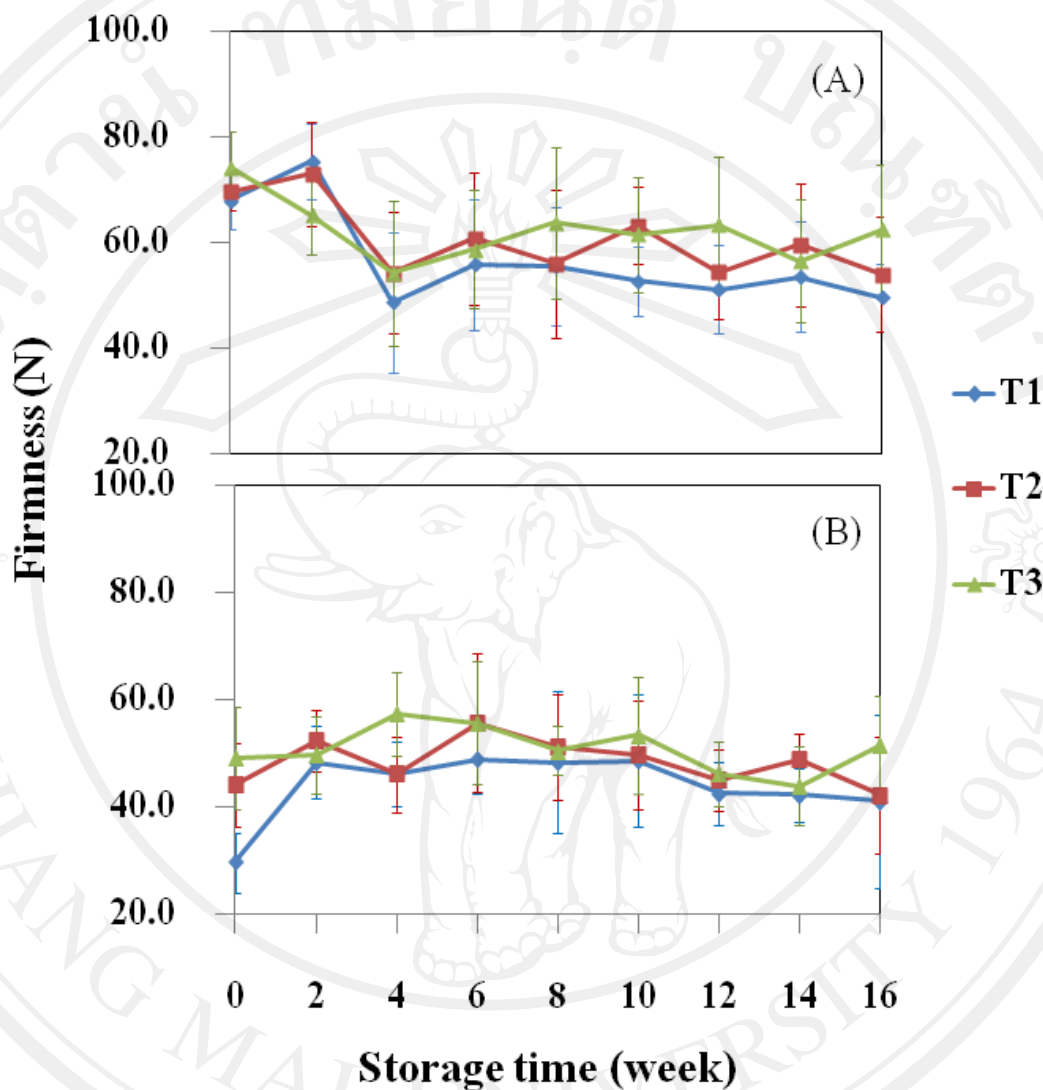
ค่าพีเอชมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในผลไม้ กล่าวคือ ถ้าผลไม้มีปริมาณกรดอินทรีย์อยู่มากค่าพีเอชของผลไม้จะต่ำ (สุภรัตน์, 2544) ค่าพีเอชที่ลดลงน่าจะเกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์ เพราะเมื่อจุลินทรีย์มีการเจริญจะใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนผลิตพลังงานและกรดอินทรีย์ทำให้ค่าพีเอชลดลง (Heard, 2002)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ

ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน และ 16 สัปดาห์ พบว่าผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ห่อหุ้มละลายด้วยวิธีแตกต่างกันมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ดังนั้นการห่อหุ้มละลายด้วยวิธีการที่ต่างกันจึงไม่มีผลกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลสตรอเบอรี่ทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) (ภาพที่ 4.24) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำในผลสตรอเบอรี่แพร่ออกมาจากผลสตรอเบอรี่มากขึ้นและโมเลกุลของน้ำตาลในน้ำเชื่อมแพร่เข้าไปยังผลสตรอเบอรี่

ค่าสี

ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ห่อหุ้มละลายด้วยวิธีแตกต่างกันมีค่าสี (lightness, chroma, hue angle) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสีของผลสตรอเบอรี่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 4.25-4.27) โดยเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นสายพันธุ์ 329 มีค่าสี lightness, chroma และ hue angle เท่ากับ 33.50, 22.21 และ 26.88 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษา เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่ามีค่าสี lightness, chroma และ hue angle เท่ากับ 28.50, 5.91 และ 14.82 ตามลำดับ สำหรับผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นสายพันธุ์ American13 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษามีค่าสี lightness, chroma และ hue angle เท่ากับ 38.28, 32.37 และ 29.19 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ มีค่าสี lightness, chroma และ hue angle เท่ากับ 31.99, 9.88 และ 23.59 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผลสตรอเบอรี่ทั้ง 2 สายพันธุ์มีสีผิวคล้ำลงเนื่องจากมีค่า lightness, chroma และ hue angle ลดลง และผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นสายพันธุ์ 329 มีสีคล้ำกว่าสายพันธุ์ American13



ภาพที่ 4.21 ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา

16 สัปดาห์ (วัดโดยใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร ที่ระดับความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่าแรงเคียด เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์)

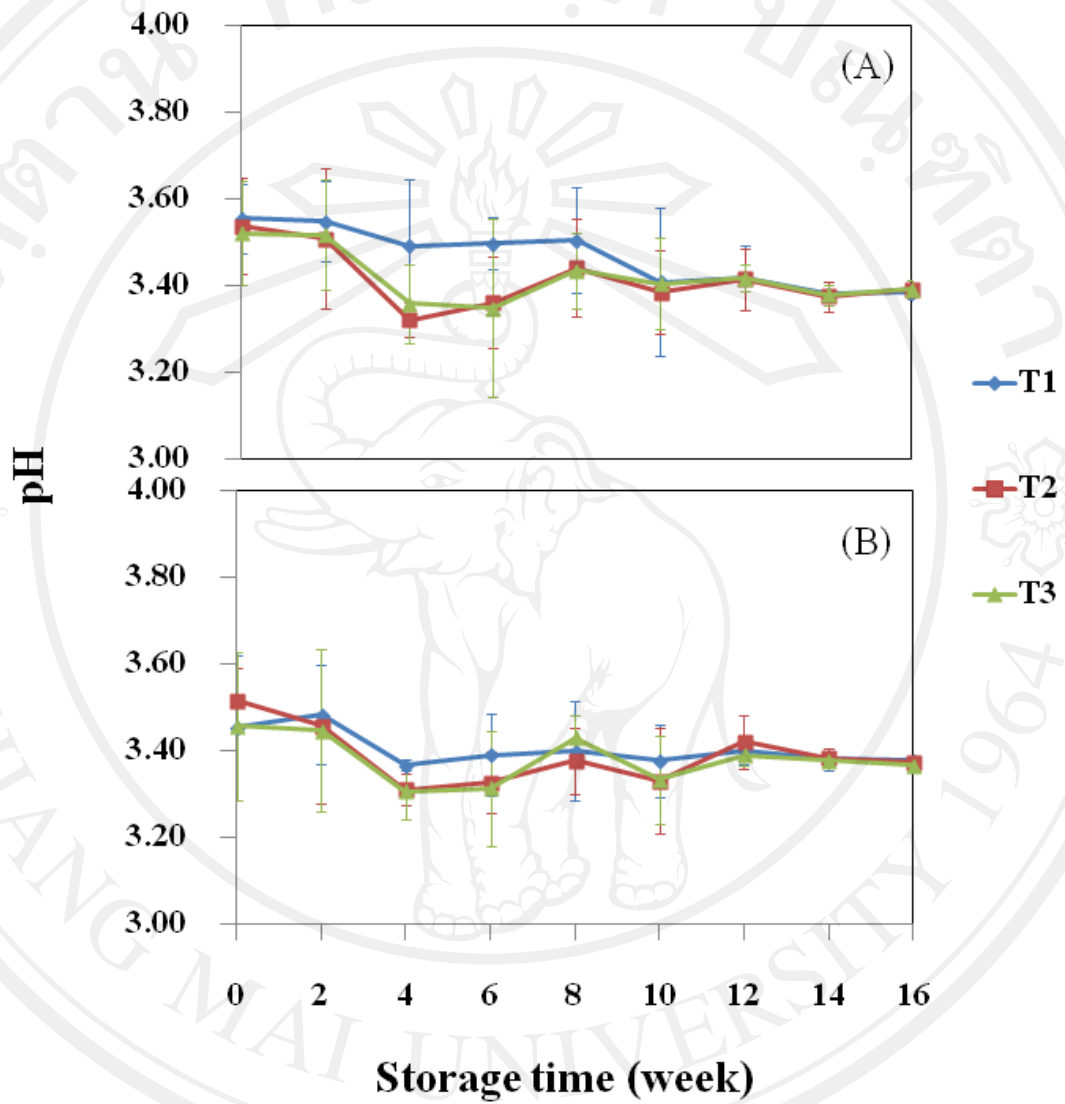
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.22 ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

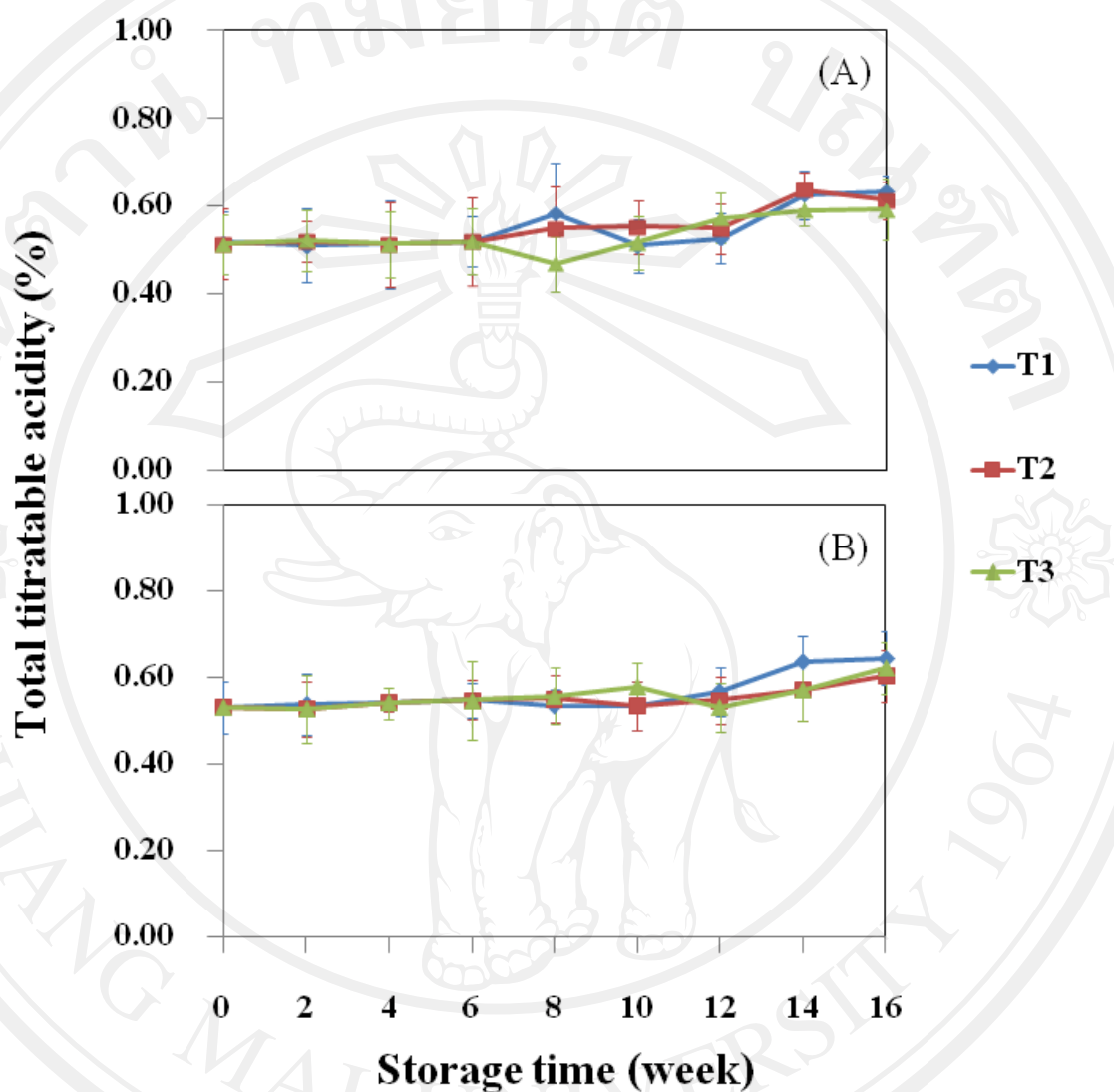
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.23 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

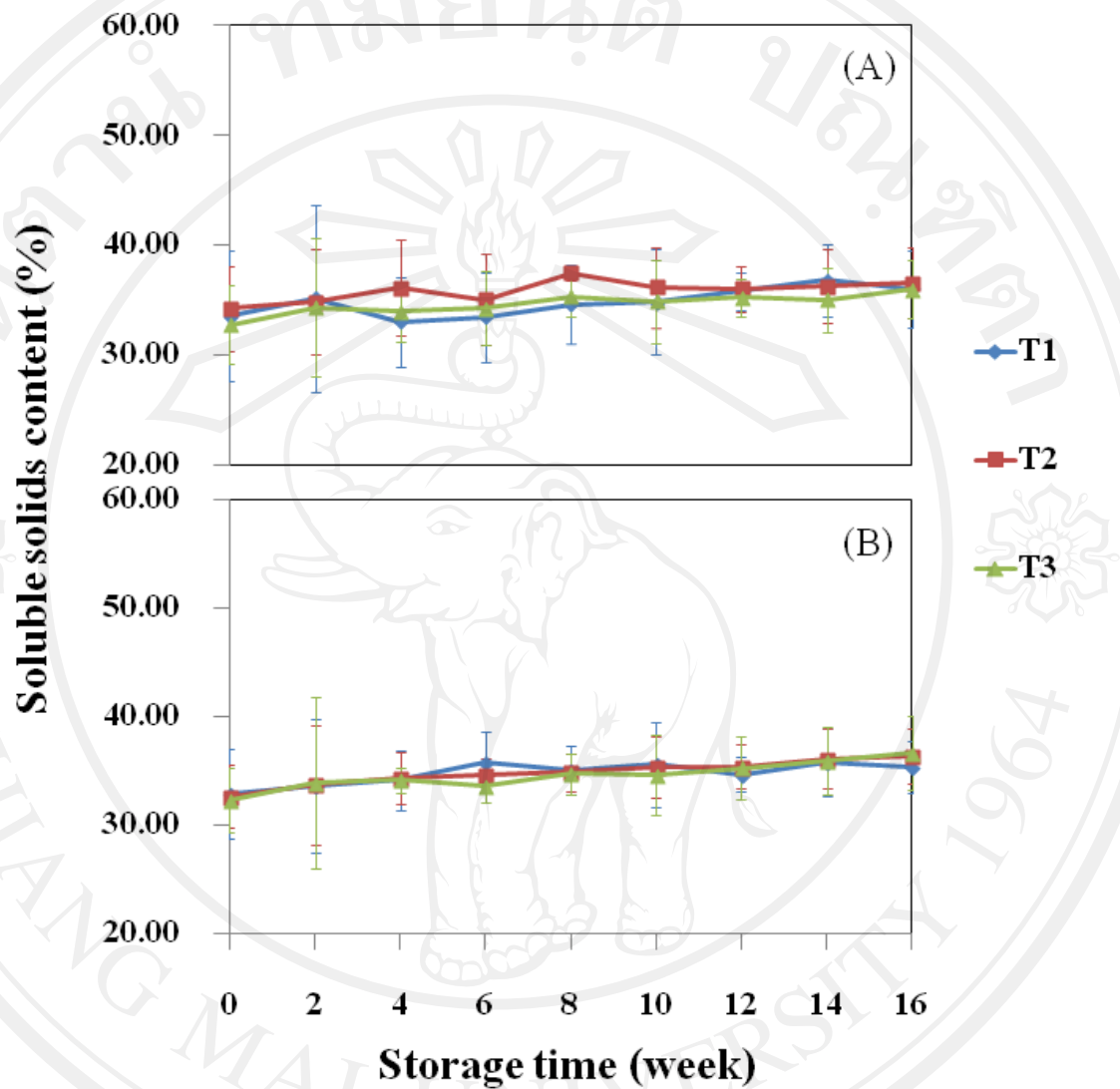
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.24 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

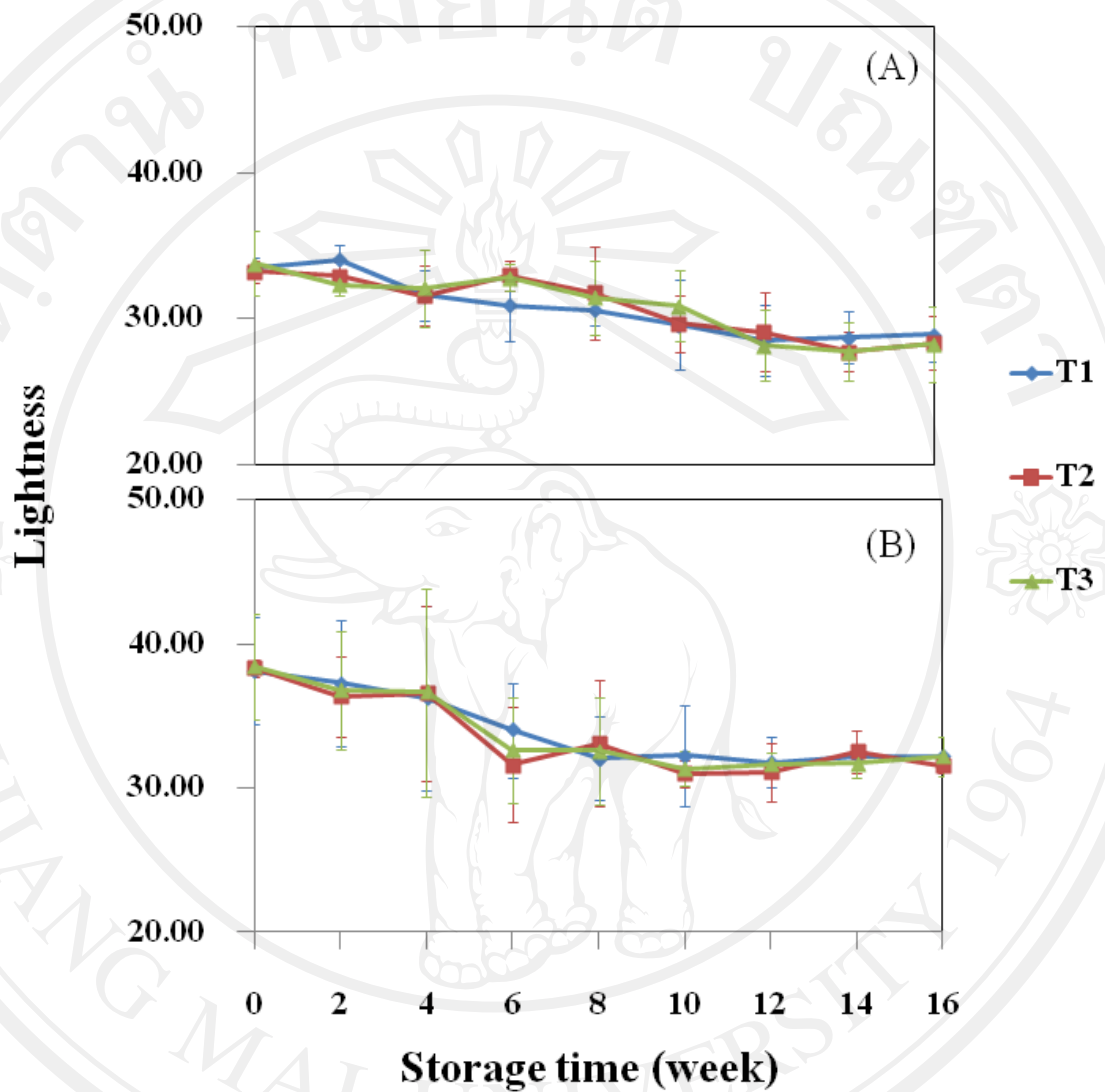
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อผลและ 0.7% ก่อนการตัดผ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อผล

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อผลและ 0.7% ก่อนการตัดผ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.25 ค่าสี lightness ของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

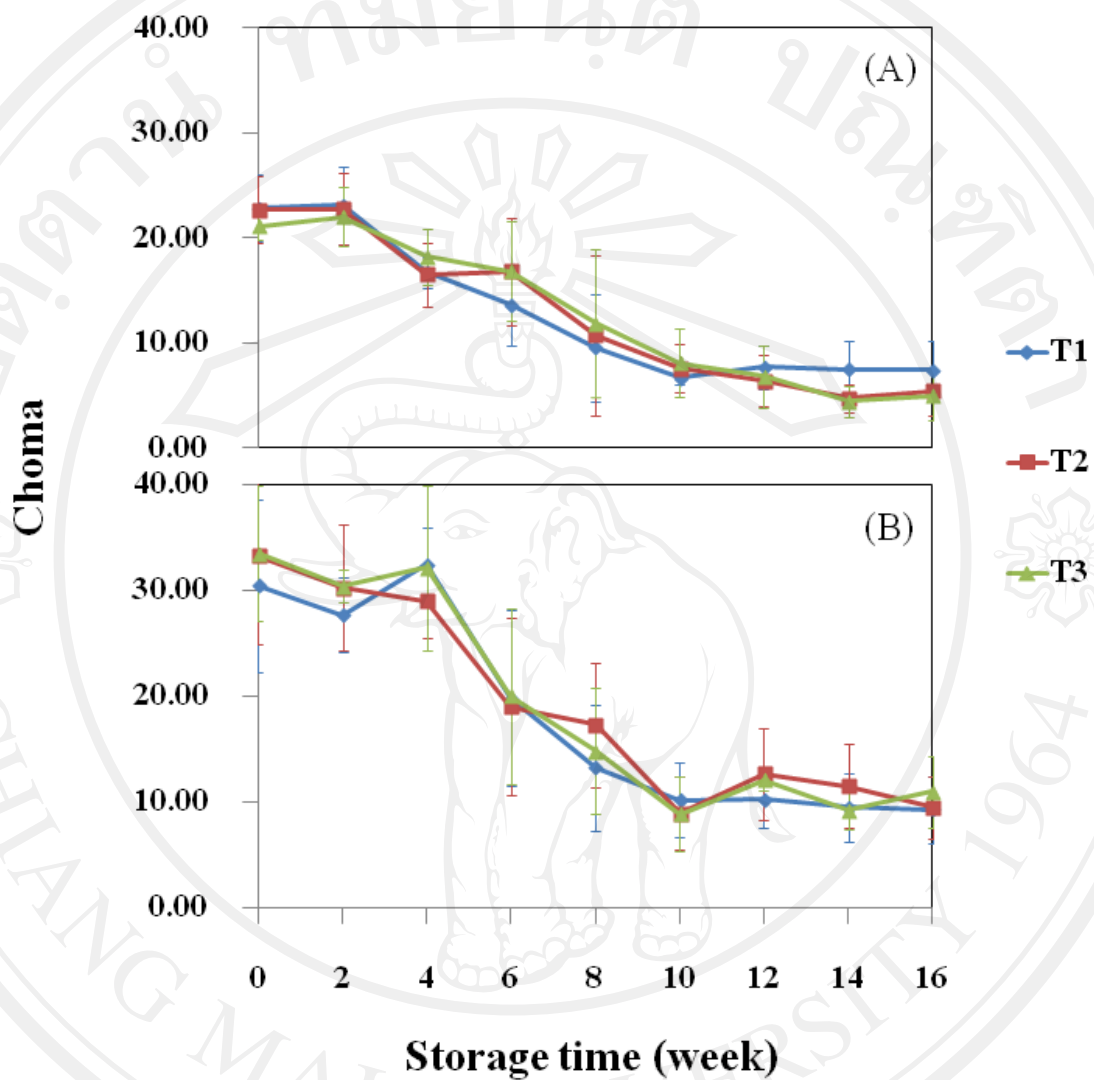
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.26 ค่าสี choma ของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

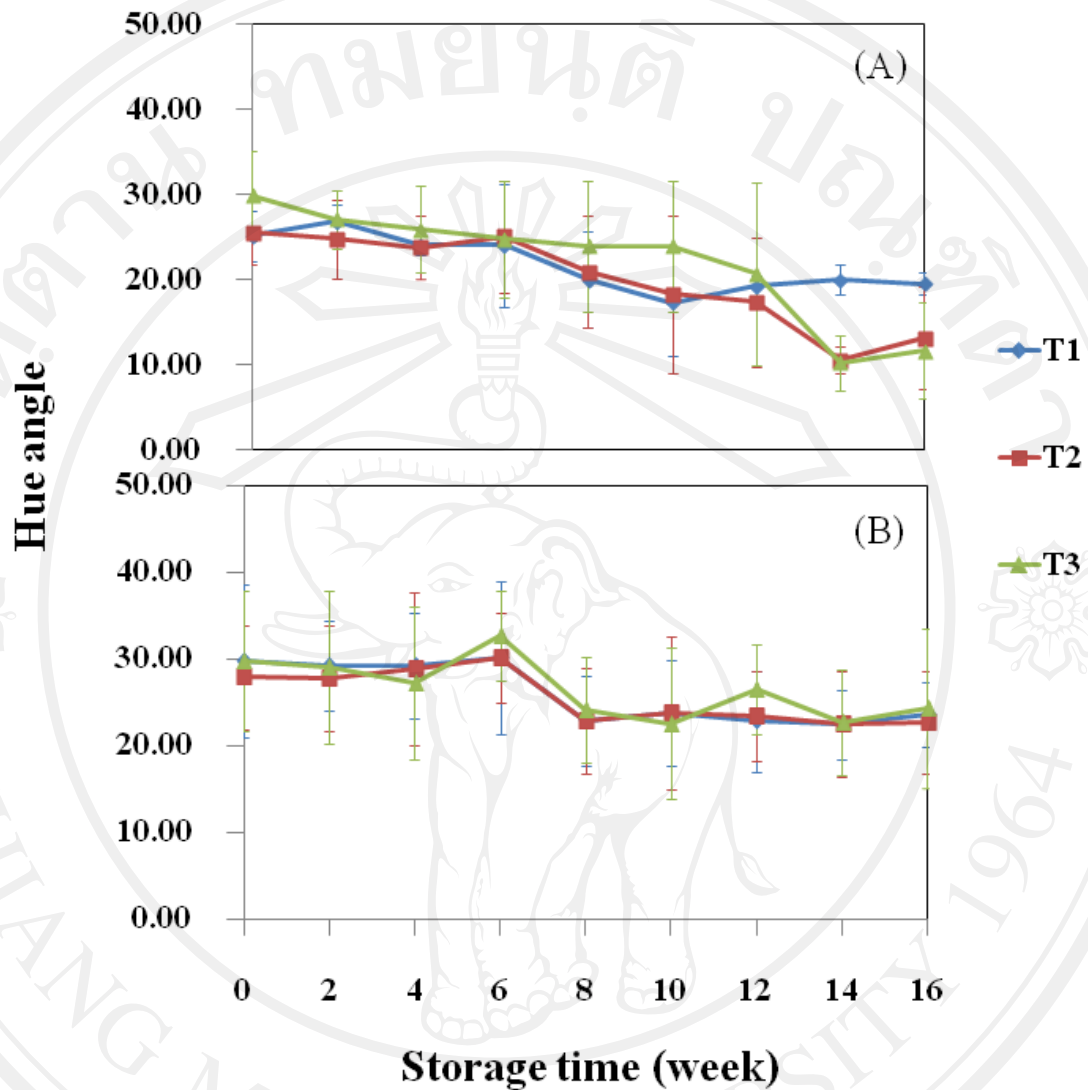
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อหุ้มและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อหุ้มและ

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อหุ้มและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.27 ค่าสี hue angle ของผลสตอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้เคลือบเคลือบ 0.5% ในการห่อหุ้มและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้เคลือบเคลือบ 1.0% ในการห่อหุ้ม

(T3) การใช้เคลือบเคลือบ 1.0% ในการห่อหุ้มและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่ผ่านการหลอมละลายด้วยวิธีการต่างกัน โดยใช้ระดับคะแนน 9 ระดับ (9=ชอบมากอย่างยิ่ง และ 0=ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง) โดยแบ่งลักษณะที่ใช้ในการประเมินผลิตภัณฑ์ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นออกเป็น 6 ลักษณะ คือ การยอมรับโดยรวม สีที่ปรากฏ (สีแดง) ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่น และใช้ผู้ประเมินจำนวน 50 คน ถ้าผลิตภัณฑ์ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นในแต่ละลักษณะที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 คะแนน จะถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ก. คะแนนการยอมรับโดยรวม (overall acceptability)

คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ผ่านการหลอมละลายด้วยวิธีการต่างกันพบว่าคะแนนที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้ประเมิน (ภาพที่ 4.28) โดยผู้ประเมินให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 12 สัปดาห์ พบว่าผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นสายพันธุ์ 329 และ American13 ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 5.3 และ 5.9 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งถือว่ายังได้รับการยอมรับจากผู้ประเมิน แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากับ 16 สัปดาห์ ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นสายพันธุ์ 329 และ American13 ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 4.1 และ 4.7 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งถือว่าไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ประเมิน

ข. คะแนนความชอบด้านสี (color)

ผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบด้านสีของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ผ่านการหลอมละลายด้วยวิธีการต่างกันพบว่าคะแนนที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลต่อความชอบด้านสีของผู้ประเมิน (ภาพที่ 4.29) โดยคะแนนความชอบต่อลักษณะสีผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นมีค่าลดลงเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมมีสีผิวคล้ำขึ้น สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า lightness ของผลสตรอเบอรี่ที่มีค่า lightness ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านสีของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ ต่ำกว่า 5 คะแนน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

ค. คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (appearance)

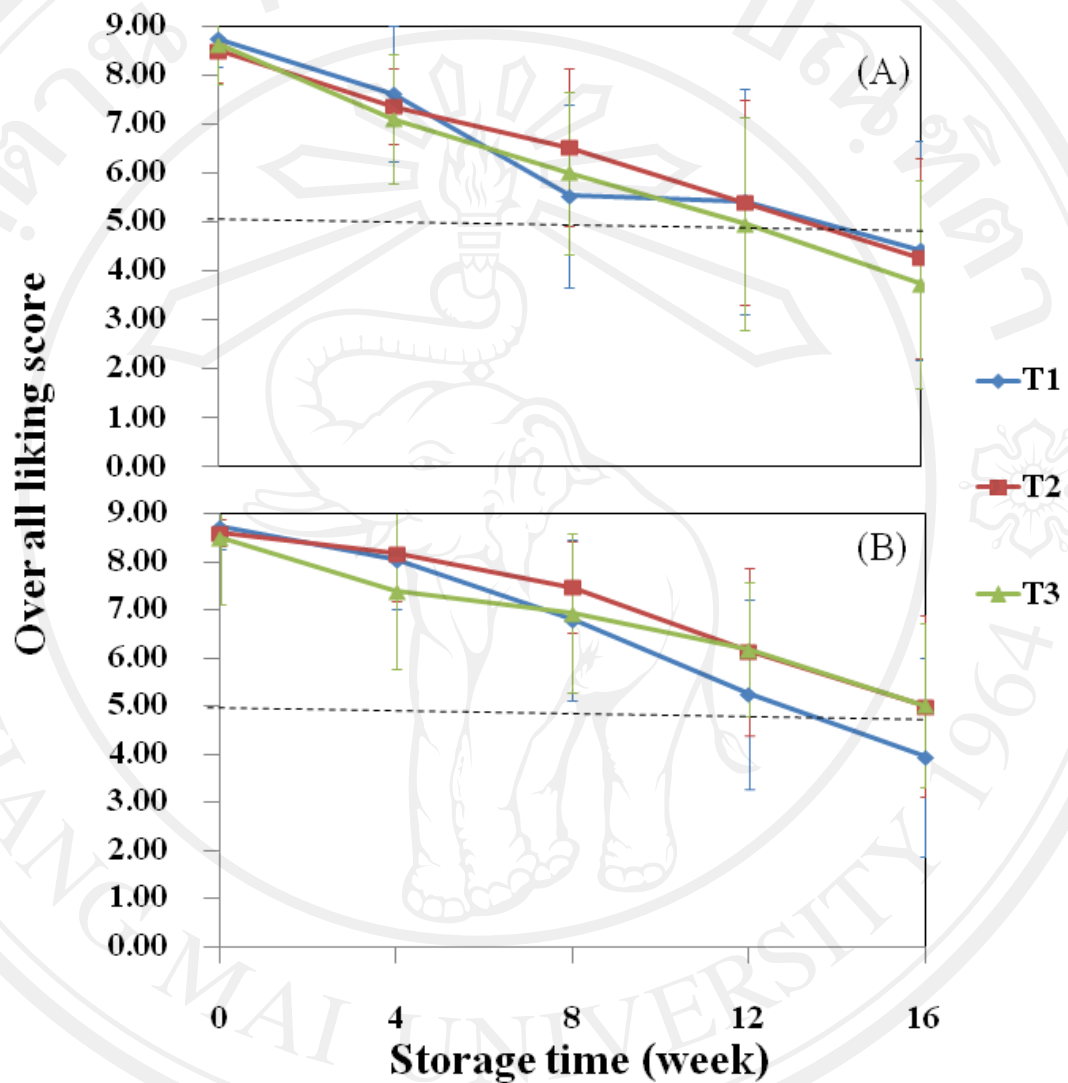
ผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ผ่านการหลอมละลายด้วยวิธีการที่แตกต่างกันพบว่า คะแนนที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏของผู้ประเมิน (ภาพที่ 4.30) โดยผู้ประเมินให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏภายนอกของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากับ 16 สัปดาห์ ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นสายพันธุ์ 329 ได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏต่ำกว่า 5 คะแนน แต่สายพันธุ์ American13 ยังได้คะแนนมากกว่า 5 คะแนน

ง. คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (texture)

ผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ผ่านการหลอมละลายด้วยวิธีการแตกต่างกันพบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ที่หลอมละลายโดยวิธีที่ 2 มากที่สุด รองลงมาคือ วิธีที่ 3 และ 1 (ภาพที่ 4.31) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลต่อความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผู้ประเมิน โดยผู้ประเมินให้คะแนนความชอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมสายพันธุ์ 329 และ American13 ในวันเริ่มต้น เท่ากับ 8.4 และ 8.5 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากับ 16 สัปดาห์ ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมสายพันธุ์ 329 และ American13 เท่ากับ 4.0 และ 4.5 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ประเมิน เนื่องจากผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น

จ. คะแนนความชอบด้านกลิ่น (aroma)

ผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ผ่านการหลอมละลายด้วยวิธีการแตกต่างกันพบว่าคะแนนที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อความชอบด้านกลิ่นของผู้ประเมิน (ภาพที่ 4.32) โดยผู้ประเมินให้คะแนนความชอบต่อกลิ่นของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นทั้ง 2 สายพันธุ์ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากับ 16 สัปดาห์ ผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นสายพันธุ์ 329 ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเท่ากับ 5.3 คะแนน แต่สายพันธุ์ American13 ได้คะแนน 5.0 คะแนนซึ่งถือว่าไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ประเมิน



ภาพที่ 4.28 คะแนนความชอบโดยรวมของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษา

เป็นเวลา 16 สัปดาห์

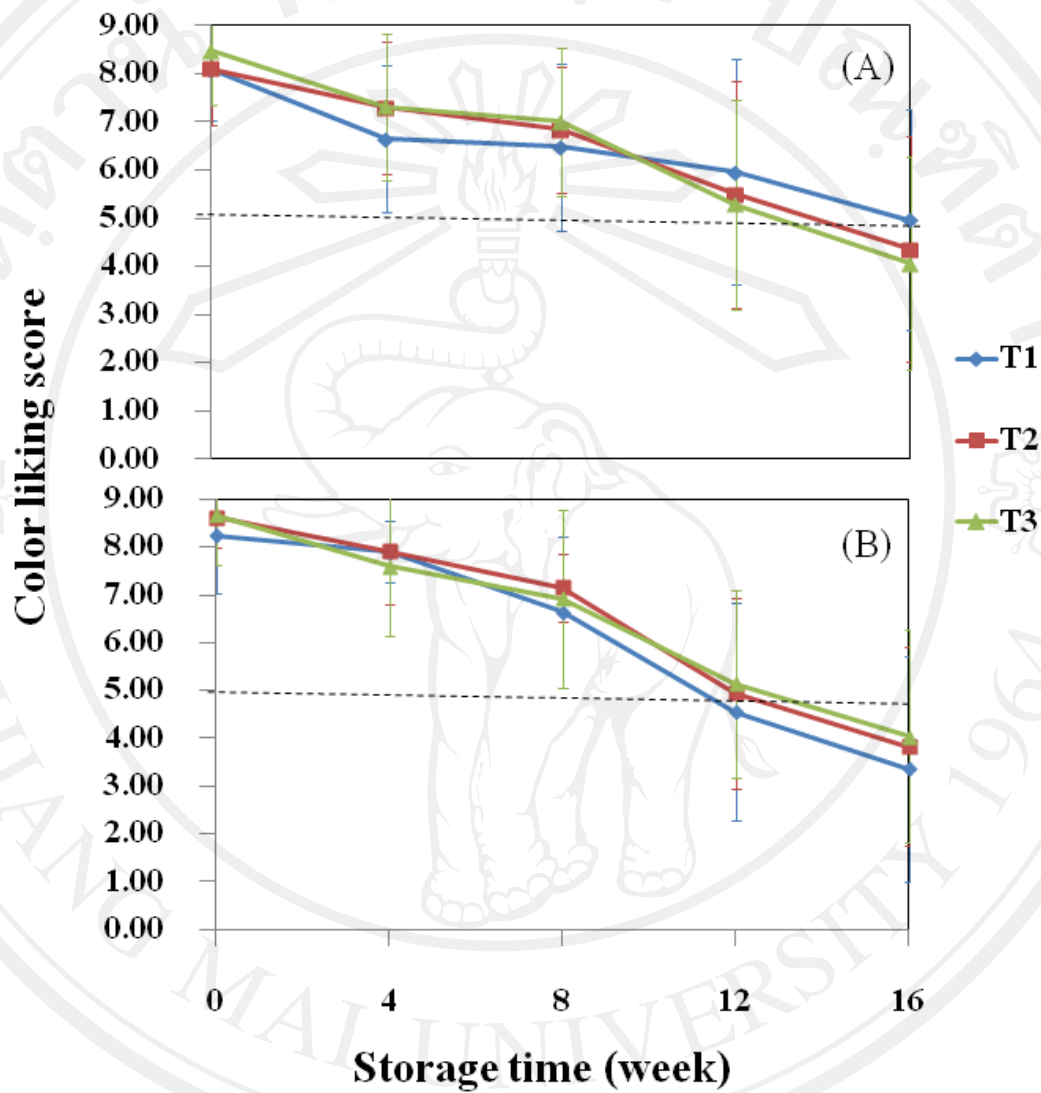
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.29 คะแนนความชอบด้านสีของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษา

เป็นเวลา 16 สัปดาห์

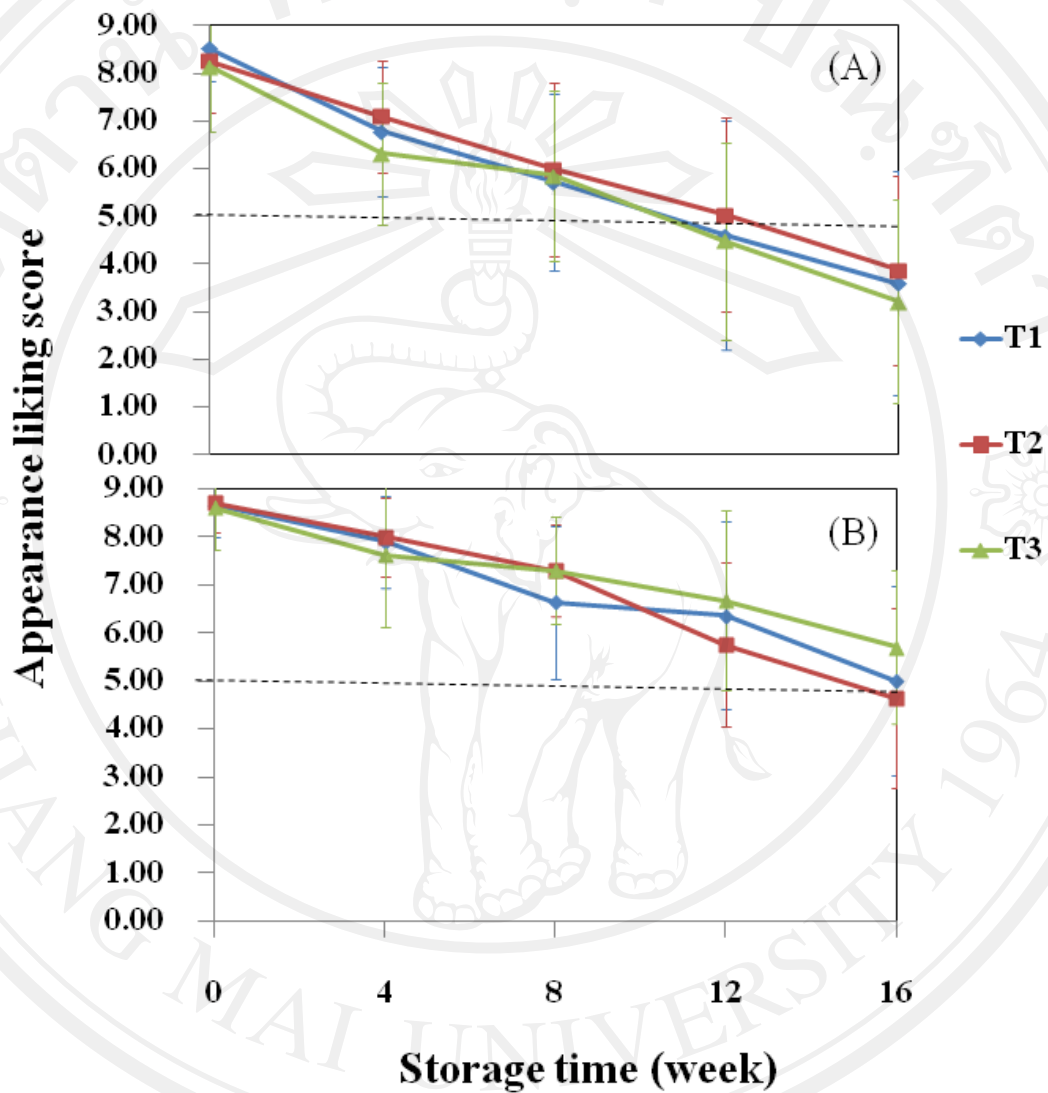
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการหลอมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการหลอมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการหลอมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.30 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการ

เก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

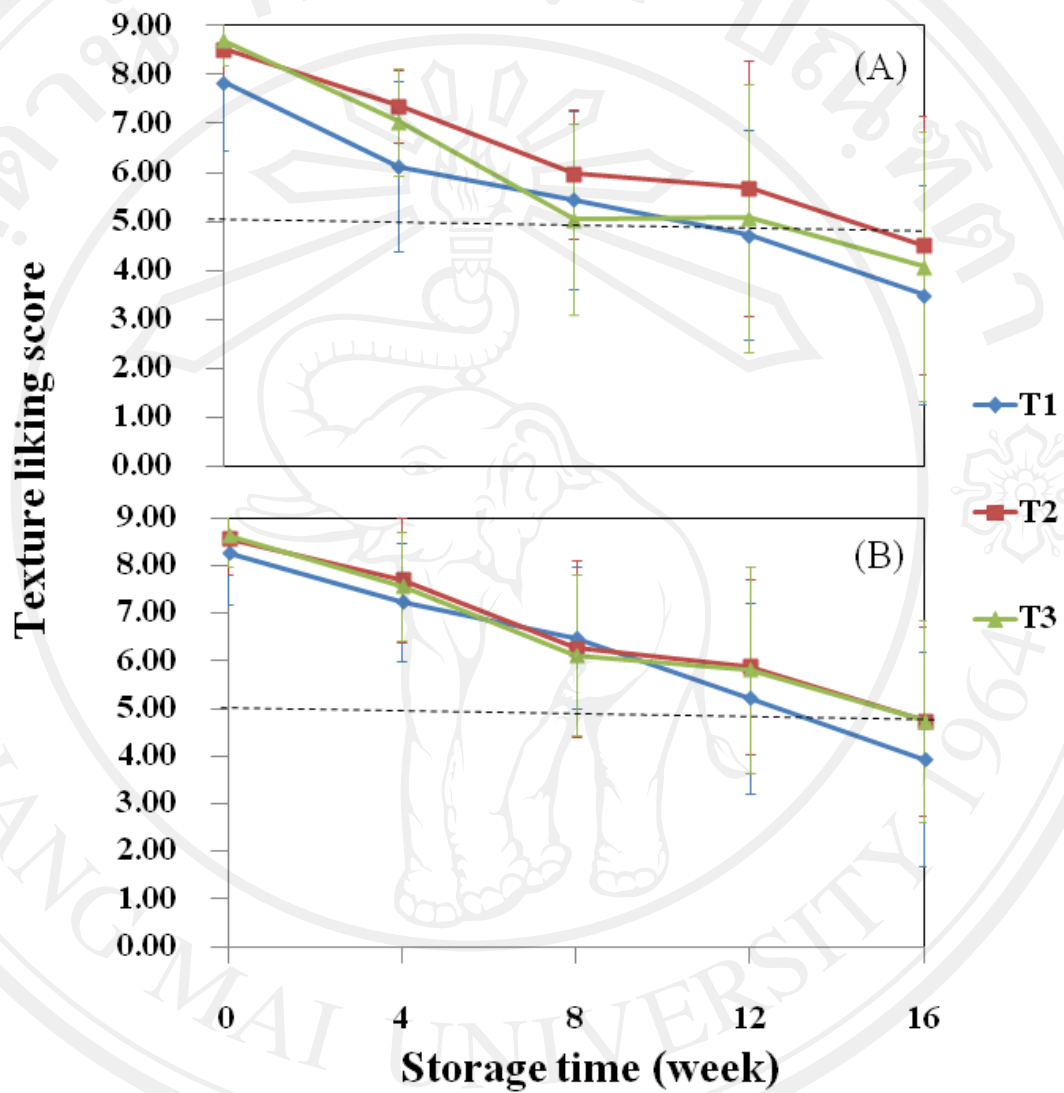
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการหลอมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการหลอมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการหลอมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.31 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

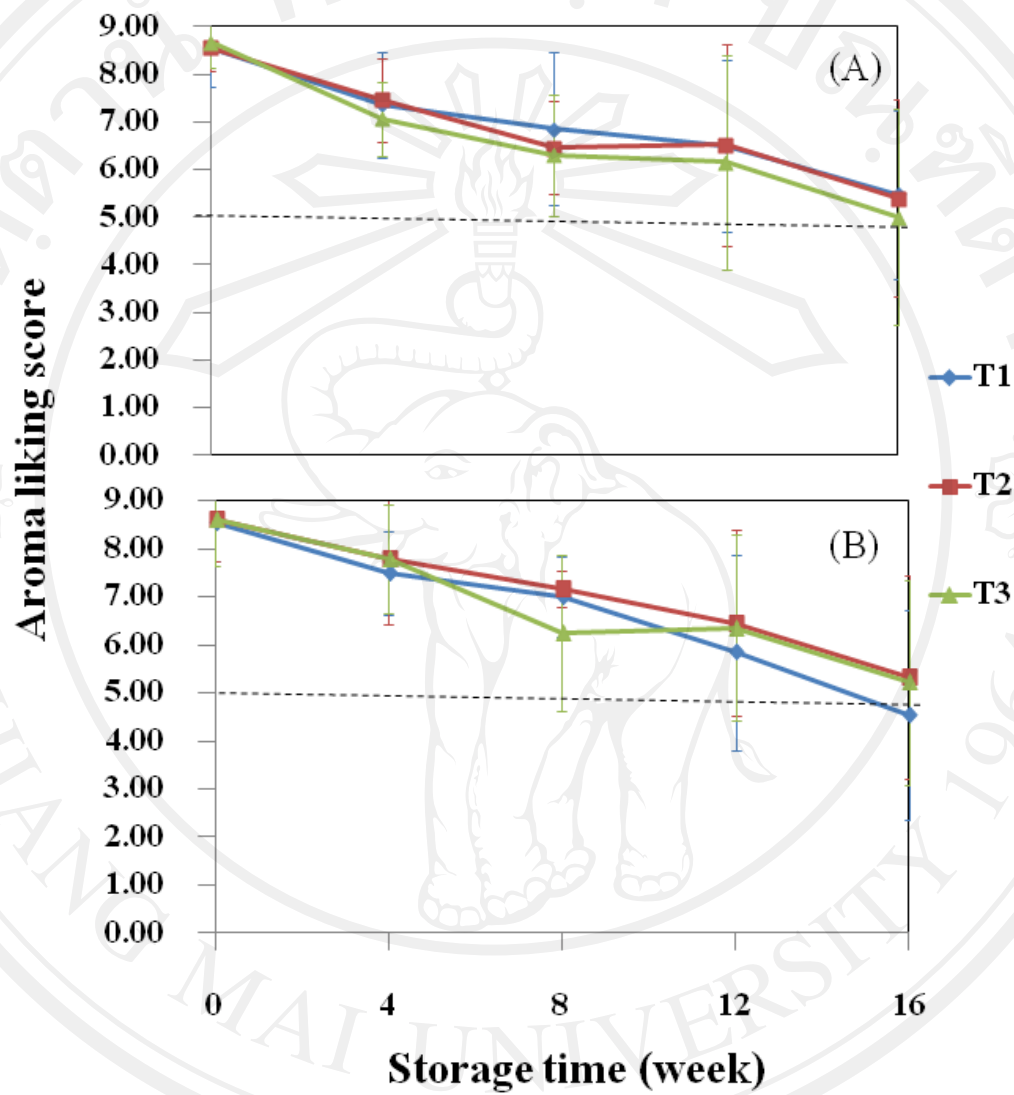
(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการหลอมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการหลอมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการหลอมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 4.32 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษา

เป็นเวลา 16 สัปดาห์

(A) สายพันธุ์ 329

(B) สายพันธุ์ American13

(T1) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

(T2) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลาย

(T3) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในการห่อมละลายและ 0.7% ก่อนการต้มฆ่าเชื้อ

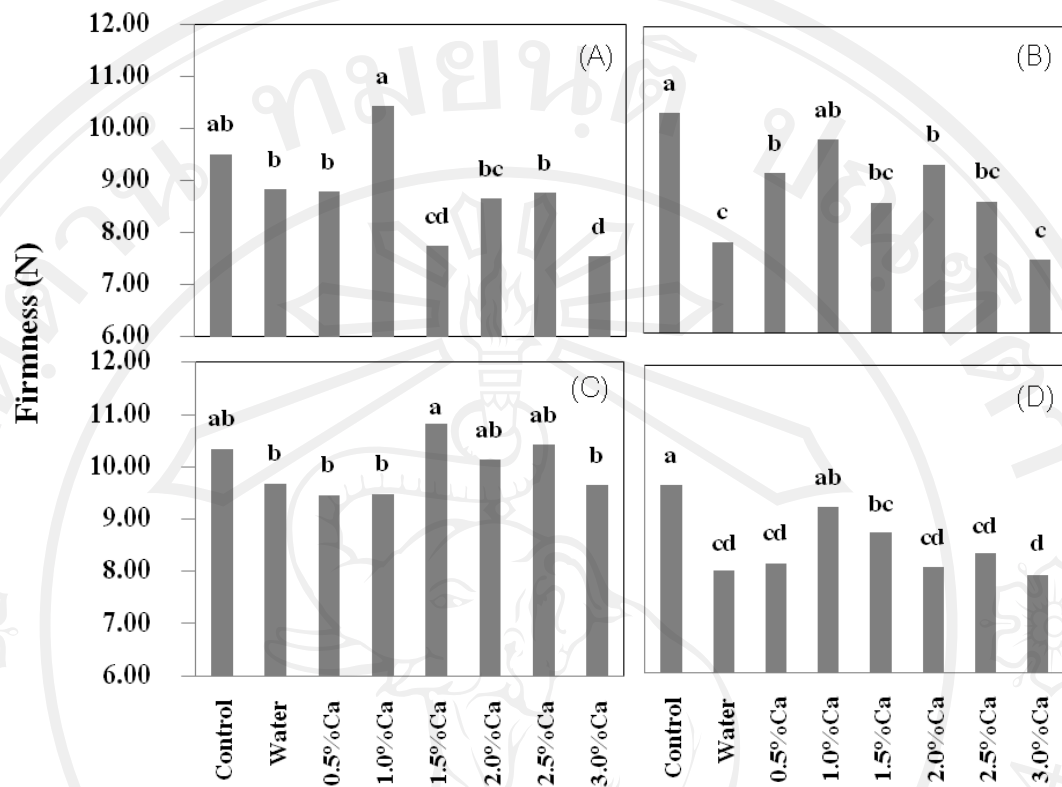
4.5 ผลการศึกษาการใช้สารละลายเกลือแคลเซียมเพื่อปรับปรุงความแน่นเนื้อของผลสตอเบอรี่สด ก่อนการแช่เยือกแข็ง

4.5.1 ผลการศึกษานิคของสารละลายเกลือแคลเซียม ระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียม และระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มผลสตอเบอรี่สดก่อนการแช่เยือกแข็ง

ผลการคัดเลือกความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมที่เหมาะสม

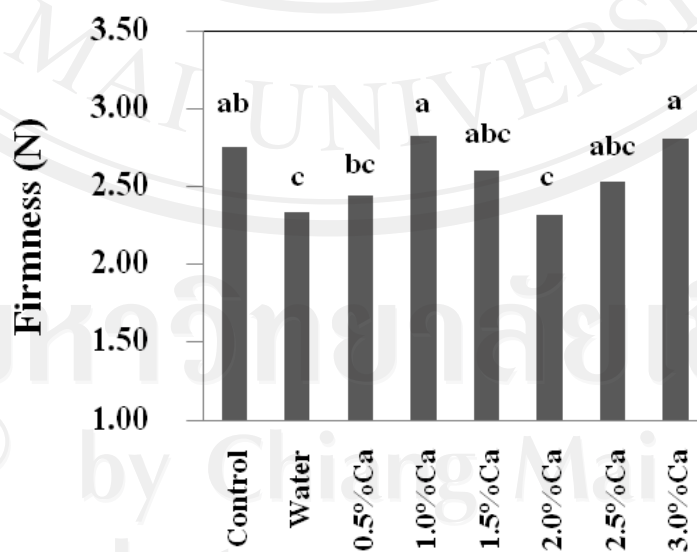
ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมแต่ละชนิดที่เหมาะสมสำหรับจุ่มผลสตอเบอรี่สายพันธุ์ 329 คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมโพธิโอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมแล็กเตต 1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.33) เนื่องจากเป็นความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ทำให้ผลสตอเบอรี่สดมีความแน่นเนื้อมากที่สุด ส่วนคุณภาพด้านอื่นๆ ของผลสตอเบอรี่ภายหลังจุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมแต่ละชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มผลสตอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ให้ความแน่นเนื้อสูงที่สุดคือ 15 นาที และยังพบว่าการจุ่มผลสตอเบอรี่สดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลานานกว่า 15 นาที ให้ความแน่นเนื้อลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ได้รายงานว่าการจุ่มผลสตอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลาต่างๆ การจุ่มที่ใช้ระยะเวลานานจะทำให้ความแน่นเนื้อของผลสตอเบอรี่ลดลง เนื่องจากน้ำที่แพร่เข้าไปยังภายในผลสตอเบอรี่ (Suutarinen *et al.*, 2000a; 2000b)

ส่วนสายพันธุ์ A80 ซึ่งทดลองเฉพาะการจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมสำหรับจุ่มผลสตอเบอรี่สายพันธุ์ A80 คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.34) โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มผลสตอเบอรี่คือ 5 นาที



ภาพที่ 4.33 ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ 329 ที่จุ่มใน

- (A) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) สารละลายแคลเซียมโพรฟิไอเนต
(C) สารละลายแคลเซียมกลูโคเนต (D) สารละลายแคลเซียมแล็กเทต



ภาพที่ 4.34 ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ A80 ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย

ความแน่นเนื้อ

ผลการทดลองพบว่า การจุ่มผลสตรอเบอรี่สดในสารละลายเกลือแคลเซียมก่อนการแช่เยือกแข็งช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายได้ดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใดก่อนการแช่เยือกแข็ง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Main *et al.* (1986) ซึ่งจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมเล็กน้อยก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และผลงานวิจัยของ Suutarinen *et al.* (2002) ซึ่งจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใดก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง พบว่าภายหลังการหลอมละลายผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมไอออนมีความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด แต่ให้ผลตรงกันข้ามกับผลงานวิจัยของ Galetto *et al.* (2010) ซึ่งจุ่มผลสตรอเบอรี่สดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งและภายหลังการหลอมละลายผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

ผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ 329 ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมเล็กน้อย 1 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการแช่เยือกแข็ง ภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อมากที่สุด (ภาพที่ 4.35) รองลงมาคือผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ 329 ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม-โพธิโอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมเล็กน้อยและแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการแช่เยือกแข็ง พบว่าการจุ่มในสารละลายแคลเซียมเล็กน้อยทำให้ผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อมากกว่าคิดเป็น 7.45 เปอร์เซ็นต์ และผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ A80 ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการแช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด (ภาพที่ 4.36)

การจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายเกลือแคลเซียมต่างชนิดกันส่งผลให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากผลของเอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์หมู่เมทิลออกจากโมเลกุลของเพกทิน ทำให้โมเลกุลของเพกทินที่ไม่มีหมู่เมทิลและมีหมู่คาร์บอกซิลอิสระสามารถเชื่อมโยงกับแคลเซียมไอออน ทำให้ผลไม่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งผลงานวิจัยของ Alandes *et al.* (2009) ที่ได้ทดลองจุ่มผลแอปเปิ้ลในสารละลายแคลเซียมเล็กน้อยเป็นเวลา 1 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สามารถช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลแอปเปิ้ลได้ และผลแอปเปิ้ลมีกิจกรรมของเอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรสเพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษา และผลงานวิจัยของ Quiles *et al.* (2006) ซึ่ง

ได้จุ่มผลแอปเปิลในสารละลายแคลเซียมโพรฟิไอเนต เป็นเวลา 30 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าช่วยรักษาความแน่นเนื้อและสีของผลแอปเปิลได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลแอปเปิลได้ด้วย แต่การจุ่มผลแอปเปิลในสารละลายแคลเซียมโพรฟิไอเนตทำให้ผลแอปเปิลมีกิจกรรมของเอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรสลดลง เนื่องจากความสามารถในการยับยั้งของโพรฟิไอเนตไอออน ส่วนแคลเซียมกลูโคเนตเป็นสารที่สามารถละลายได้ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากการทดลองนี้ได้จุ่มผลสตอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมกลูโคเนตที่ 25 องศาเซลเซียส อาจทำให้แคลเซียมกลูโคเนตมีการละลายที่ได้ น้อย ทำให้แคลเซียมไอออนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับเพกทินได้ดีเท่าที่ควร

นอกจากการจุ่มผลสตอเบอรี่ในสารละลายเกลือแคลเซียมก่อนการแช่เยือกแข็งจะช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลสตอเบอรี่ได้แล้ว การหลอมละลายผลสตอเบอรี่โดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ยังช่วยรักษาความแน่นเนื้อให้ผลสตอเบอรี่ได้ เนื่องจากโมเลกุลของน้ำตาลช่วยให้โครงสร้างของผนังเซลล์ไม่ยุบตัวและแคลเซียมไอออนช่วยทำให้โครงสร้างเพกทินในผลสตอเบอรี่ยึดติดกันแน่นขึ้น (Suutarinen *et al.*, 2002) การหลอมละลายผลสตอเบอรี่โดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ทำให้ผลสตอเบอรี่มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตอเบอรี่ที่หลอมละลายโดยไม่แช่ในสารละลายใด และผลสตอเบอรี่ที่หลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่ไม่มีแคลเซียมคลอไรด์

ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมา

การจุ่มผลสตอเบอรี่ในสารละลายเกลือแคลเซียมก่อนการแช่เยือกแข็งช่วยลดปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจากผลสตอเบอรี่ขณะหลอมละลายได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใดก่อนการแช่เยือกแข็ง ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจากผลสตอเบอรี่ที่หลอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) (ภาพที่ 4.37 และ 4.38) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการหลอมละลายโดยไม่แช่ในสารละลายใด พบว่าการหลอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตอเบอรี่แต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกัน ถึงแม้จะใช้วิธีการในการรักษาก่อนการแช่เยือกแข็งเหมือนกัน (Galletto *et al.*, 2010)

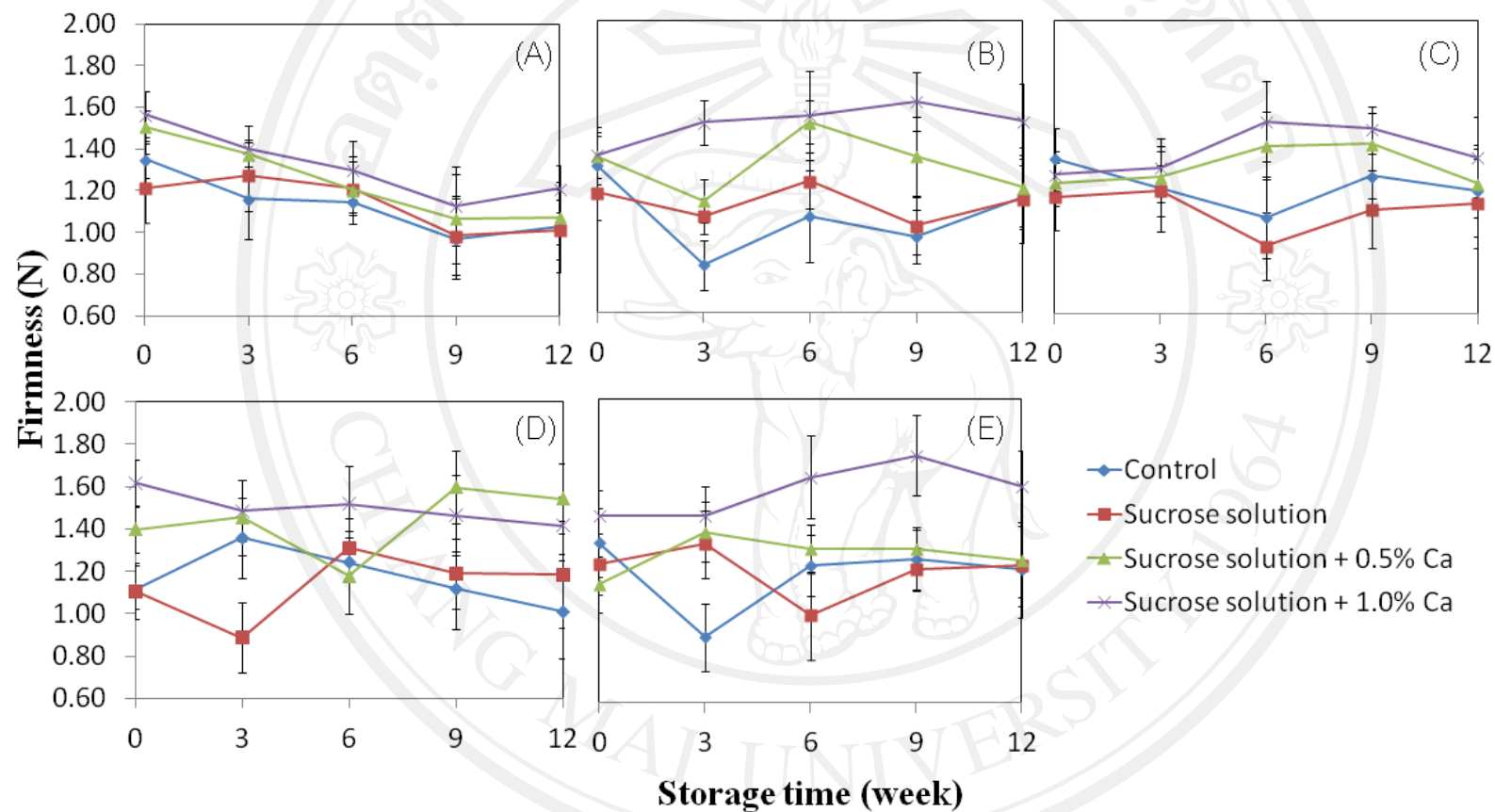
ค่าสีของผลสตรอเบอรี่

ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมต่างชนิดกันก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง เมื่อนำมาหलอมละลาย มีค่าสี (lightness, chroma, hue angle) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายก่อนการแช่เยือกแข็ง และการหलอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีค่าสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่หलอมละลายโดยไม่ได้แช่ในสารละลายใด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

การจุ่มผลสตรอเบอรี่ทั้ง 2 สายพันธุ์ในสารละลายเกลือแคลเซียมต่างชนิดกันก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง เมื่อนำมาหलอมละลายพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ภาพที่ 4.39-4.44) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มสารละลายใดก่อนการแช่เยือกแข็ง แต่การหलอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำและค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Haminiuk *et al.* (2004) ซึ่งได้จุ่มผลสตรอเบอรี่สดในสารละลายน้ำตาลซูโครสก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ภายหลังการหलอมละลายพบว่าผลสตรอเบอรี่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำและค่าพีเอชเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง

ดังนั้นการจุ่มผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ 329 ในสารละลายเกลือแคลเซียมเล็กน้อย 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และหलอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ได้ดีที่สุด สำหรับสายพันธุ์ A80 การจุ่มผลสตรอเบอรี่สดในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และหलอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ได้ดีที่สุด



ภาพที่ 4.35 ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังจากการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

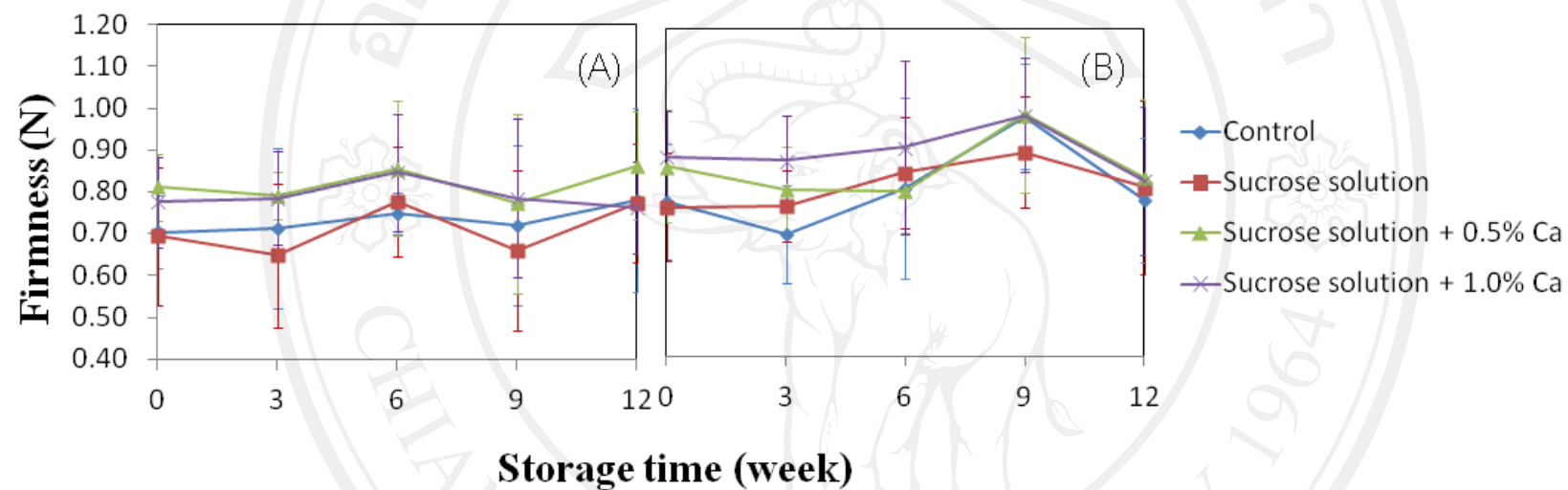
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

(C) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมโพรฟิไอออนด์ 1 เปอร์เซ็นต์

(D) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์

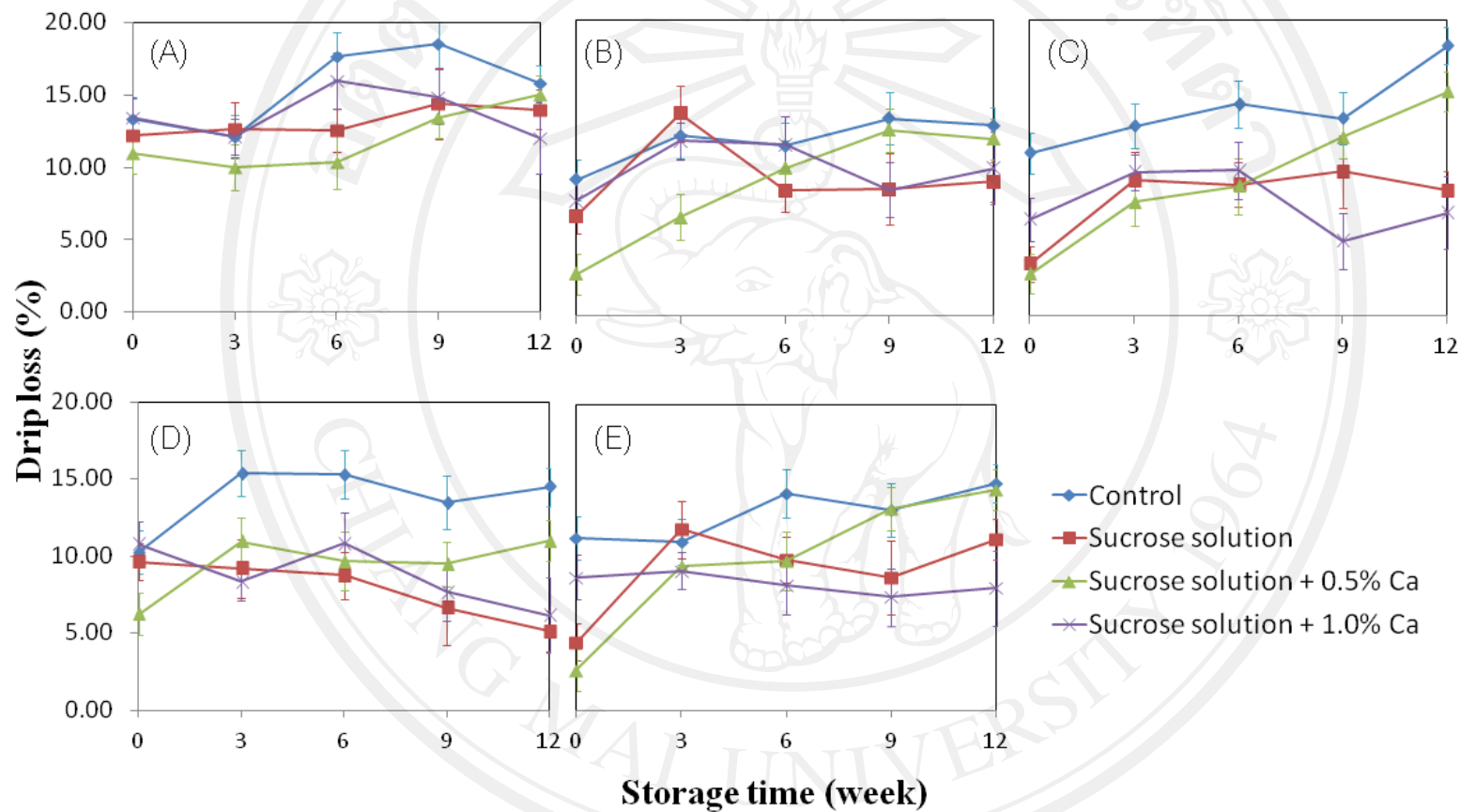
(E) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมแล็กเทต 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.36 ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.37 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการห่อมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

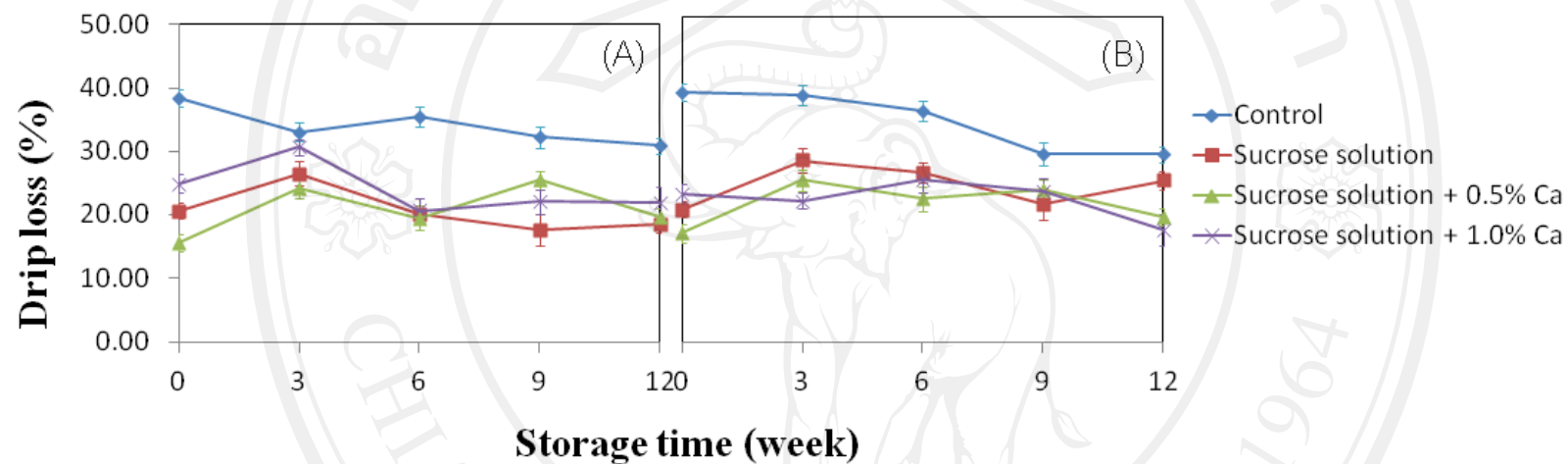
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

(C) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมโพรพิโอเนต 1 เปอร์เซ็นต์

(D) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์

(E) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมแล็กเตต 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.38 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

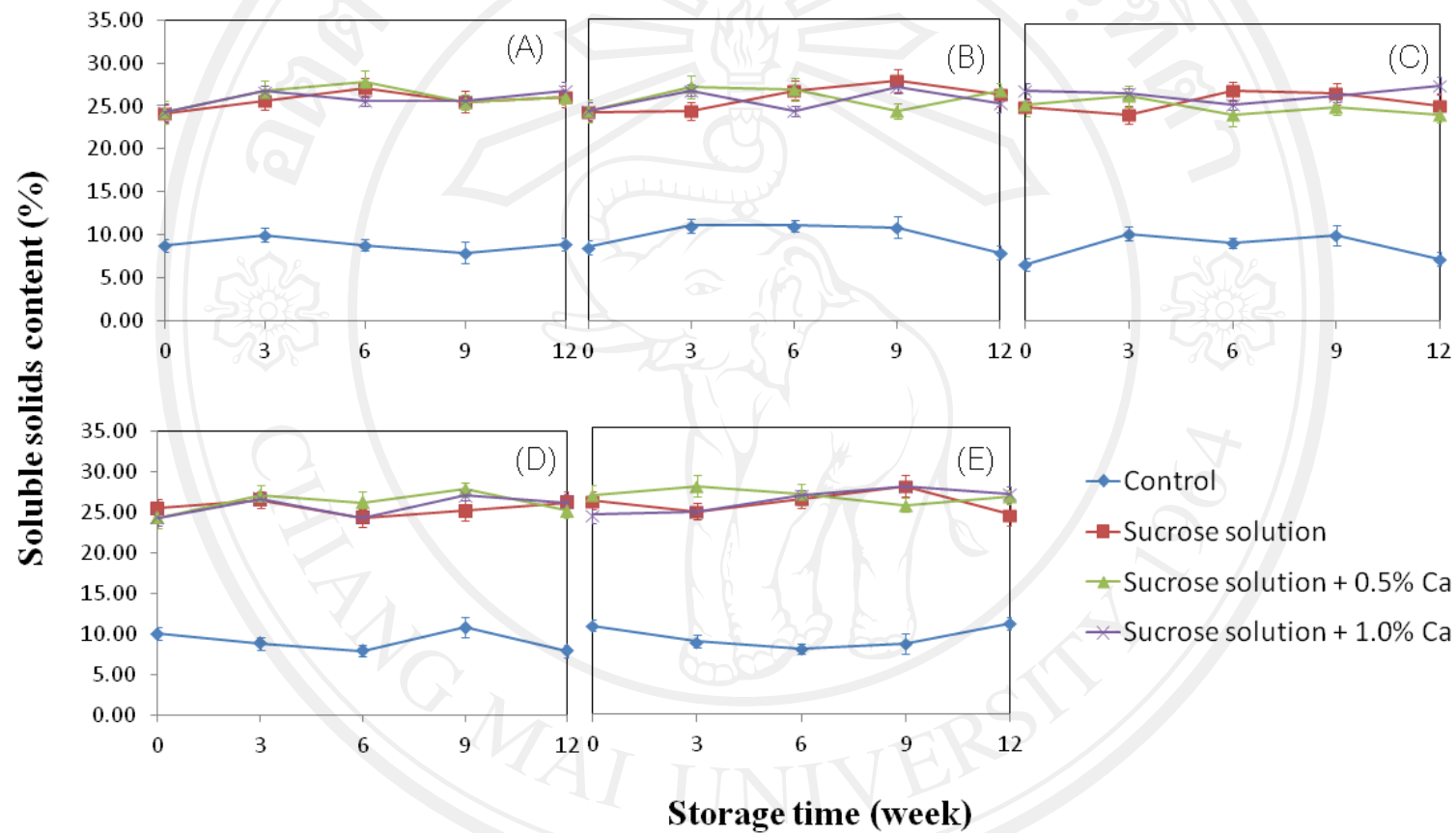
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาพที่ 4.39 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

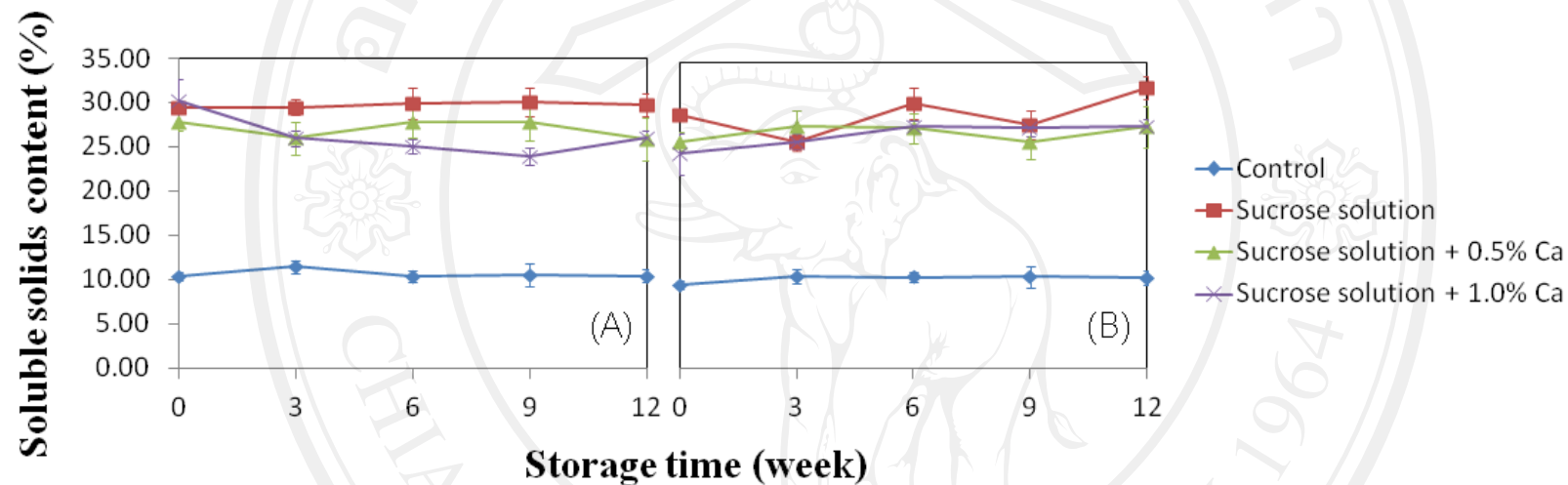
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

(C) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมโพรฟิไอเอนต์ 1 เปอร์เซ็นต์

(D) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์

(E) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมแล็กเทต 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.40 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

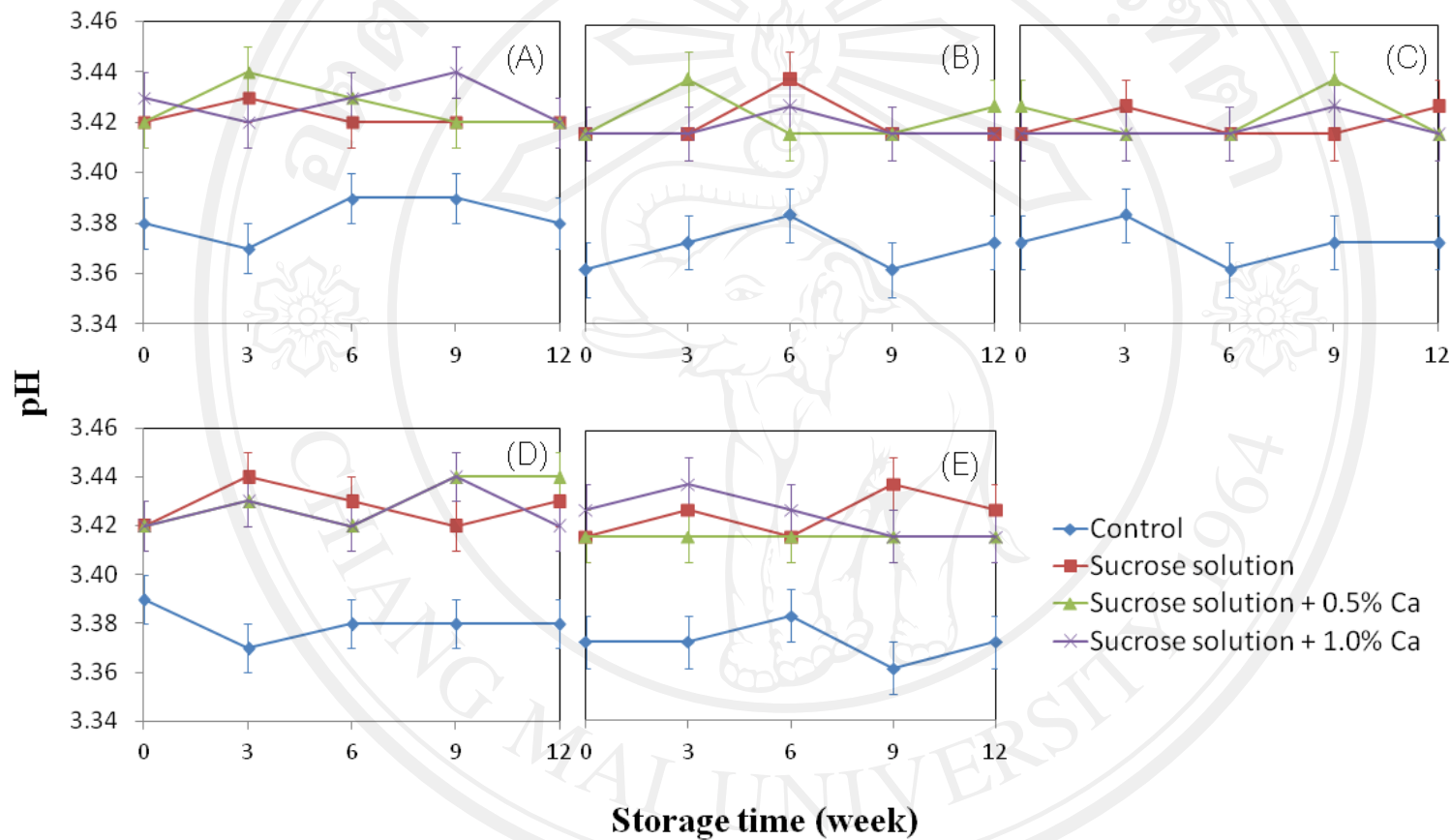
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาพที่ 4.41 ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

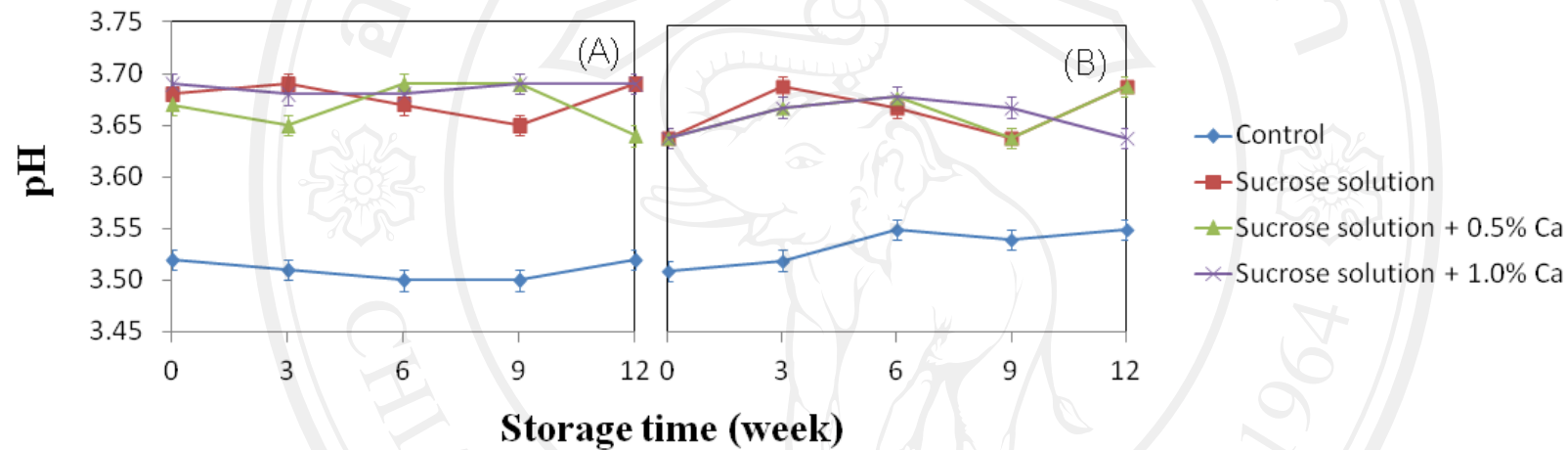
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

(C) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมโพรฟิไอเนต 1 เปอร์เซ็นต์

(D) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์

(E) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมแล็กเทต 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.42 ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

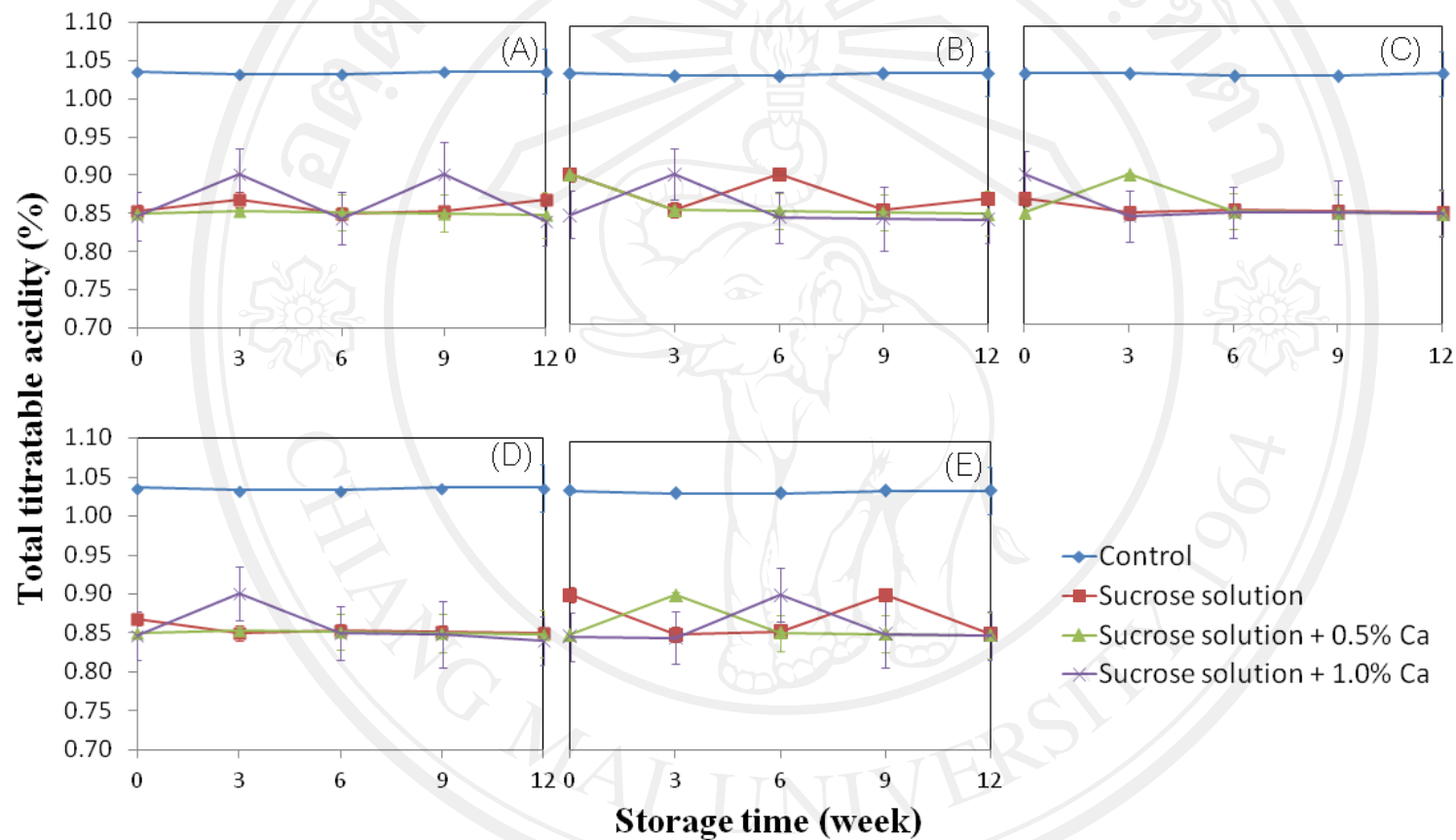
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาพที่ 4.43 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

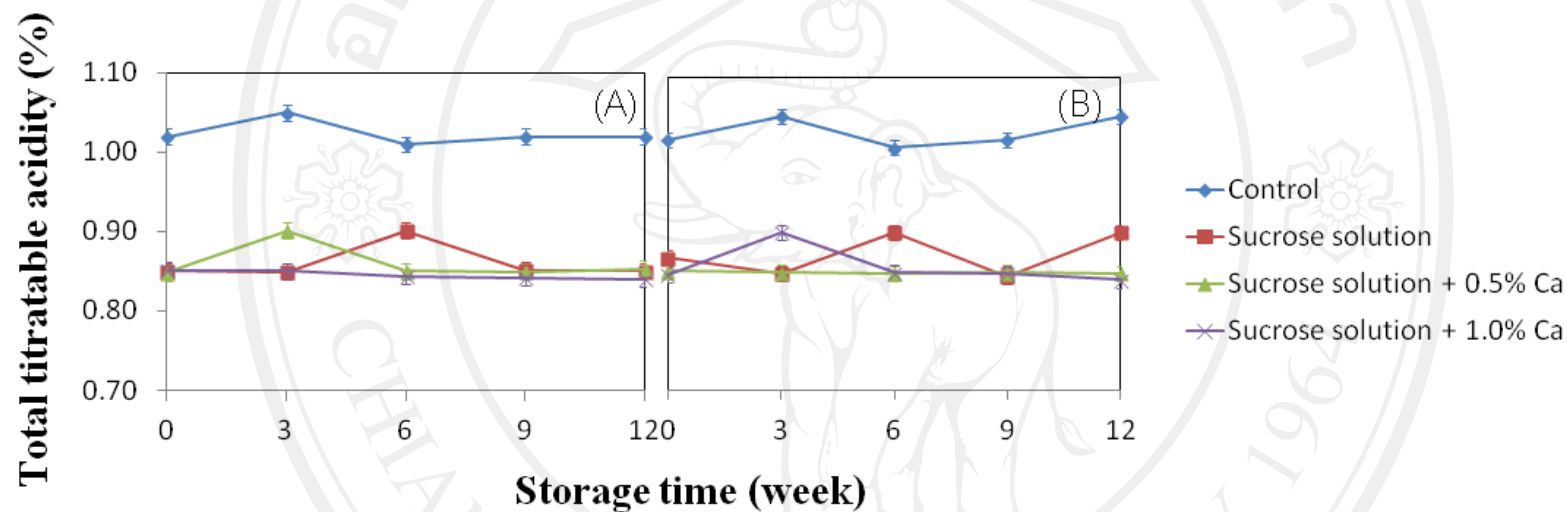
(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

(C) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมโพรฟิไอเนต 1 เปอร์เซ็นต์

(D) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์

(E) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมแล็กเตต 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.44 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

(A) ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด

(B) ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved