บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารที่เป็นองค์ประกอบของสารละลาย

4.1.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

ทำการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้ Ideal ratio technique เพื่อหาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน สามารถคัดเลือกลักษณะสำคัญของตัวอย่าง ที่ผู้ทดสอบให้ความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งได้ 5 ลักษณะ ได้แก่ สีเหลือง ความแข็ง กลิ่นมะม่วง รสหวาน และรสเปรี้ยว มีค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean score) และค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่ได้จากการสำรวจผู้ทดสอบชิม

ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ทดสอบชิมที่มีความเห็นตรงกัน	คะแนนเฉลี่ยที่ตัวอย่างได้รับ	คะแนนเฉลี่ยที่ต้องการในอุดมคติ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีเหลือง	20	5.80±0.32	5.48±0.55	1.12±0.14
ความแข็ง	17	6.38±0.84	5.27±0.61	1.32±0.23
กลิ่นมะม่วง	18	4.51±0.12	5.51±0.23	0.83±0.09
รสหวาน	20	6.04±0.47	4.92±0.24	1.59±0.10
รสเปรี้ยว	18	3.31±0.06	4.32±0.10	0.80±0.05

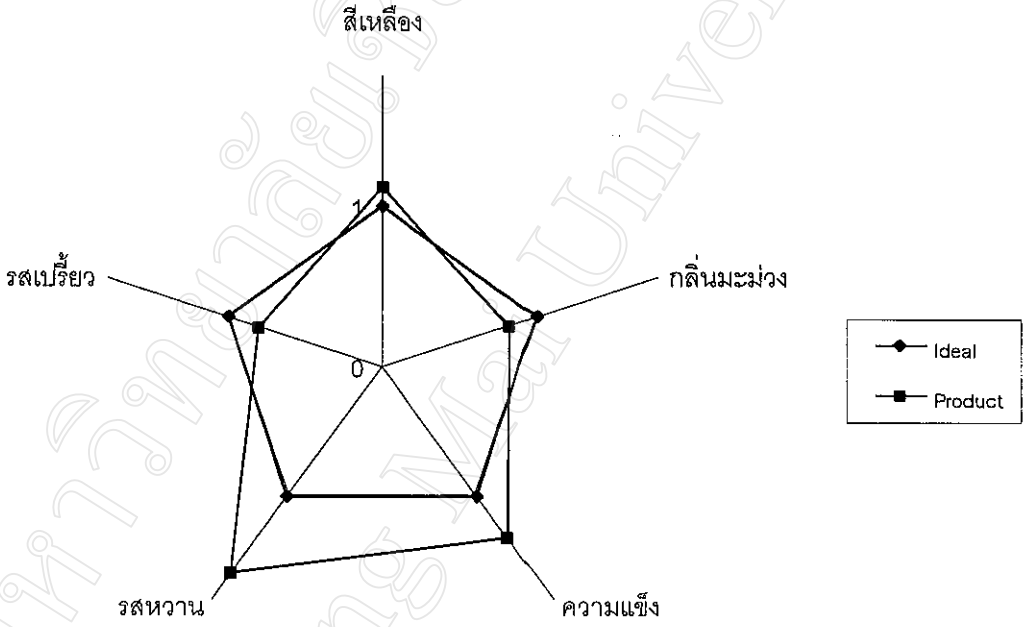
หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำค่าคะแนนการยอมรับของตัวอย่างและค่าคะแนนในอุดมคติของแต่ละลักษณะที่ได้จากผู้ทดสอบชิมมาหาค่าสัดส่วนเฉลี่ย หรือ Mean ideal ratio score ดังตารางที่ 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้นี้จะถูกนำมาสร้างกราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าในอุดมคติซึ่งมีค่าเป็น 1 ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป ดังนี้

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้นขึ้น



ภาพที่ 4.1 กราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

จากกราฟเค้าโครงพบว่าลักษณะสีเหลือง ความแข็ง และรสหวานของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีค่ามากกว่า 1 หมายความว่าผลิตภัณฑ์มีความเข้มสีเหลือง ความแข็งและรสหวานมากกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ จึงควรจะต้องพัฒนาเพื่อลดลักษณะต่างๆ ดังกล่าวให้มีความเข้มน้อยลงจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 ส่วนกลิ่นมะม่วงและรสเปรี้ยวมีค่าน้อยกว่า 1 จึงควรเพิ่มความเข้มให้มากขึ้น และกราฟเค้าโครงนี้จะนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

4.1.2 การคัดเลือกปัจจัยหลักในระบบสารละลาย

ในการผลิตมะม่วงแก้วอบแห้งนี้ ได้นำเทคนิคการแช่มะม่วงก่อนการทำแห้งในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆที่มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาใช้ร่วมกับการทำแห้งด้วยความร้อน เพื่อให้สามารถลดเวลาการทำแห้งและช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง

เนื่องจากสารละลายที่ใช้ในกระบวนการนี้ ประกอบด้วยสารถูกละลายที่มีคุณสมบัติต่างๆกัน 6 ชนิด ได้แก่ สารที่ทำหน้าที่เป็นสารออสโมติกหรือช่วยให้เกิดแรงดันออสโมติกสูง คือ กลีเซอรอล น้ำตาลซูโครส และเกลือ โดยสารเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณน้ำในอาหาร เนื่องจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างสารละลายและอาหาร นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านต่างๆ เช่น กลีเซอรอลจะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารนุ่มขึ้น ป้องกันการตกผลึกและมีรสหวานเล็กน้อย ส่วนน้ำตาลซูโครสนอกจากจะเพิ่มแรงดันออสโมติกแล้วยังช่วยปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์และช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และเกลือโซเดียมคลอไรด์จะทำหน้าที่เป็นสารเสริมแรงดันออสโมติกของสารละลายและปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เป็นต้น สำหรับสารอื่นๆ ได้แก่ สารที่ทำหน้าที่ช่วยให้คงสภาพของเนื้อสัมผัส (Firming agent) คือ แคลเซียมคลอไรด์ สารที่ทำหน้าที่เป็นสารกันเสีย ได้แก่ โพแทสเซียมเมตา-ไบซัลไฟต์ และ โพแทสเซียมซอร์เบท นอกจากนี้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ยังเป็นสารช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอีกด้วย ทั้งนี้ปริมาณการใช้สารชนิดต่างๆและผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเป็นอย่างไรนั้น จำเป็นต้องศึกษาต่อไป

ในการทดลองตอนที่ 4.1.2 นี้เป็นการคัดเลือกปัจจัยในระบบสารละลายที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้สูตรของสารละลายที่เหมาะสมจึงต้องหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้สารทั้ง 6 ชนิด โดยในขั้นแรกให้สารทั้ง 6 ชนิดเป็นปัจจัยที่เราต้องการศึกษาเพื่อกลั่นกรองปัจจัยที่มีมากให้เหลือเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เท่านั้น ใช้แผนการทดลอง Plackett and Burman design เพื่อคัดเลือกปัจจัยหลักดังกล่าว จากแผนการทดลองจะได้จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง ทำการเตรียมสารละลายตามแผนการทดลอง ผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส กายภาพ เคมีและ

จุลินทรีย์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 แล้วนำค่าเฉลี่ยคุณภาพแต่ละด้านของแต่ละตัวอย่างมาหาค่า Effect จากสูตร

$$\text{Effect A} = \frac{(1)+(3)+(7)+(8)+(9)+(11)}{6} - \frac{(2)+(4)+(5)+(6)+(10)+(12)}{6}$$

เมื่อ ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บเป็น (ผลที่เกิดจากสิ่งทดลองลำดับที่ ดังแสดงในตารางที่ 3.1) เช่น

1 เป็น ผลที่เกิดจากสิ่งทดลองที่ 1 หรือ

2 เป็น ผลที่เกิดจากสิ่งทดลองที่ 2 เป็นต้น

หรือจากสูตร Effect คือผลต่างของค่าเฉลี่ยผลที่เกิดจากปัจจัย A เมื่อใช้ในระดับสูงและระดับต่ำ จากค่า Effect ที่ได้จะนำมาหาค่า t จากสูตร

$$t \text{ value} = \text{Effect} / \text{S.E. (effect)}$$

เมื่อ S.E. (effect) หมายถึงความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ที่นำ Effect ของ Dummy variables มาคิด นำค่า t ที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่า t ที่เปิดจากตาราง (ดังแสดงในภาคผนวก ค) ที่ df เท่ากับจำนวนของ Dummy effects ที่ใช้ในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และใช้ระดับความเป็นไปได้เท่ากับร้อยละ 75 เพื่อลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญไป จะสามารถวัดผลกระทบของปัจจัยที่ศึกษาต่อคุณภาพด้านต่างๆได้

จากตารางที่ 4.2 ถึง 4.7 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มากที่สุดมี 4 ปัจจัย ได้แก่ กลีเซอรอล น้ำตาลซูโครส แคลเซียมคลอไรด์ และโซเดียมคลอไรด์ ดังนั้นจึงต้องมีการนำปัจจัยทั้ง 4 ดังกล่าวไปศึกษาต่อเพื่อหาระดับที่เหมาะสมในการใช้ต่อไป แต่อย่างไรก็ตามในเบื้องต้นนี้ผลของ Plackett and Burman design สามารถบอกได้ว่าระดับที่ควรศึกษาในการทดลองขั้นต่อไปควรกำหนดให้สูงขึ้นหรือต่ำลงจึงจะเหมาะสม โดยการหาผลต่างของค่าเฉลี่ยคุณภาพระหว่างการใช้ปัจจัยที่ระดับสูงและระดับต่ำ ซึ่งถ้าหากค่าที่ได้เป็นบวกแสดงว่าปัจจัยระดับสูงให้ค่าคุณภาพมากกว่าที่ระดับต่ำ และต้องพิจารณาต่อไปว่าค่าใดควรมีค่าสูงหรือต่ำจึงจะเป็นผลดีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามแผนการทดลองนี้เป็นการกลั่นกรองปัจจัยโดยคำนึงถึงอิทธิพลหลัก (Main effect) เท่านั้นไม่สามารถพิจารณาอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ของตัวแปรได้

จากผลการทดลองพบว่าควรศึกษาการใช้กลีเซอรอลและน้ำตาลในระดับที่สูงขึ้น เพราะมีแนวโน้มว่าการใช้ในระดับสูงทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่า กล่าวคือ

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ Effect ของกลีเซอรอล

ระดับการใช้ 20-40 (ร้อยละ)	Effect	trend(high-low)	Significant
รสหวาน	2.029	0.81-0.54	a
การยอมรับโดยรวม	2.677	0.64-0.61	e
สี b ด้านหลัง	-1.331	35.04-35.53	b
น้ำตาลรีดิวซ์	-2.347	7.66-8.66	d
น้ำตาลทั้งหมด	-2.183	30.03-36.11	d
ยีสต์และรา	-1.487	37.83-85.00	b
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	-1.503	0.25-0.27	b
น้ำตาลซูโครส	-5.088	22.37-27.45	b

หมายเหตุ : เมื่อตัวอักษรภาษาอังกฤษ a - e เรียงลำดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเพิ่มขึ้นตามลำดับอักษรจากระดับร้อยละ 75-95

ตารางที่ 4.2 เป็น Effect ของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อใช้กลีเซอรอลระดับสูง จะมีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับด้านรสหวานมากกว่าที่ระดับต่ำ ($P \leq 0.25$) ทั้งนี้เป็นเพราะกลีเซอรอลมีคุณสมบัติให้รสหวานคล้ายน้ำตาลโดยมีรสหวานเป็นร้อยละ 65 ของน้ำตาลซูโครส (Johnson and Peterson, 1974) และการใช้กลีเซอรอลระดับสูงมีผลทำให้การยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์มากกว่าที่ระดับต่ำ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณภาพทางเคมี คือ ที่การใช้ที่ระดับสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ลดลง ($P \leq 0.20$) เพราะกลีเซอรอลสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำหรือมีความสามารถในการดูดซับความชื้นทำให้ปริมาณน้ำอิสระในอาหารลดลง (ศิวาพร, 2535) นอกจากนี้กลีเซอรอลในระดับสูงจะทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ลดลง ($P \leq 0.20$; $P \leq 0.10$ ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการดูดซับโมเลกุลของกลีเซอรอลไปแทนที่การดูดซับโมเลกุลของน้ำตาลซูโครส และกลีเซอรอลอาจจะไปเพิ่มความหนืดให้แก่สารละลาย ซึ่งการที่สารละลายมีความหนืดสูง จะไปขัดขวางการถ่ายเทมวลของตัวถูกละลายระหว่างกระบวนการแช่สารละลายได้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลที่ลดลงนี้ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อลักษณะรสหวานของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การใช้กลีเซอรอลในระดับสูงยังทำให้มีปริมาณเชื้อ

ยีสต์และราน้อยกว่าที่ระดับต่ำ (P≤0.20) เนื่องจากกลีเซอรอลทำให้ค่า Aw ลดลงในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เพราะฉะนั้นการใช้กลีเซอรอลในระดับสูงจึงมีแนวโน้มที่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่า

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ Effect ของน้ำตาล

ระดับการใช้ 20-40 (ร้อยละ)	Effect	trend(high-low)	Significant
ความแข็ง	-1.811	1.19-1.31	c
รสหวาน	1.461	0.79-0.73	a
กลิ่นมะม่วง	1.357	0.77-0.66	a
การยอมรับโดยรวม	3.034	0.64-0.61	e
สี L ด้านหลัง	-1.513	71.97-73.55	b
น้ำตาลทั้งหมด	1.472	35.12-26.52	a
จุลินทรีย์ทั้งหมด	2.353	50.01-30.01	d
น้ำตาลซูโครส	3.665	32.41-23.08	b

หมายเหตุ : เมื่อตัวอักษรภาษาอังกฤษ a - e เรียงลำดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเพิ่มขึ้นตามลำดับอักษรจากระดับร้อยละ 75-95

ตารางที่ 4.3 แสดง Effect ของน้ำตาลซูโครสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับสูงจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าการใช้ที่ระดับต่ำ กล่าวคือ มีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสหลายด้าน ได้แก่ เมื่อใช้ในระดับสูงจะทำให้การยอมรับด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงอุดมคติมากขึ้นหรือมีความแข็งลดลง (P≤0.15) ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของน้ำตาลจะดูดซับน้ำในอาหารไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการคือไม่แห้งแข็งเกินไป (ศิวาพร, 2529) และการใช้น้ำตาลระดับสูงยังทำให้การยอมรับด้านรสหวาน กลิ่นมะม่วง (P≤0.25) และการยอมรับโดยรวม (P≤0.05) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากระหว่างการแช่มะม่วงในสารละลายจะเกิดการแพร่ของโมเลกุลน้ำตาลไปยังชิ้นมะม่วงส่งผลให้มะม่วงมีปริมาณน้ำตาลและรสหวานเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้การใช้น้ำตาลในระดับสูงยังช่วยเพิ่มแรงดันออสโมติกของสารละลายทำให้เกิดการถ่ายเทมวลของน้ำออกจากชิ้นอาหารมากขึ้น เมื่อปริมาณน้ำลดลงมากจึงช่วยลดเวลาการทำแห้งด้วยความร้อนทำให้การสูญเสียกลิ่นรสเนื่องจากกระบวนการทำแห้งด้วยความร้อนลดลงเป็นผลให้การยอมรับด้านกลิ่นสูง และเมื่อมีการถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้นจึงมีผลต่อคุณภาพด้านเคมีคือ ทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (P≤0.25) และน้ำตาลซูโครส (P≤0.20) เพิ่ม

ขึ้นด้วย เพราะฉะนั้นการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับสูงจึงมีแนวโน้มที่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่า

นอกจากนี้จากผลการทดลองพบว่า ควรศึกษาการใช้แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียม-คลอไรด์ในระดับที่ต่ำลง เพราะมีแนวโน้มว่าการใช้ที่ระดับต่ำจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีกว่า กล่าวคือ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ Effect ของ แคลเซียมคลอไรด์

ระดับการใช้ 0.1-0.5 (ร้อยละ)	Effect	trend(high-low)	Significant
การยอมรับโดยรวม	-1.963	0.615-0.633	c
สี L ด้านหน้า	1.895	73.151-70.92	c
สี a ด้านหน้า	-2.093	9.06-11.73	d
สี b ด้านหน้า	-1.512	35.35-36.35	b
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	-2.744	456.41-660.375	e
ยีสต์และรา	-2.231	35.00-98.33	d
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	-3.457	0.233-0.281	e

หมายเหตุ : เมื่อตัวอักษรภาษาอังกฤษ a - e เรียงลำดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเพิ่มขึ้นตามลำดับอักษรจากระดับร้อยละ 75-95

ตารางที่ 4.4 แสดง Effect ของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ที่ระดับสูงจะทำให้การยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ ($P\leq0.15$) ค่าสี a ($P\leq0.10$) และ b ($P\leq0.20$) และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($P\leq0.05$) ลดต่ำลง ซึ่งการมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีประโยชน์ในการเป็นสารกันเสียและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลดลง ดังนั้นการใช้แคลเซียมคลอไรด์ระดับสูงจึงให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตามการใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับสูงจะมีประโยชน์ทำให้ Aw ($P\leq0.05$) เชื้อยีสต์และรา ($P\leq0.10$) ลดลง และมีค่าสี L เพิ่มขึ้น ($P\leq0.15$) แต่เมื่อพิจารณาค่า Aw ปริมาณเชื้อยีสต์และรา เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ระดับต่ำ พบว่ายังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และ 98 โคโลนี/กรัม ตามลำดับ ดังนั้นการใช้แคลเซียม-

คลอไรด์ที่ระดับต่ำจะมีความเหมาะสมมากกว่า จึงควรศึกษาระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ในระดับต่ำเพื่อให้ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ Effect ของโซเดียมคลอไรด์

ระดับการใช้ 1.0-2.0 (ร้อยละ)	Effect	trend(high-low)	Significant
รสเปรี้ยว	1.491	1.12-0.91	b
สี a ด้านหน้า	1.536	11.23-8.39	b
สี b ด้านหน้า	1.355	36.29-34.6	a
น้ำตาลรีดิวซ์	1.994	8.59-7.73	c
น้ำตาลทั้งหมด	1.641	35.36-30.78	b
ยีสต์และรา	-1.983	38.3-95.0	c
น้ำตาลซูโครส	3.725	27.77-23.05	b

หมายเหตุ : เมื่อตัวอักษรภาษาอังกฤษ a - e เรียงลำดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเพิ่มขึ้นตามลำดับอักษร จากระดับ ร้อยละ 75-95

ตารางที่ 4.5 แสดง Effect ของโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับสูง จะมีผลทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์สูงมากเกินไป ($P \leq 0.20$) ส่วนผลต่อคุณภาพทางด้านเคมี พบว่า การใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับสูงจะทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.20$) เนื่องจากการใช้เกลือร่วมกับน้ำตาลจะช่วยให้เกิดการแพร่โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสเข้าสู่ชิ้นอาหารมากขึ้น (Mujumdar, 1995) และยังมีผลต่อคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา โดยทำให้ปริมาณเชื้อยีสต์และราลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) จากผลทางด้านเคมีและจุลชีววิทยา แสดงให้เห็นว่าการใช้โซ-เดียมคลอไรด์ที่ระดับสูงมีประโยชน์มากกว่า แต่เมื่อพิจารณาผลทางด้านประสาทสัมผัส พบว่ามีผลทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวสูงเกินไปและที่ระดับสูงๆอาจมีผลต่อรสชาติอื่นๆ เช่น รสเค็มของผลิตภัณฑ์ และแม้ว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ในระดับสูงจะทำให้ปริมาณน้ำตาลในอาหารเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อรสชาติด้านรสหวานแต่อย่างใด ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์และราเฉลี่ยที่พบในอาหารเมื่อใช้ระดับต่ำก็อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจึงควรศึกษาการใช้เกลือในระดับต่ำ

โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และโพแทสเซียมซอร์เบท มีความสำคัญต่อลักษณะต่างๆ น้อยกว่าปัจจัยทั้ง 4 ที่กล่าวมาจึงไม่นำมาศึกษาต่อ กล่าวคือ

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ Effect ของโพแทสเซียมซอร์เบท

ระดับการใช้ 0.1-0.5 (ร้อยละ)	Effect	trend(high-low)	Significant
สี b ด้านหลัง	-1.483	35.01-35.56	b
จุลินทรีย์ทั้งหมด	1.911	48.33-31.67	c

หมายเหตุ : เมื่อตัวอักษรภาษาอังกฤษ a - e เรียงลำดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเพิ่มขึ้นตามลำดับอักษรจากระดับร้อยละ 75-95

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ Effect ของ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

ระดับการใช้ 0.1-0.5 (ร้อยละ)	Effect	trend(high-low)	Significant
การยอมรับโดยรวม	4.818	0.60-0.65	e
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	-2.994	0.24-0.27	e

หมายเหตุ : เมื่อตัวอักษรภาษาอังกฤษ a - e เรียงลำดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเพิ่มขึ้นตามลำดับอักษรจากระดับร้อยละ 75-95

ตารางที่ 4.6 และ 4.7 แสดง Effect ของโพแทสเซียมซอร์เบทและโพแทสเซียมเมตา-ไบซัลไฟต์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ สำหรับผลของโพแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับสูง (ร้อยละ 0.5) มีผลทำให้ค่าสี b หรือสีเหลืองลดลง ($P \leq 0.20$) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันเท่าใดนัก และทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.15$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับการใช้ที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถ Metabolite โพแทสเซียมซอร์เบทเจริญเติบโตได้ (Joseph and Anthony, 1995) แต่ก็มีปริมาณน้อยมากซึ่งสามารถยอมรับได้ ส่วนผลของโพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ พบว่า การใช้ที่ระดับสูง มีผลทำให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ($P \leq 0.05$) และ Aw ลดลง ($P \leq 0.05$) จาก Effect ที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และโพแทสเซียมซอร์เบทในระดับสูงมีผลดีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับการใช้ในระดับต่ำ ในการทดลองขั้นต่อไปจึงกำหนดระดับการใช้ที่เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างระดับสูงและระดับต่ำ คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 0.1-0.5 นั่นคือ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.25 และ โพแทสเซียม-

ซอร์เบทร้อยละ 0.25 และจากการทดลองนี้ทำให้ได้กราฟแสดงเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ทุกสูตร ดังภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งที่ใช้สูตรสารละลายแตกต่างกัน

สูตร	คุณภาพทางประสาทสัมผัส					
	สี	ความแข็ง	รสหวาน	กลิ่นมะม่วง	รสเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
1	1.04±0.18	1.04±0.35	0.79±0.10	0.63±0.18	1.07±0.31	0.67±0.14
2	1.04±0.14	1.18±0.40	0.71±0.21	1.07±1.50	0.96±0.43	0.59±0.16
3	1.03±0.19	1.23±0.31	0.86±0.22	0.78±0.21	0.85±0.29	0.65±0.14
4	0.98±0.12	1.11±0.43	0.85±0.28	0.78±0.27	0.90±0.26	0.67±0.13
5	1.03±0.14	1.27±0.29	0.70±0.19	0.63±0.18	1.09±0.40	0.55±0.17
6	0.98±0.09	1.28±0.26	0.68±0.25	0.62±0.24	0.95±0.34	0.61±0.20
7	0.92±0.12	1.27±0.27	0.71±0.24	0.65±0.24	0.93±0.32	0.60±0.18
8	1.07±0.11	1.30±0.26	0.82±0.28	0.74±0.26	0.85±0.33	0.62±0.13
9	1.04±0.10	1.18±0.24	0.88±0.22	0.79±0.20	0.90±0.36	0.64±0.17
10	0.97±0.07	1.33±0.37	0.71±0.20	0.63±0.18	0.97±0.45	0.64±0.10
11	1.01±0.08	1.44±0.30	0.77±0.31	0.69±029	0.93±0.41	0.64±0.17
12	1.09±0.16	1.36±0.46	0.68±0.29	0.61±0.26	0.93±0.36	0.61±0.21

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ใช้สูตรสารละลายแตกต่างกัน

สูตร	คุณภาพทางกายภาพ					
	สี L ด้านหน้า	สี a ด้านหน้า	สี b ด้านหน้า	สี L ด้านหลัง	สี a ด้านหลัง	สี b ด้านหลัง
1	72.91 ± 2.77	9.34 ± 1.71	35.95 ± 0.39	70.78 ± 0.77	9.64 ± 0.60	35.69 ± 0.50
2	71.46 ± 2.01	11.24 ± 3.53	35.76 ± 2.58	72.51 ± 1.35	9.50 ± 1.47	35.09 ± 1.71
3	76.28 ± 5.18	7.45 ± 3.88	34.25 ± 2.41	71.73 ± 3.38	9.35 ± 3.20	35.10 ± 1.30
4	70.17 ± 5.53	12.40 ± 2.47	36.25 ± 1.60	73.09 ± 3.01	9.13 ± 1.56	35.61 ± 0.27
5	69.14 ± 2.25	9.92 ± 0.91	34.25 ± 1.30	72.85 ± 2.77	7.99 ± 2.09	34.97 ± 2.23
6	73.83 ± 2.41	9.41 ± 2.36	36.25 ± 0.92	73.43 ± 2.32	9.01 ± 2.27	35.79 ± 1.60
7	71.88 ± 1.87	12.10 ± 1.76	37.85 ± 0.30	73.77 ± 1.60	8.86 ± 1.70	35.85 ± 1.34
8	75.28 ± 1.23	6.99 ± 1.28	35.65 ± 1.63	74.08 ± 0.23	7.22 ± 2.57	34.28 ± 1.53
9	66.74 ± 3.22	14.69 ± 1.71	35.57 ± 0.59	68.82 ± 4.77	11.24 ± 3.31	35.29 ± 2.00
10	71.56 ± 4.76	9.72 ± 2.98	36.01 ± 0.61	72.56 ± 1.97	8.47 ± 1.72	35.32 ± 0.40
11	71.52 ± 1.91	12.36 ± 1.42	37.70 ± 0.76	74.4 ± 1.28	7.28 ± 0.23	34.27 ± 1.91
12	73.63 ± 2.02	8.127 ± 1.75	34.69 ± 1.02	75.15 ± 0.21	8.21 ± 0.48	36.41 ± 0.59

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ด้านหน้า หมายถึง การวัดสีด้านหน้าของชิ้นมะม่วง ซึ่งเป็นด้านที่อยู่ติดกับเมล็ดของมะม่วง

ด้านหลัง หมายถึง การวัดสีด้านหลังของชิ้นมะม่วง ซึ่งเป็นด้านที่อยู่ติดกับเปลือกของมะม่วง

เนื่องจากมะม่วงจะสุกเริ่มจากด้านในผลคือจากเมล็ดสู่เปลือก ดังนั้นการตากมะม่วงทุกครั้งจะต้องวางด้านหลังของชิ้นมะม่วง คือ ด้านที่ติดกับเปลือกให้สัมผัสถาดอบแห้ง เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บผลิตภัณฑ์ เพราะด้านหน้าของชิ้นมะม่วงที่สุกมากกว่าจะนิ่มเละติดถาด ทำให้ยากต่อการเก็บและสีของชิ้นมะม่วงทั้งสองด้านนี้แตกต่างกัน ในการทดลองขั้นต้นนี้จึงวัดสีของชิ้นมะม่วงทั้งสองด้าน

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ใช้สูตรสารละลายแตกต่างกัน (ต่อ)

สูตร	คุณภาพทางเคมี					
	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	กรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
1	15.01 ± 3.08	0.203 ± 0.01	1.14 ± 0.05	20.33±1.20	27.73±1.05	277.31 ± 31.35
2	20.12 ± 4.45	0.271 ± 0.01	0.98 ± 0.02	30.05±1.50	39.09±0.88	345.38 ± 39.61
3	20.62 ± 4.41	0.175 ± 0.01	0.91 ± 0.03	18.74±0.55	25.25±1.22	469.83 ± 21.99
4	15.49 ± 0.05	0.274 ± 0.01	0.98 ± 0.02	36.02±0.98	45.87±2.06	824.55 ± 39.61
5	16.85 ± 0.67	0.241 ± 0.01	1.77 ± 0.01	27.16±0.75	36.15±1.58	563.17 ± 4.42
6	16.64 ± 1.84	0.227 ± 0.01	1.76 ± 0.03	22.9±0.90	30.69±1.19	581.85 ± 127.61
7	19.34 ± 1.80	0.284 ± 0.01	1.38 ± 0.02	20.10±0.23	28.30±0.75	706.31 ± 13.20
8	16.96 ± 0.57	0.280 ± 0.01	1.64 ± 0.19	25.38±0.97	34.19±1.99	500.93 ± 4.38
9	16.99 ± 1.47	0.271 ± 0.01	0.93 ± 0.01	22.67±1.55	29.69±1.44	482.28 ± 30.81
10	17.52 ± 2.10	0.271 ± 0.01	1.05 ± 0.03	26.00±1.11	34.16±1.13	678.30 ± 0.01
11	16.03 ± 1.27	0.268 ± 0.01	1.74 ± 0.18	26.97±1.62	35.00±1.11	664.08 ± 2.52
12	15.85 ± 0.74	0.321 ± 0.01	1.18 ± 0.08	22.59±1.02	30.72±1.12	606.74 ± 22.01

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ใช้สูตรสารละลายแตกต่างกัน (ต่อ)

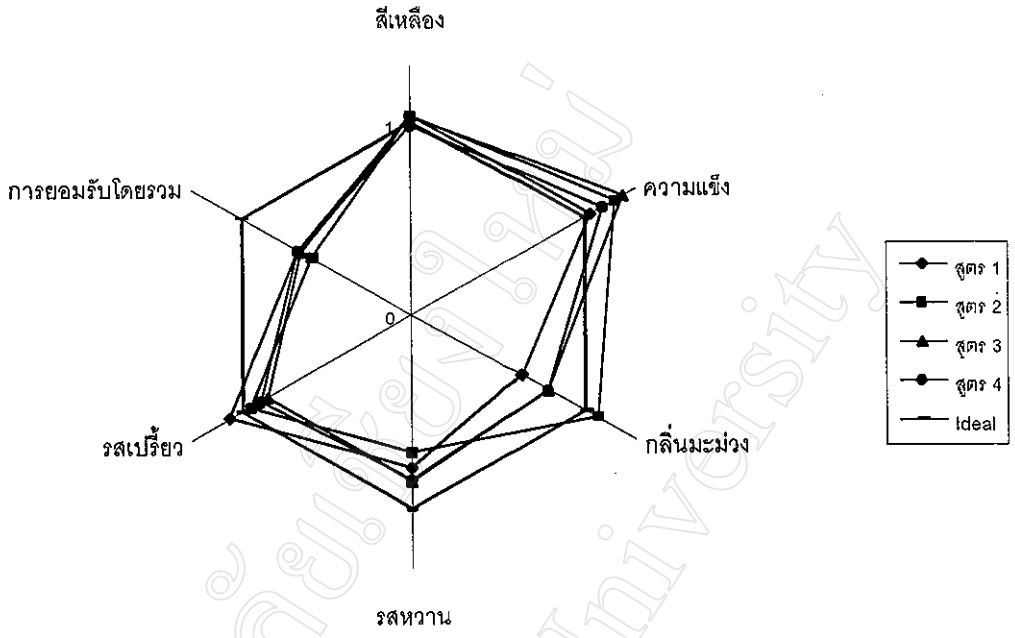
สูตร	คุณภาพทางจุลินทรีย์	
	ยีสต์และรา (cfu/g)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)
1	15.00 ± 21.21	20.01 ± 14.14
2	15.00 ± 7.07	50.01 ± 28.28
3	25.00 ± 21.21	35.00 ± 7.07
4	35.00 ± 35.36	55.00 ± 21.21
5	25.00 ± 7.07	40.01 ± 28.28
6	90.01 ± 70.71	15.00 ± 7.07
7	40.01 ± 56.57	20.01 ± 14.14
8	40.01 ± 42.43	60.01 ± 28.28
9	70.01 ± 42.43	60.01 ± 56.57
10	80.01 ± 98.99	60.01 ± 42.43
11	100.01 ± 42.43	50.01 ± 70.71
12	220.01 ± 183.85	20.01 ± 14.14

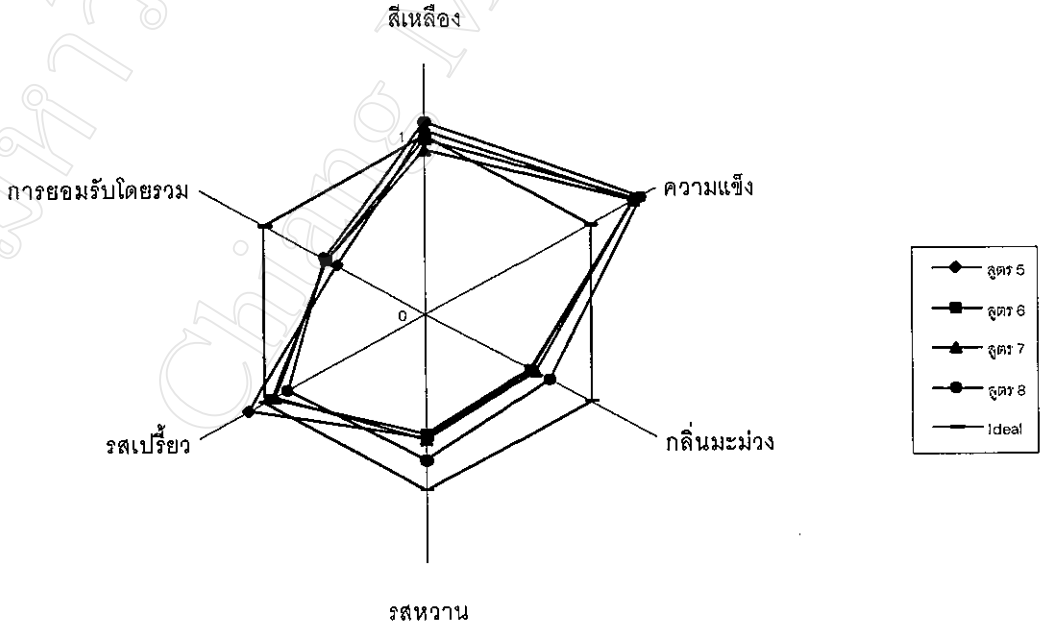
หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ดังนั้นปัจจัยที่จะนำมาศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไปคือ น้ำตาลซูโครส กลีเซอรอล แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ โดยกำหนดระดับการศึกษาใหม่เป็นดังนี้

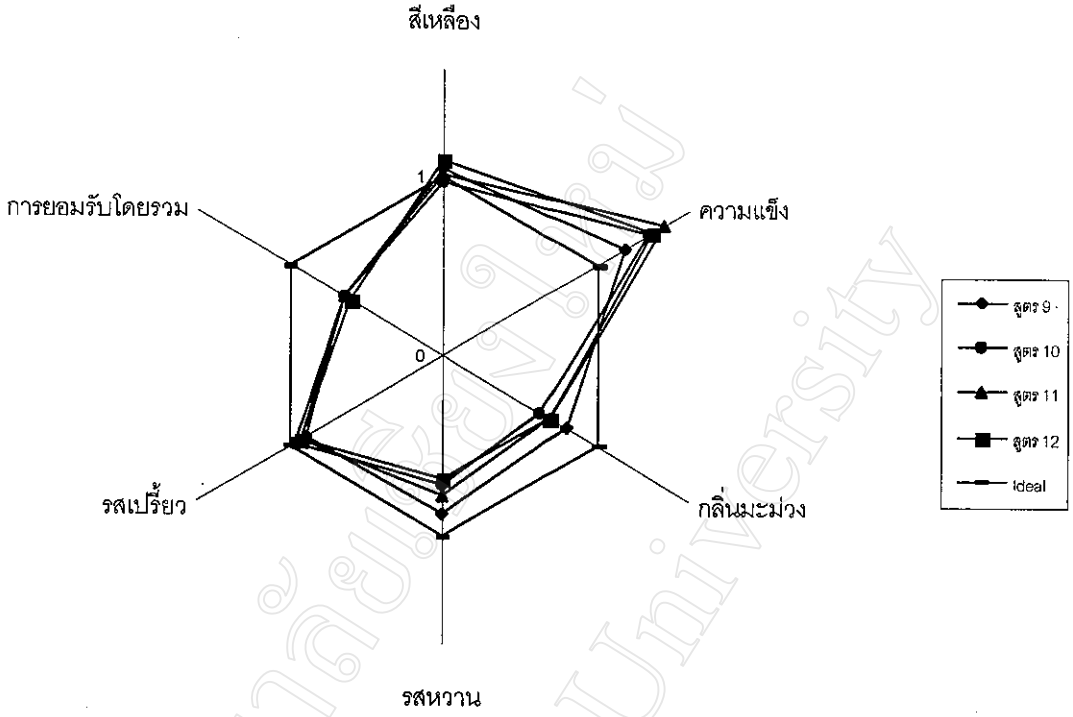
น้ำตาลซูโครส จากเดิมที่ระดับสูงร้อยละ 40 กำหนดช่วงใหม่เป็นร้อยละ 30-80
กลีเซอรอล จากเดิมที่ระดับสูงร้อยละ 40 กำหนดช่วงใหม่เป็นร้อยละ 30-50
โซเดียมคลอไรด์ จากเดิมที่ระดับต่ำร้อยละ 1.0 กำหนดช่วงใหม่เป็นร้อยละ 0.5-1.50
แคลเซียมคลอไรด์ จากเดิมที่ระดับต่ำร้อยละ 0.1 กำหนดช่วงใหม่เป็นร้อยละ 0.05-0.25
สำหรับโพแทสเซียมซอร์เบทและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์กำหนดระดับการใช้เป็นร้อยละ 0.25

และจากข้อมูลที่ได้สามารถนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในแต่ละสูตรได้ดังภาพที่ 4.2





ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.2 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแต่ละสูตร

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.1.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวถูกละลายในสารละลาย

จากการทดลองที่ 4.1.2 ซึ่งเป็นการคัดเลือกปัจจัยหลัก พบว่า น้ำตาลซูโครส กลีเซอรอล โซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ เป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ต้องทำการศึกษาระดับที่เหมาะสมต่อไป โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

4.1.3.1 การศึกษาระดับการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล

การทดลองนี้ต้องการศึกษาระดับการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลในระดับที่สูงขึ้นมากกว่าในขั้นตอนที่ 4.1.2 เพราะจะให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า ใช้แผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment (Central composite design) ซึ่งค่า α คำนวณได้ดังนี้

$$\alpha = 2^{(k-p)/4}$$

เมื่อ α = Length of star Point

k = 2 (Number of factor)

P = 0 (Fractionalization element)

ดังนั้น $\alpha = 2^{(2-0)/4}$

$= 1.414$

ค่า α ที่ได้จะนำมากำหนดระดับปัจจัยโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ระดับสูงสุดได้แก่ $+\alpha$ หรือ +1.414 และระดับต่ำสุดคือ $-\alpha$ หรือ –1.414 จากนั้นคำนวณระดับการใช้ที่ระดับ -1 และ +1 จากสูตร

(+1/-1) = จุดกึ่งกลาง (ระดับ 0) $\pm$ $\frac{\text{ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางถึงจุดสูงสุด } (+\alpha) \text{ หรือจุดต่ำสุด } (-\alpha)}{\alpha}$

ตัวอย่างเช่น เมื่อ จุดสูงสุดของกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 50

จุดต่ำสุดของกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 30

จุดกึ่งกลางของกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 40

ระดับ +1 คำนวณได้จาก $40 + \left(\frac{10}{1.414}\right) = 47.07$

ระดับ -1 คำนวณได้จาก $40 - \frac{10}{1.414} = 32.92$

ดังนั้นระดับปัจจัยน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลที่ระดับต่างๆ (ร้อยละ)

ปัจจัยที่ศึกษา	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
ปัจจัย A กลีเซอรอล	30	32.9	40	47.1	50
ปัจจัย B น้ำตาลซูโครส	30	37.3	55	72.7	80

มีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรระดับการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล

(ร้อยละ)		คุณภาพทางประสาทสัมผัส					
G	S	สี	ความแข็ง	กลิ่นมะม่วง	รสหวาน	รสเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
32.9	37.3	0.82 ± 0.10	1.39 ± 0.18	0.81 ± 0.27	0.69 ± 0.18	1.02 ± 0.17	0.66 ± 0.12
47.1	37.3	1.06 ± 0.14	1.08 ± 0.18	0.91 ± 0.14	0.76 ± 0.15	1.06 ± 0.26	0.69 ± 0.11
32.9	72.7	1.02 ± 0.29	1.15 ± 0.19	0.99 ± 0.20	0.97 ± 0.20	0.92 ± 0.37	0.65 ± 0.18
47.1	72.7	0.82 ± 0.12	1.22 ± 0.23	0.80 ± 0.15	0.88 ± 0.12	0.96 ± 0.19	0.70 ± 0.15
40.0	55.0	0.78 ± 0.19	1.18 ± 0.20	0.73 ± 0.24	0.79 ± 0.17	0.97 ± 0.17	0.69 ± 0.13
40.0	55.0	0.89 ± 0.27	1.15 ± 0.18	0.90 ± 0.23	0.87 ± 0.13	1.06 ± 0.23	0.75 ± 0.08
50.0	55.0	0.92 ± 0.25	1.00 ± 0.12	0.83 ± 0.14	0.70 ± 0.17	1.01 ± 0.24	0.72 ± 0.09
30.0	55.0	0.97 ± 0.22	1.26 ± 0.25	0.79 ± 0.27	0.67 ± 0.19	1.11 ± 0.18	0.63 ± 0.19
40.0	80.0	0.95 ± 0.20	1.14 ± 0.14	0.85 ± 0.24	0.99 ± 0.25	1.00 ± 0.42	0.64 ± 0.16
40.0	30.0	0.83 ± 0.20	1.20 ± 0.17	0.86 ± 0.13	0.64 ± 0.17	1.00 ± 0.12	0.70 ± 0.12

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

G หมายถึง ความเข้มข้นของกลีเซอรอล (ร้อยละ)

S หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรระดับการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอ-รอล

(ร้อยละ)		คุณภาพทางกายภาพ					
G	S	สี L ด้านหลัง	สี a ด้านหลัง	สี b ด้านหลัง	สี L ด้านหน้า	สี a ด้านหน้า	สี b ด้านหน้า
32.9	37.3	58.56 ± 4.03	4.01 ± 1.17	31.52 ± 1.50	58.44 ± 7.32	4.71 ± 3.26	32.27 ± 3.28
47.1	37.3	57.38± 4.93	3.86 ± 1.05	29.78 ± 1.23	58.23 ± 8.15	4.32 ± 1.99	30.88 ± 2.85
32.9	72.7	63.44 ± 4.06	1.73 ± 0.64	27.34 ± 1.93	65.24 ±1.81	1.62 ± 0.65	27.29 ± 2.17
47.1	72.7	55.75 ± 3.26	4.68 ± 1.18	29.73 ± 1.51	58.09 ± 5.09	3.65 ± 1.33	30.39 ± 1.76
40.0	55.0	56.71 ± 5.95	3.84 ± 1.24	29.25 ± 1.66	60.08 ± 3.00	3.54 ± 0.38	30.25 ± 1.39
40.0	55.0	60.75 ± 1.19	2.30 ± 0.18	27.62 ± 0.83	61.21 ± 1.80	2.62 ± 0.60	28.59 ± 2.86
50.0	55.0	59.39 ± 2.28	3.05 ± 0.68	29.72 ± 1.18	62.66 ± 2.49	2.44 ± 0.16	28.82 ± 0.97
30.0	55.0	59.28 ± 4.03	3.52 ± 1.25	29.76 ± 2.98	63.19 ± 1.57	2.31 ± 0.39	27.63 ± 1.17
40.0	80.0	51.79 ±6.85	5.62 ± 1.84	30.18 ± 3.95	56.21 ± 8.20	4.70 ± 2.18	30.38 ± 0.86
40.0	30.0	55.19 ± 4.57	4.78 ± 0.92	30.76 ± 1.14	57.90 ± 5.42	3.96 ± 0.84	29.79 ± 1.30

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

G หมายถึง ความเข้มข้นของกลีเซอรอล (ร้อยละ)

S หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรระดับการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล (ต่อ)

(ร้อยละ)		คุณภาพทาง เคมี					
G	S	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ความชื้น (ร้อยละ)	กรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)	เกลือ (ร้อยละ)	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)	กลีเซอรอล (mg/g)
32.9	37.3	0.176 ± 0.01	17.47 ± 2.09	1.09 ± 0.09	0.68 ± 0.02	369.71 ± 5.19	42.99 ± 0.01
47.1	37.3	0.197 ± 0.01	15.63 ± 0.14	0.54 ± 0.06	0.63 ± 0.01	348.49 ± 88.01	38.38 ± 0.31
32.9	72.7	0.277 ± 0.02	9.73 ± 0.53	0.57 ± 0.11	0.60 ± 0.01	541.39 ± 44.00	43.60 ± 0.01
47.1	72.7	0.197 ± 0.01	14.02 ± 0.37	0.70 ± 0.08	0.56 ± 0.03	379.60 ± 44.00	41.91 ± 0.16
40.0	55.0	0.231 ± 0.01	16.57 ± 0.63	0.93 ±0.01	0.58 ± 0.01	510.28 ± 61.60	43.14 ± 0.77
40.0	55.0	0.209 ± 0.01	13.67 ± 5.08	0.59 ± 0.03	0.65 ± 0.03	429.38 ± 44.00	42.37 ± 0.01
50.0	55.0	0.203 ± 0.01	15.09 ± 1.48	0.67 ± 0.03	0.59 ± 0.01	320.48 ± 110.01	40.84 ± 0.31
30.0	55.0	0.251 ± 0.01	13.69 ± 1.20	0.73 ± 0.05	0.58 ± 0.01	407.61 ± 4.40	50.45 ± 0.32
40.0	80.0	0.283 ± 0.01	8.96 ± 0.25	0.47 ± 0.01	0.48 ± 0.02	267.58 ± 79.20	51.27 ± 1.54
40.0	30.0	0.204 ± 0.01	17.66 ± 5.69	0.42 ± 0.01	0.73 ± 0.01	348.48 ± 17.60	40.23 ± 0.31

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

G หมายถึง ความเข้มข้นของกลีเซอรอล (ร้อยละ)

S หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรระดับการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล (ต่อ)

(ร้อยละ)		คุณภาพทางเคมี	
G	S	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด(ร้อยละ)
32.9	37.3	26.78±2.10	40.45±0.82
47.1	37.3	44.56±1.55	43.62±0.55
32.9	72.7	34.26±1.20	51.76±1.10
47.1	72.7	34.26±0.88	49.91±0.95
40.0	55.0	31.95±1.42	43.81±1.07
40.0	55.0	30.49±0.76	43.81±0.87
50.0	55.0	34.40±1.14	50.17±0.82
30.0	55.0	30.72±1.88	52.00±1.11
40.0	80.0	42.33±1.51	60.90±0.44
40.0	30.0	26.47±0.75	45.08±0.42

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
G หมายถึง ความเข้มข้นของกลีเซอรอล (ร้อยละ)
S หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ Ideal ratio technique พบว่า การยอมรับด้านสีมีค่าอยู่ในช่วง 0.78-1.06 และเมื่อหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลต่อคะแนนความชอบด้านสีพบว่าค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความสัมพันธ์ของสมการต่อผลที่ได้ว่าเหมาะสม (fit) กันหรือไม่ มีค่าน้อยกว่า 0.80 คือมีค่าเท่ากับ 0.61 ซึ่งหมายความว่าสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กับผลน้อยเกินกว่าจะใช้อธิบายผลอย่างถูกต้องได้ อย่างไรก็ตามสามารถบอกได้ว่าคะแนนการยอมรับด้านสีจะมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณซูโครสหรือกลีเซอรอล แต่การใช้ร่วมกันจะทำให้การยอมรับด้านสีลดลง ดังสมการ

การยอมรับสี = -0.062+0.0242(กลีเซอรอล)+ 0.0176(ซูโครส) - 0.01044(กลีเซอรอล*ซูโครส)

$R^2 = 0.61$

สำหรับผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.00-1.39 โดยเมื่อใช้ซูโครสและกลีเซอรอลระดับต่ำจะทำให้ความแข็งมีค่าสูงกว่าอุดมคติ ส่วนกลิ่น

สำหรับผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.00-1.39 โดยเมื่อใช้ซูโครสและกลีเซอรอลระดับต่ำจะทำให้ความแข็งมีค่าสูงกว่าอุดมคติ ส่วนกลิ่นมะม่วงมีค่าอยู่ในช่วง 0.73-0.99 รสหวานมีค่าอยู่ในช่วง 0.64-0.99 โดยมีค่าสูงสุดเมื่อใช้น้ำตาลระดับสูงสุด ส่วนรสเปรี้ยวมีค่าอยู่ในช่วง 0.92-1.11 โดยมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับอุดมคติคือเข้าใกล้ 1 แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพความแก่อ่อนและระดับความสุกของมะม่วงที่ใช้เป็นวัตถุดิบ การยอมรับโดยรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.63-0.75 โดยมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กลีเซอรอลและซูโครสระดับกึ่งกลาง คือ ร้อยละ 40 และ 55 ตามลำดับ และได้กราฟแสดงเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ทุกสูตรดังภาพที่ 4.3

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพพบว่าค่าสี L มีค่าอยู่ในช่วง 56.21-65.24 ค่าสี a มีค่าอยู่ในช่วง 1.62-4.71 และค่าสี b มีค่าอยู่ในช่วง 27.29-32.27

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า Aw มีค่าอยู่ระหว่าง 0.176-0.283 โดยการใช้ซูโครสและกลีเซอรอลปริมาณสูงร่วมกันจะทำให้ค่า Aw ลดลง ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.42-1.09 ทั้งนี้ปริมาณกรดขึ้นอยู่กับคุณภาพหรือระดับความสุกของมะม่วงที่ใช้เพราะถ้ามะม่วงมีความสุกมากกว่าก็จะมีปริมาณกรดลดลง ส่วนปริมาณเกลือพบว่ามีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.48-0.73 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ระหว่าง 267.58-541.39 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณกลีเซอรอลมีค่าระหว่าง 38.38-51.27 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง โดยมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กลีเซอรอลระดับปานกลางและน้ำตาลระดับสูง คือร้อยละ 40 และ 80 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 8.96-17.66 พบว่า ความชื้นจะลดลงเมื่อใช้ซูโครสและกลีเซอรอลระดับสูง ส่วนปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 26.47-44.56 และ 40.45-50.90 ตามลำดับ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับซูโครสและกลีเซอรอลสูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา พบว่า ปริมาณเชื้อยีสต์และราและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีค่า Aw ที่ต่ำมากคือ 0.176-0.283 ซึ่งเป็นช่วงที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

จากค่าเฉลี่ยคุณภาพทางด้านต่างๆที่ได้ นำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหลายตัว (ได้แก่ กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส) กับตัวแปรตาม (ได้แก่ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านต่างๆ) โดยเลือกตัวแปรอิสระทั้งสองเข้ามาในโมเดลของสมการ แต่การสร้างสมการด้วย Stepwise regression จะคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น และตัวที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออก เพื่อให้ได้สมการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง (อนันต์ , 2536)

จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยโปรแกรม Statistix version 4.1 พบว่า กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส มีผลต่อคุณภาพต่างๆดังสมการ (Coded equation) ต่อไปนี้

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ความแข็ง = 1.177 - 0.07597(G) + 0.0950(G*S) R^2=0.84

รสหวาน = 0.84286 + 0.11188(S) – 0.05858 $(G)^2$ R^2=0.84

คุณภาพด้านเคมี

น้ำตาลซูโครส = 33.095 + 5.68536(S) – 3.1275(G*S) R^2=0.89

น้ำตาลทั้งหมด = 50.256 + 6.85597(S) - 4.0475(S*G) R^2=0.82

Aw = 0.2228 - 0.01586(G) + 0.02659(S) - 0.02525(G*S) R^2=0.86

ความชื้น = 14.2490 - 2.7070(S) + 1.53125(G*S) R^2=0.86

หมายเหตุ: G หมายถึง ความเข้มข้นของกลีเซอรอล (ร้อยละ)
S หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)

สมการเหล่านี้เป็นสมการที่ถูกใส่รหัสในขั้นตอนการวิเคราะห์สมการถดถอยและยังไม่ได้มีการถอดรหัส (Coded equation) ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำสมการไปใช้ในการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อใช้กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสที่ระดับต่างๆจึงต้องมีการถอดรหัส (Decoding) โดยนำเอาสมการที่ยังไม่ถอดรหัส ที่มีปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded variables) มาแก้สมการซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

ปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัส = $\frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น}+\text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น}-\text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}$

ได้สมการถอดรหัส (Decoded equation) ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สมการถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและทางเคมีของผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

สมการถดถอย	R^2
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส	
ความแข็ง = 2.32 – 0.023 (G) – 0.015 (S) + 0.0104(G*S)	0.84
รสหวาน = -0.34 + 0.047(G) + 0.0145 (S) – 0.0106 $(G)^2$	0.84
คุณภาพด้านเคมี	
น้ำตาลซูโครส = -6.93 + 0.39 (G) + 0.73 (S) – 0.013 (G*S)	0.89
น้ำตาลทั้งหมด = -0.4451 + 0.89 (G) + 0.92 (S)– 0.016 (G*S)	0.82
Aw = 0.0155 + 0.0140 (G) + 0.0151 (S) – 0.01010 (G*S)	0.86
ความชื้น = 36.68 – 0.34 (G) –0.35 (S) + 0.0160 (G*S)	0.86

G หมายถึง ความเข้มข้นของกลีเซอรอล (ร้อยละ)

S หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)

จากสมการถอดรหัสของคุณภาพด้านประสาทสัมผัส สามารถนำมาวิเคราะห์ระดับกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมได้ โดยการสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (Response surface) ด้วยโปรแกรม Statistica ได้ผลดังภาพที่ 4.4 ซึ่งแสดงผลของปริมาณกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อลักษณะความแข็ง เมื่อลักษณะความแข็งที่ต้องการคือค่าใกล้เคียงอุดมคติหรือใกล้เคียง 1 มากที่สุด ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากกราฟ พบว่า ระดับที่ทำให้ค่าคะแนนการยอมรับ

ด้านความแข็งใกล้เคียง 1 มากที่สุดคือ กลีเซอรอลร้อยละ 50 และน้ำตาลร้อยละ 30 ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารนุ่มขึ้น เพราะมีความสามารถในการดูดซับน้ำ (ศิวาพร, 2529) ในขณะที่การใช้น้ำตาลระดับสูงจะไปแทนที่กลีเซอรอลในชิ้นอาหารและเคลือบที่ผิวหน้าของอาหารจนทำให้เนื้อสัมผัสแข็งขึ้น จึงต้องใช้กลีเซอรอลในระดับสูง (ร้อยละ 50) และใช้น้ำตาลในระดับต่ำ (ร้อยละ 30)

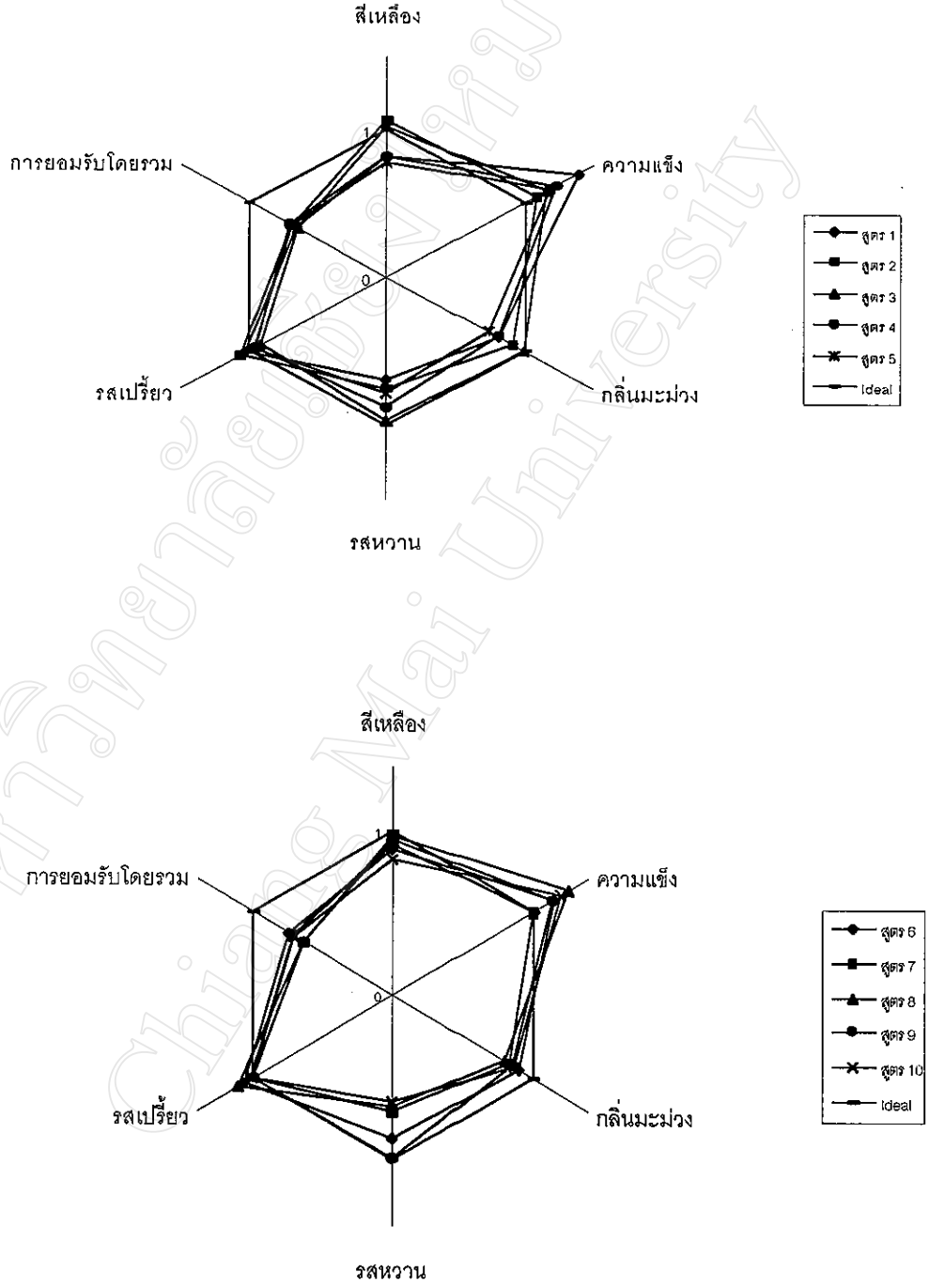
ภาพที่ 4.5 แสดงกราฟพื้นที่การตอบสนองของผลของกลีเซอรอลและน้ำตาลต่อลักษณะรสหวาน พบว่า การใช้กลีเซอรอลร้อยละ 40 และน้ำตาลร้อยละ 80 จะทำให้คะแนนการยอมรับด้านรสหวานมีค่าใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุด ซึ่งมีทิศทางของระดับการใช้ตรงข้ามกับระดับที่เหมาะสมต่อลักษณะความแข็ง โดยจากภาพที่ 4.4 พบว่าที่ระดับการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 40 และน้ำตาลร้อยละ 80 นี้จะทำให้ความแข็งมีค่าสูงมากกว่า 1 ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่เหมาะสมทั้งด้านความแข็งและรสหวาน จึงต้องหาค่าเฉลี่ยระหว่างระดับที่เหมาะสมของลักษณะความแข็งและรสหวาน ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยระดับที่เหมาะสมของกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส ต่อคุณภาพด้านความแข็งและรสหวาน

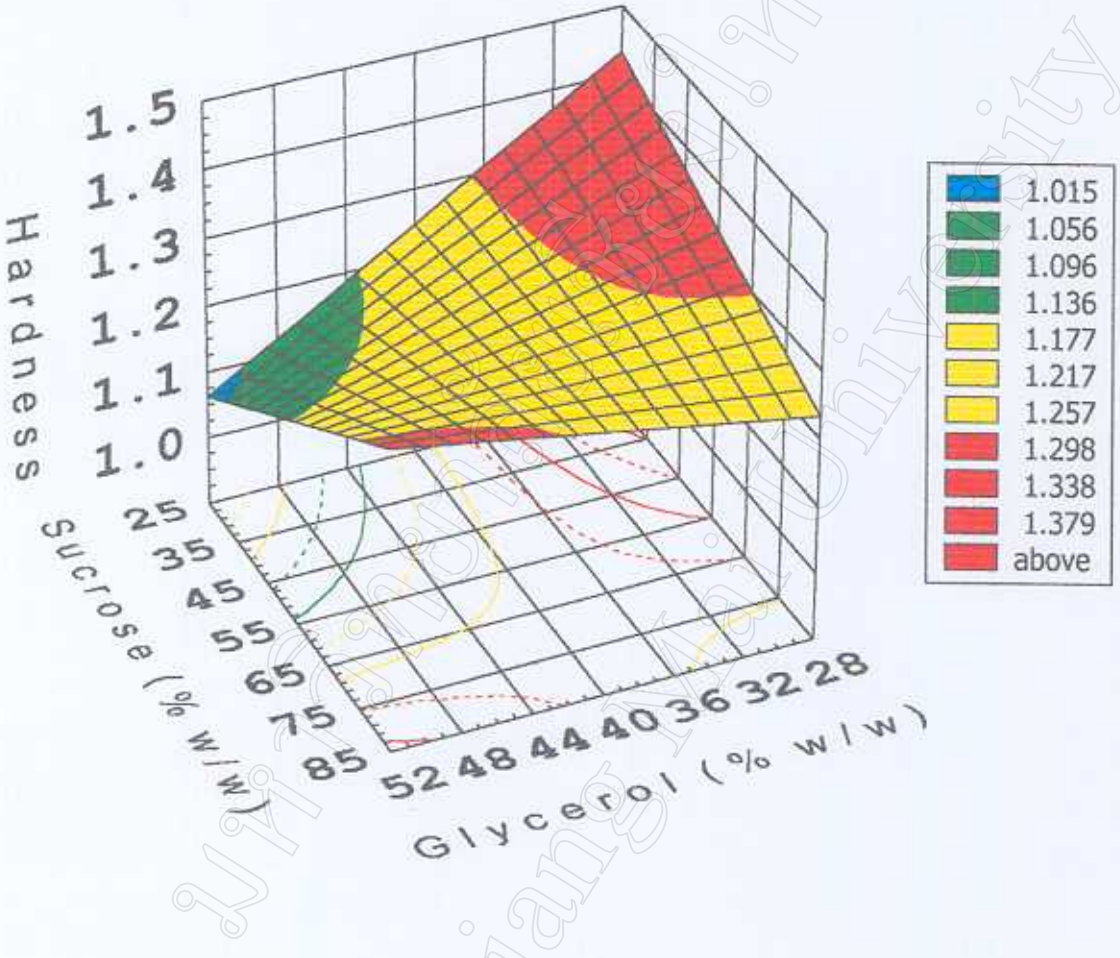
คุณภาพทางประสาทสัมผัส	กลีเซอรอล (ร้อยละ)	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)
ความแข็ง	50	30
รสหวาน	40	80
เฉลี่ย	**45**	**55**

ตารางที่ 4.14 แสดงว่า ระดับที่เหมาะสม ได้แก่ กลีเซอรอลร้อยละ 45 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 55 ซึ่งที่ระดับนี้จะทำให้คะแนนการยอมรับด้านความแข็งเป็น 1.14 ส่วนรสหวานเป็น 0.83 นอกจากนี้จะทำให้ค่าคะแนนการยอมรับด้านสีเหลือง กลิ่นมะม่วงและการยอมรับโดยรวมมีค่าเป็น 0.906 , 0.846 และ 0.696 ตามลำดับ

นอกจากนี้กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสยังมีผลต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณความชื้น และค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ดังแสดงในกราฟพื้นที่การตอบสนอง ดังภาพที่ 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ และสามารถสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่มีการใช้กลีเซอรอลและซูโครสแตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.3

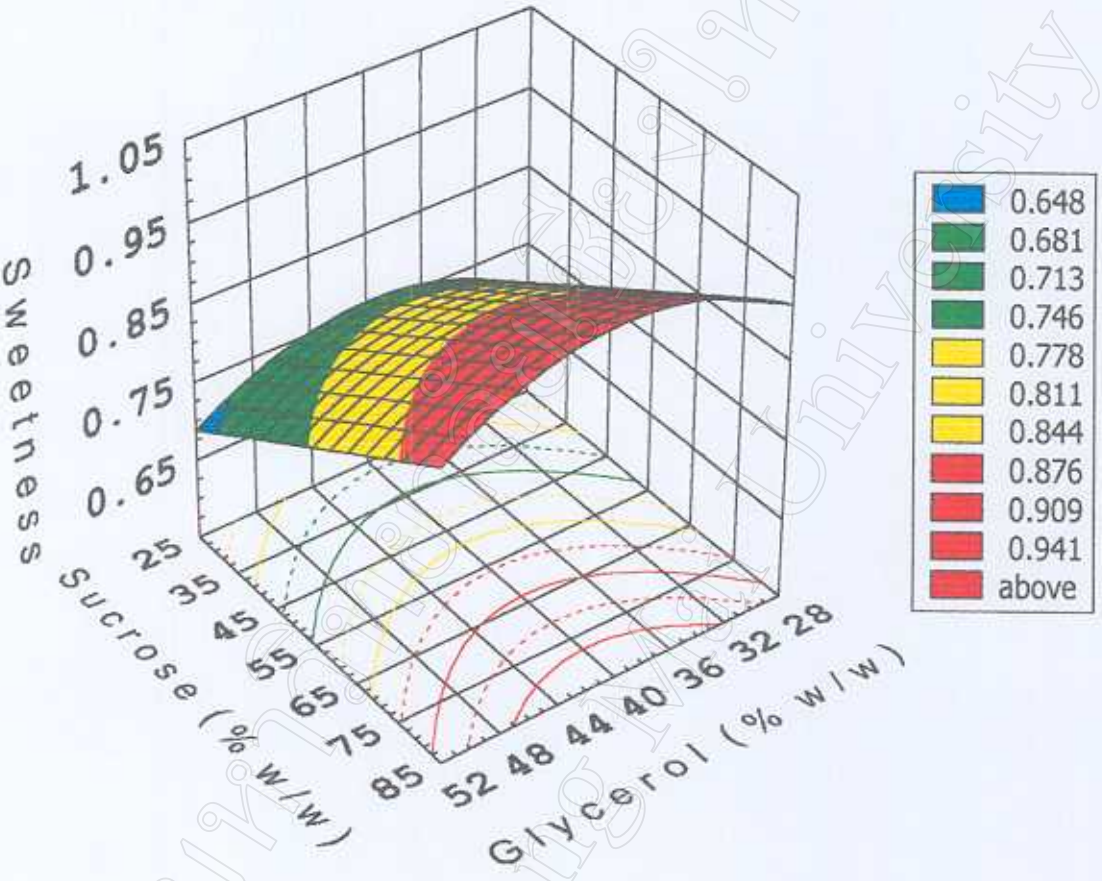


ภาพที่ 4.3 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ผันแปรระดับกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส



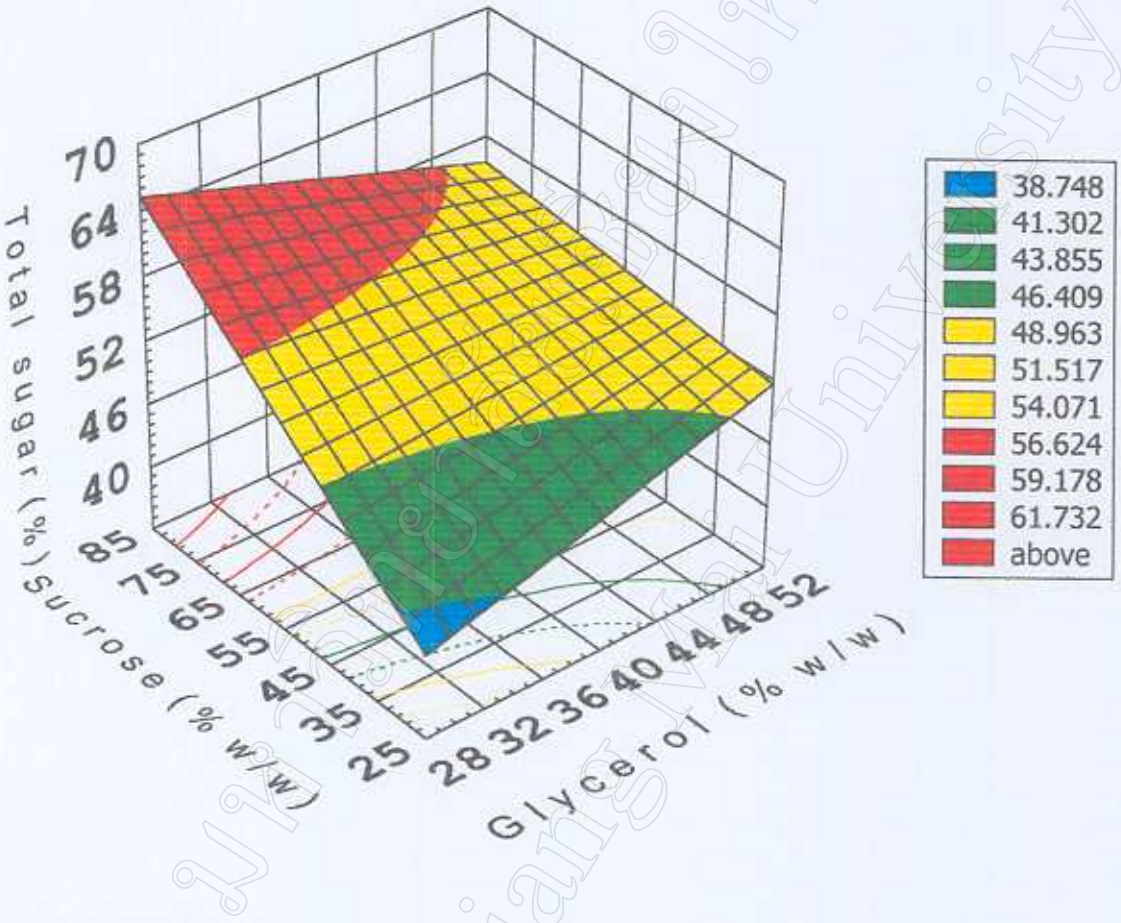
ภาพที่ 4.4 กราฟพื้นที่การตอบสนองของปริมาณกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อลักษณะความแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



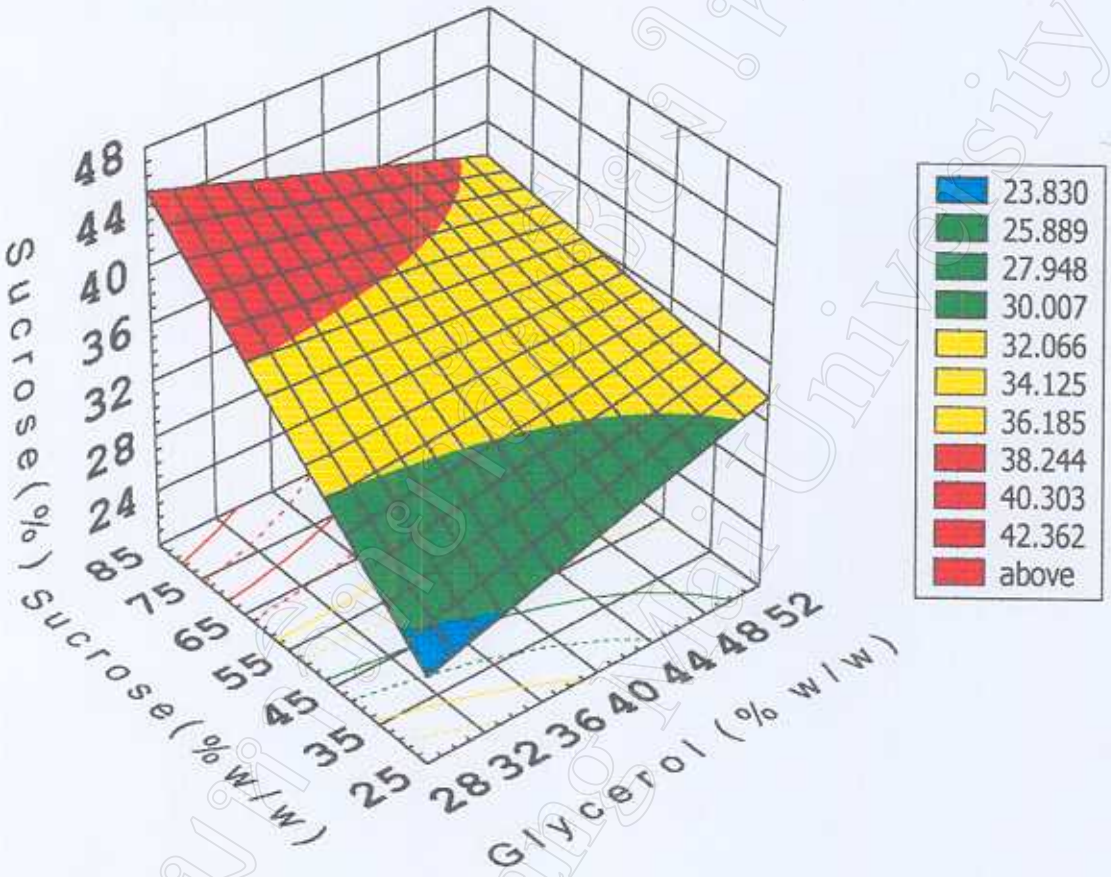
ภาพที่ 4.5 กราฟพื้นที่การตอบสนองของปริมาณกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อลักษณะรสหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University



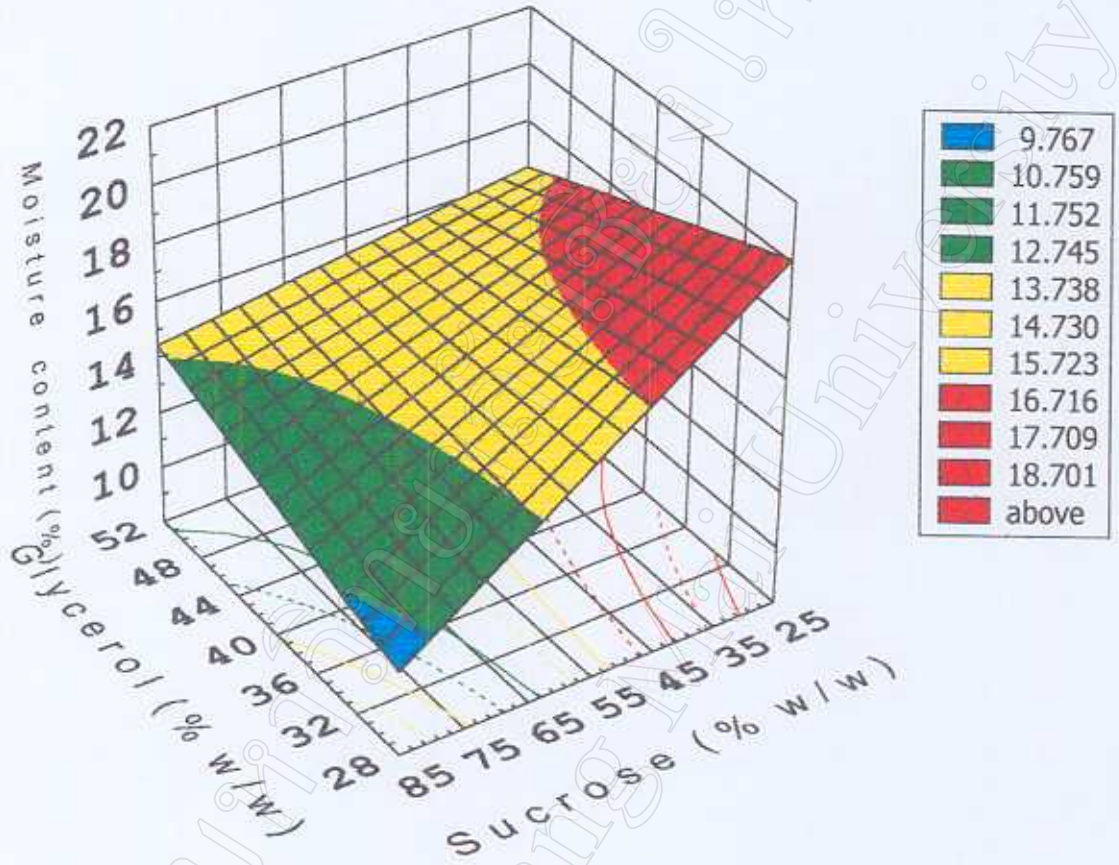
ภาพที่ 4.6 กราฟพื้นที่การตอบสนองของปริมาณกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่พบในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



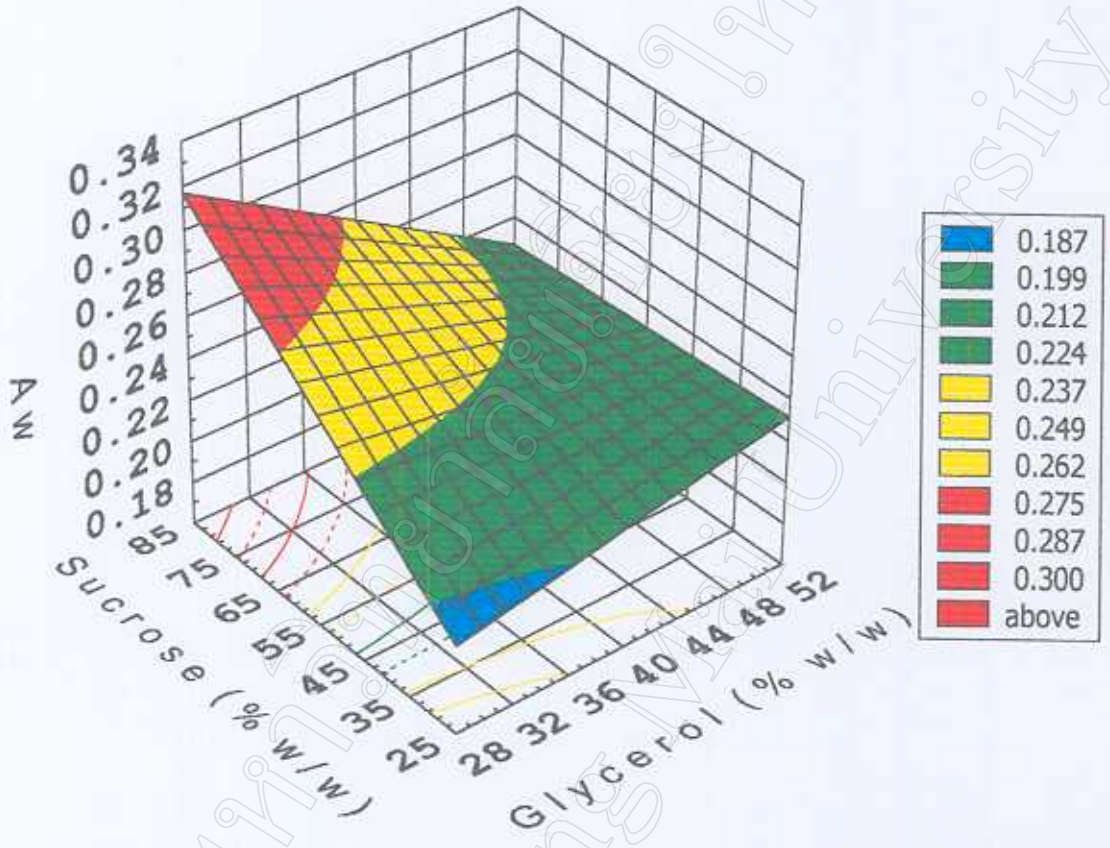
ภาพที่ 4.7 กราฟพื้นที่การตอบสนองของปริมาณกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อปริมาณน้ำตาลซูโครสที่พบในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University



ภาพที่ 4.8 กราฟพื้นที่การตอบสนองของปริมาณกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อปริมาณความชื้นที่พบในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University



ภาพที่ 4.9 กราฟพื้นที่การตอบสนองของปริมาณกลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสต่อปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) ในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.1.3.2 การศึกษาระดับการใช้โซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์

ทั้งโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ เป็นอีกปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ที่ต้องทำการศึกษาระดับการใช้ที่เหมาะสม

ใช้แผนการทดลองเช่นเดียวกับ 4.1.3.1 คือ 2^2 Factorial experiment (Central composite design) กำหนดระดับปัจจัยการใช้แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็น 5 ระดับคือที่ระดับต่ำสุด ($-\alpha$) ระดับสูงสุด ($+\alpha$) และระดับ –1 , 0 และ 1 เป็นดังตารางที่ 4.15 เมื่อค่า α มีค่าเป็น 1.414 เช่นกัน

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการใช้แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับต่างๆ (ร้อยละ)

ปัจจัยที่ศึกษา	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
ปัจจัย A ($CaCl_2$)	0.05	0.08	0.15	0.22	0.25
ปัจจัย B (NaCl)	0.50	0.65	1.00	1.35	1.50

และกำหนดให้ใช้กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสที่ระดับใหม่จากผลการทดลองตอนที่ 4.1.3.1 คือ ร้อยละ 45 และ 55 ตามลำดับ

จากแผนการทดลองมีสิ่งทดลองเท่ากับ 10 สิ่งทดลอง อย่างไรก็ตามเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลของโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อรสเค็มได้จึงได้เพิ่มลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มขึ้นโดยใช้ Ideal ratio technique เช่นเดียวกับที่ได้ทำในตอนเริ่มต้น (ดูรายละเอียดแบบทดสอบในภาคผนวก ข) และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างด้านต่างๆได้ผลดังตารางที่ 4.16 และ 4.17

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์

(ร้อยละ)		คุณภาพทางประสาทสัมผัส						
Ca	Na	สีเหลือง	ความแข็ง	กลิ่นมะม่วง	รสหวาน	รสเค็ม	รสเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
0.08	0.65	1.15 ± 0.14	1.20 ± 0.24	0.86 ± 0.10	0.90 ± 0.09	0.74 ± 0.31	1.08 ± 0.19	0.71 ± 0.15
0.22	0.65	1.06 ± 0.11	1.21 ± 0.25	0.96 ± 0.09	0.89 ± 0.09	0.80 ± 0.21	1.10 ± 0.18	0.75 ± 0.10
0.08	1.35	1.06 ± 0.11	1.28 ± 0.28	0.91 ± 0.12	0.94 ± 0.08	0.83 ± 0.27	0.98 ± 0.11	0.79 ± 0.08
0.22	1.35	1.07 ± 0.09	1.30 ± 0.25	0.99 ± 0.08	0.84 ± 0.17	0.84 ± 0.27	1.08 ± 0.19	0.71 ± 0.13
0.15	1.00	1.03 ± 0.06	1.30 ± 0.28	0.91 ± 0.08	0.86 ± 0.13	0.86 ± 0.34	1.07 ± 0.35	0.68 ± 0.04
0.15	1.00	1.11 ± 0.12	1.27 ± 0.18	1.00 ± 0.11	0.88 ± 0.19	0.86 ± 0.25	1.16 ± 0.25	0.78 ± 0.10
0.25	1.00	1.08 ± 0.08	1.32 ± 0.19	0.93 ± 0.11	0.95 ± 0.09	0.83 ± 0.21	1.05 ± 0.12	0.77 ± 0.08
0.05	1.00	1.11 ± 0.15	1.13 ± 0.28	0.92 ± 0.09	0.88 ± 0.13	0.82 ± 0.27	1.09 ± 0.32	0.76 ± 0.11
0.15	1.50	1.10 ± 0.11	1.18 ± 0.18	0.91 ± 0.11	0.92 ± 0.07	0.88 ± 0.27	1.05 ± 0.06	0.79 ± 0.06
0.15	0.50	1.03 ± 0.06	1.39 ± 0.21	0.92 ± 0.14	0.86 ± 0.19	0.88 ± 0.23	1.20 ± 0.22	0.74 ± 0.12

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Ca หมายถึง ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

Na หมายถึง ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์

(ร้อยละ)		คุณภาพทางกายภาพและเคมี					
Ca	Na	Shear force (นิวตัน)	สี L	สี a	สี b	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)	ความชื้น (ร้อยละ)
0.08	0.65	68.89±6.80	72.27±3.56	10.57±2.31	36.16±0.39	0.17 ± 0.01	19.87 ± 4.13
0.22	0.65	114.39±9.38	71.39±5.3	11.76±2.61	36.37±0.94	0.16 ± 0.01	21.08 ± 1.65
0.08	1.35	76.51±12.59	71.04±2.6	12.44±1.36	37.19±0.5	0.14 ± 0.01	19.95 ± 1.54
0.22	1.35	114.60±9.50	71.92±1.04	11.98±0.29	37.24±1.03	0.15 ± 0.01	19.17± 0.99
0.15	1.00	122.35±9.38	73.68±0.82	9.04±1.84	36.10±1.37	0.15 ± 0.01	21.41 ± 0.78
0.15	1.00	112.51±25.46	70.49±4.64	12.19±3.89	35.83±1.44	0.14 ± 0.01	20.08 ± 0.21
0.25	1.00	90.91±10.67	72.6±1.14	11.47±1.98	36.95±1.20	0.18 ± 0.01	20.41 ± 0.64
0.05	1.00	96.11±12.94	72.96±2.16	10.67±0.68	36.09±1.33	0.16 ± 0.01	19.42 ± 2.14
0.15	1.50	112.05±21.77	72.95±0.64	10.25±1.53	36.86±0.20	0.15 ± 0.01	22.98 ± 0.42
0.15	0.50	112.65±15.67	73.39±1.73	11.67±0.79	37.67±0.39	0.16 ± 0.01	21.25 ± 1.58

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Ca หมายถึง ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

Na หมายถึง ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ (ต่อ)

(ร้อยละ)		คุณภาพทางเคมี			
Ca	Na	กรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)	เกลือ (ร้อยละ)	กลีเซอรอล (mg/g)	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
0.08	0.65	1.75 ± 0.04	0.47 ± 0.03	44.37±0.21	143.13±21.03
0.22	0.65	1.65 ± 0.18	0.55 ± 0.02	42.07±0.01	202.25± 8.80
0.08	1.35	2.82 ± 0.02	0.82 ± 0.03	43.45±0.22	199.14±35.20
0.22	1.35	1.46 ± 0.02	1.00 ± 0.01	43.49±0.28	205.34±51.82
0.15	1.00	2.10 ± 0.43	0.72 ± 0.02	39.77±0.22	171.13±26.40
0.15	1.00	1.30 ± 0.09	0.71 ± 0.02	40.23±0.43	115.13±13.56
0.25	1.00	1.17 ± 0.08	0.78 ± 0.02	42.99±0.43	164.91±11.50
0.05	1.00	1.23 ± 0.06	0.72 ± 0.05	37.16±0.43	93.34±18.90
0.15	1.50	1.81 ± 0.02	1.20 ± 0.01	41.76±0.44	130.68±21.13
0.15	1.50	1.23 ± 0.11	0.49 ± 0.02	42.99±1.74	168.02±31.45

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Ca หมายถึง ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

Na หมายถึง ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

ตารางที่ 4.16 แสดงผลของ $CaCl_2$ และ NaCl ต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับด้านสีเหลืองมีค่าอยู่ในช่วง 1.03-1.15 โดยค่าต่ำสุดเป็นค่าที่ใกล้เคียง 1 มากที่สุด ส่วนที่ระดับอื่นๆ พบว่ามีสีเหลืองมากกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ ส่วนความแข็งมีค่าอยู่ในช่วง 1.13-1.39 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีความแข็งมากเกินกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ โดยค่าคะแนนความชอบด้านความแข็งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ ระดับต่ำที่สุดและใช้ NaCl ที่ระดับกึ่งกลางและมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับกึ่งกลางและ NaCl ที่ระดับต่ำที่สุด ส่วนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นมะม่วงพบว่ามีค่าใกล้เคียง 1 คืออยู่ในช่วง 0.86-1.00 รสหวานมีช่วงคะแนนค่อนข้างแคบคือ 0.84-0.94 หมายความว่าผลิตภัณฑ์มีรสหวานไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนรสเค็มพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.74-0.88 มีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ และ NaCl ที่ระดับต่ำ รสเปรี้ยวมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 0.98-1.20 ซึ่งคะแนนต่ำสุดมีค่าใกล้เคียง 1 มากคือ 0.98 เมื่อใช้ $CaCl_2$ ระดับต่ำและ NaCl ระดับสูง และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับกึ่งกลาง

และ NaCl ที่ระดับต่ำที่สุด ทั้งนี้การที่รสเปรี้ยวมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ NaCl ระดับสูงก็อาจเป็นผลมาจากการที่เกลือ NaCl มีผลทำให้รสเปรี้ยวลดลงได้ ส่วนการยอมรับโดยรวมมีคะแนนอยู่ในช่วง 0.68-0.79 ซึ่งการยอมรับโดยรวมมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ และ NaCl ที่ระดับกึ่งกลาง และสูงสุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ที่ระดับกลางหรือต่ำ และใช้ NaCl ที่ระดับสูงหรือสูงที่สุด โดยจะเห็นว่าการยอมรับโดยรวมจะมีค่าสูงเมื่อใช้ $CaCl_2$ ที่ระดับค่อนข้างต่ำและใช้ NaCl ที่ระดับค่อนข้างสูง ได้นำผลดังกล่าวเพื่อสร้างกราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.17 แสดงคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี พบว่า คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L , a และ b มีค่าอยู่ในช่วง 70.49-73.39 , 9.04-12.44 และ 35.83-37.67 ตามลำดับ ค่าแรงเฉือน หรือ Shear force มีค่าอยู่ในช่วง 68.89-122.35 นิวตัน โดยมีค่าต่ำที่สุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ และ NaCl ที่ระดับต่ำและมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ในระดับกลาง

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.17-2.82 ค่า Aw มีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.18 ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 19.17-22.98 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ $CaCl_2$ และ NaCl ที่ระดับสูง ปริมาณเกลือมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.47-1.20 มีค่าต่ำสุดเมื่อใช้เกลือในระดับต่ำสุดและสูงที่สุดเมื่อใช้เกลือระดับสูงสุด ปริมาณกลีเซอรอลมีค่าอยู่ในช่วง 37.16-44.37 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ส่วนปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่มีค่าอยู่ในช่วง 93.34-205.34 ส่วนในล้านส่วน

สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดค่าและปริมาณเชื้อยีสต์และรามีค่าน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม ในทุกตัวอย่าง

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติของคุณภาพด้านต่างๆ สร้างสมการถดถอยได้สมการความสัมพันธ์แบบที่ยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) ระหว่างปริมาณการใช้แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของตัวอย่างในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

รสเค็ม = $0.805-0.02876(Ca)^2 + 0.01875(Na)^2$ $R^2=0.87$

รสเปรี้ยว = $1.086 - 0.04152(Na)$ $R^2=0.42$

คุณภาพด้านเคมี

ปริมาณเกลือ = $0.01743 + 0.01229(Na)$ $R^2=0.88$

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด = $37.9127 + 1.1475(Ca*Na) + 1.21936(Na)$ $R^2=0.64$

Ca หมายถึง ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)
Na หมายถึง ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

สมการ Coded equation ทั้ง 4 สมการข้างต้นไม่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมดเพราะมีค่า R^2 ต่ำกว่าที่กำหนด (0.80) ซึ่งได้แก่ สมการความสัมพันธ์ของคุณภาพด้านรสเปรี้ยวและปริมาณน้ำตาลทั้งหมด จึงไม่นำทั้งสองสมการนี้ไปทำการถอดรหัสเพราะไม่สามารถทำนายความสัมพันธ์ได้อย่างเหมาะสม แต่ทั้งสองสมการนี้สามารถบอกแนวโน้มความสัมพันธ์ได้เช่นกัน กล่าวคือ สมการความสัมพันธ์ของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อรสเปรี้ยว ทำให้ทราบว่าการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์มากขึ้นจะทำให้รสเปรี้ยวลดลง ส่วนสมการความสัมพันธ์ของปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอธิบายได้ว่า เมื่อมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์มากขึ้นและผลของอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างเกลือโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่พบในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะเกลือจะช่วยให้เกิดการแพร่ของตัวถูกละลายเข้าสู่ชิ้นอาหารได้มากขึ้นนั่นเอง (Mujumdar, 1995)

เมื่อทำการถอดรหัสสมการได้ Decoded equation ที่สามารถนำไปทำนายระดับที่เหมาะสมของการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ ดังแสดงในตารางที่ 4.18

เมื่อนำสมการถดถอยมาสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองเพื่อหาระดับการใช้แคลเซียม-คลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ที่ทำให้ค่าการยอมรับด้านรสเค็มเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.11 พบว่าการยอมรับด้านรสเค็มมีค่าใกล้เคียงกับ 1 เมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับสูงหรือต่ำ ขณะที่ระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมคือระดับกึ่งกลาง เนื่องจากเกลือ

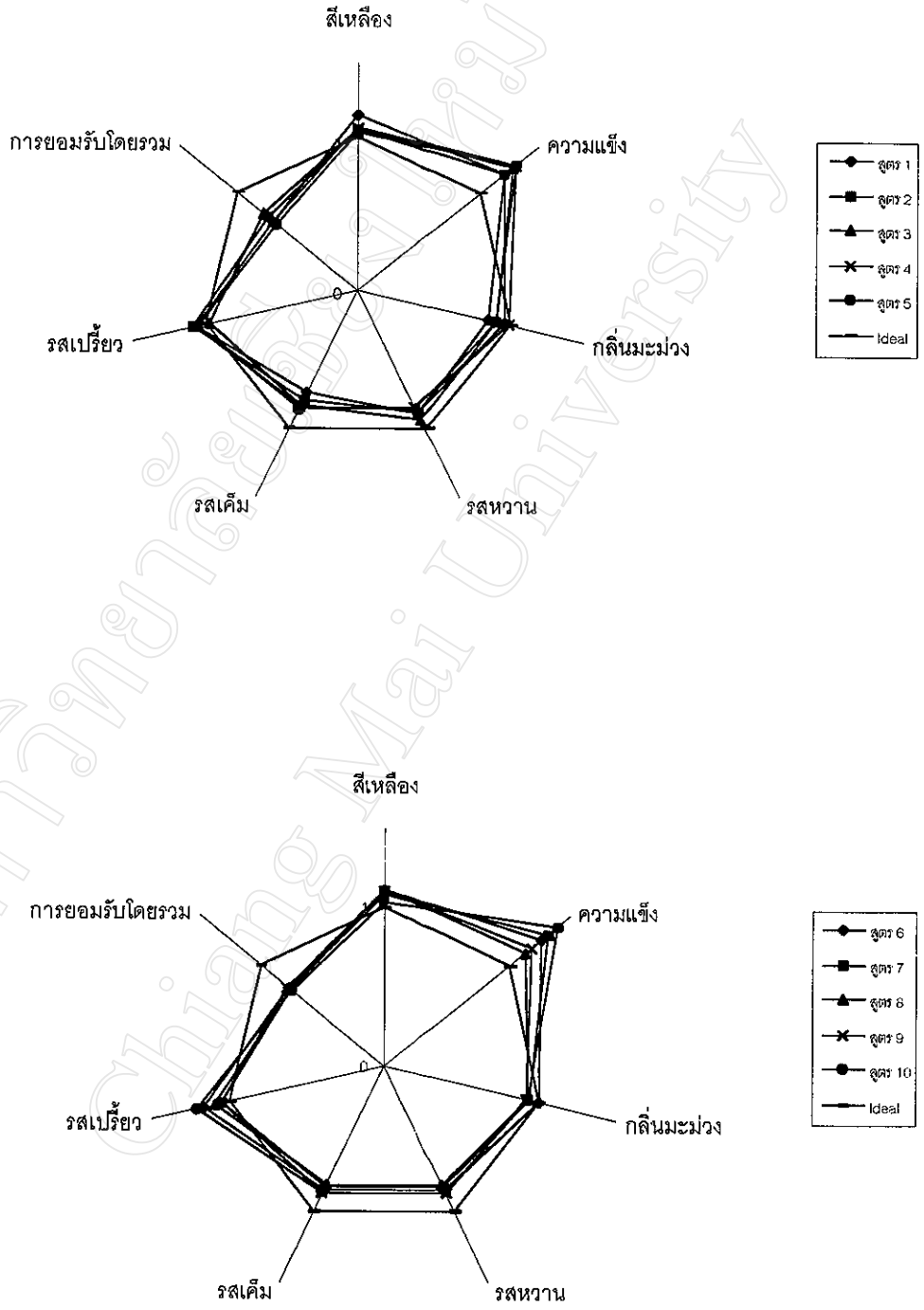
สามารถช่วยให้เกิดการแพร่ของตัวถูกละลายได้ดี จึงเลือกใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ระดับสูง คือ ร้อยละ 1.5 สำหรับแคลเซียมคลอไรด์ที่ทำให้ผลไม้แห้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง เนื่องจากสาร ดังกล่าวทำปฏิกิริยากับ Pectic substances ในผักและผลไม้ ทำให้โครงสร้างเซลของผักและผลไม้แข็งแรงขึ้น จึงควรเลือกใช้ในระดับกึ่งกลางคือร้อยละ 0.15 นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มากขึ้นจะทำให้ปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งสูงขึ้นด้วยดังภาพที่ 4.12 และสามารถสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่มีการใช้โซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์แตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.18 สมการถดถอยที่ได้จากการถอดรหัส แสดงความสัมพันธ์รหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและทางเคมี

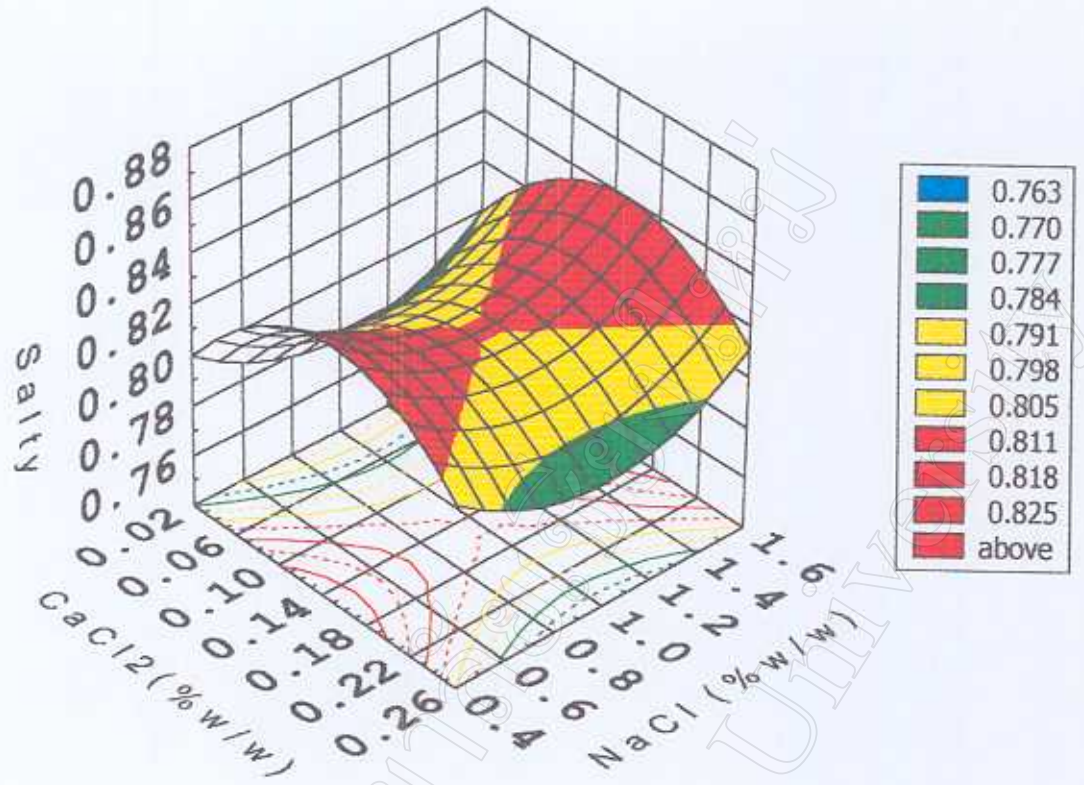
สมการถดถอย	R^2
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส	
รสเค็ม = $0.82 - 2.88\ (Na)^2 + 0.86\ (Na) + 0.075\ (Ca)^2 - 0.15\ (Ca)$	0.87
คุณภาพด้านเคมี	
ปริมาณเกลือ = 0.01285+0.01458(Na)	0.88

Ca หมายถึง ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)

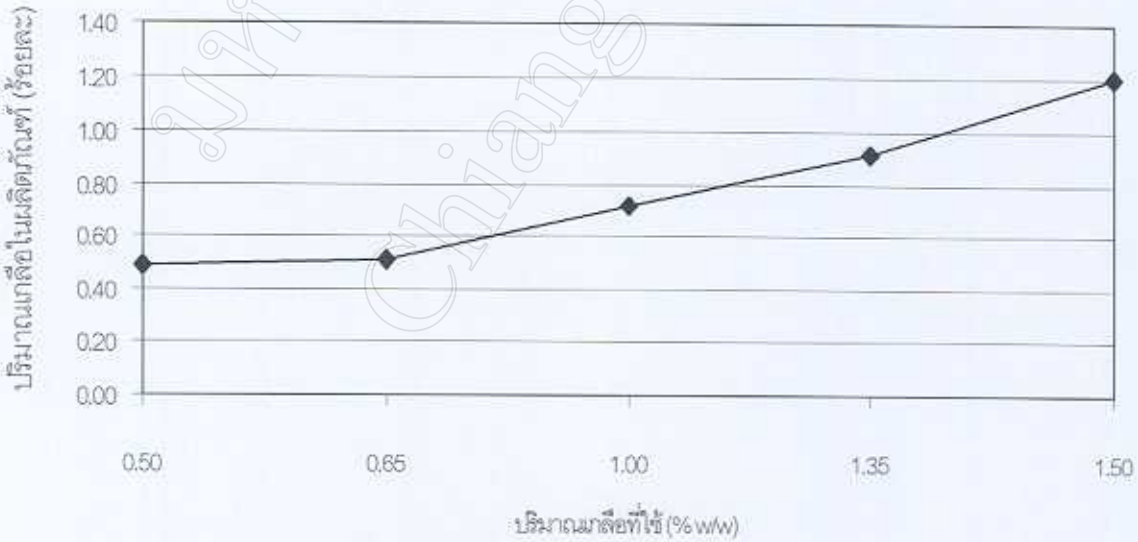
Na หมายถึง ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)



ภาพที่ 4.10 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งจากสูตรที่ผันแปรระดับแคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์



ภาพที่ 4.11 กราฟพื้นที่การตอบสนองของปริมาณโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อการยอมรับรสเค็ม



ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือที่พบในตัวอย่างต่อปริมาณเกลือที่ใช้ในสารละลาย

4.2 ศึกษาระดับความสุกและความหนาของชิ้นมะม่วงที่เหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบผลของความสุกที่ระดับต่างๆ โดยแบ่งระดับความสุกเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ (-1) กลาง (0) และสูง (+1) ด้วยลักษณะทางกายภาพได้แก่ สีผิวเปลือก ซึ่งมะม่วงที่มีความสุกระดับต่ำ กลาง และสูง ควรมีสีผิวเปลือกเป็นสีเหลืองร้อยละ 40 , 60 และ 80 ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างมะม่วงที่สุ่มจากแต่ละกลุ่มเพื่อแยกระดับความสุกอีกครั้งด้วยคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสัดส่วนของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่อปริมาณกรด (Sugar acid ratio) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid) ค่าสี L , a และ b ผลการวิเคราะห์วัตถุดิบที่ได้แสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของมะม่วงที่ระดับความสุกต่างๆ

ระดับความสุก	TSS (°Brix)	สี L	สี a	สี b	กรดซิตริก (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด(ร้อยละ)	Sugar acid ratio
ต่ำ	12.00±0.00	60.84±0.57	-2.47±0.10	24.95±0.33	1.48±0.02	6.56±0.06	4.43±0.10
ปานกลาง	14.50±0.00	59.46±0.22	-0.93±0.03	26.72±0.13	1.28±0.08	9.87±0.02	7.71±0.67
สูง	15.40±0.00	55.95±0.36	0.31±0.10	24.95±0.25	0.69±0.02	14.30±0.43	20.72±0.13

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

TSS หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

จากระดับความสุก 3 ระดับที่แสดงดังตารางที่ 4.19 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ระดับความสุกระดับต่ำ กลางและสูง เพิ่มขึ้นเป็น 12.00 , 14.50 และ 15.40 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ลดลงจากร้อยละ 1.48 เป็น 1.28 และ 0.69 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.56 เป็น 9.87 และ 14.30 ค่าสี L (ความสว่าง) ลดลงจาก 60.84 เป็น 59.46 และ 55.95 ค่าสี a (สีเขียว- แดง) เพิ่มขึ้นจาก –2.47 เป็น –0.93 และ 0.31 ค่าสี b (สีเหลือง) มีค่าไม่แตกต่างกัน คือ ที่ระดับต่ำ กลาง และสูงมีค่าเป็น 24.95 , 26.72 และ 24.95 ตามลำดับ ส่วนสัดส่วนของน้ำตาลทั้งหมดต่อกรดที่ความสุกระดับต่ำมีค่าเป็น 4.43 ระดับกลางเป็น 7.71 และระดับสูงเป็น 20.72

ในการพิจารณาหาระดับความสุกและความหนาของชิ้นมะม่วงที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ Factorial experiment with 3 center points โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัยได้แก่ระดับความสุกและความหนาของชิ้นมะม่วง มีหน่วยทดลองทั้งหมด 7 หน่วย โดยกำหนดระดับปัจจัยที่ระดับต่างๆเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.20 ระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา

ปัจจัย	ระดับต่ำ (-1)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+1)
ความสุก (sugar/acid)	4.43	7.71	20.72
ความหนา (ซม.)	0.5	1.0	1.5

ทำการทดลองที่ระดับกลาง 3 ซ้ำ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ และทางเคมี ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.21 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรความสุกและความหนาระดับต่างๆ

สิ่งทดลอง		สีเหลือง	ความแข็ง	กลิ่นมะม่วง	รสหวาน	รสเค็ม	รสเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
ระดับความสุก	ความหนา (ซม.)							
4.43	0.5	0.84 ± 0.19	1.12 ± 0.17	0.93 ± 0.14	0.77 ± 0.17	0.94 ± 0.21	1.08 ± 0.11	0.66 ± 0.28
20.72	0.5	1.06 ± 0.14	1.12 ±1.18	1.01 ± 0.20	0.94 ± 0.16	0.84 ± 0.19	0.95 ± 0.11	0.79 ± 0.09
4.43	1.50	0.74 ± 0.24	1.27 ± 0.16	0.93 ± 0.17	0.77 ± 0.17	0.95 ± 0.20	1.11 ± 0.13	0.60 ± 0.27
20.72	1.50	1.21 ± 0.17	1.01 ± 0.11	1.02 ± 0.16	0.94 ± 0.13	0.89 ± 0.13	0.88 ± 0.15	0.72 ± 0.30
7.71	1.0	1.00 ± 0.09	1.21 ±0.16	0.94 ± 0.22	0.91 ± 0.23	0.86 ±0.16	1.01 ± 0.07	0.72 ± 0.31
7.71	1.0	0.99 ± 0.17	1.21 ± 0.15	0.96 ± 0.19	0.82 ± 0.19	0.95 ± 0.20	1.09 ± 0.17	0.63 ± 0.28
7.71	1.0	1.00 ± 0.15	1.25 ± 0.19	0.94 ± 0.25	0.86 ± 0.18	0.94 ± 0.11	1.08 ± 0.12	0.69 ± 0.29

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.22 คุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรความสุกและความหนาระดับต่างๆ

สิ่งทดลอง		สี L	สี a	สี b	Shear force (นิวตัน)
ระดับความสุก	ความหนา (ซม.)				
4.43	0.5	78.96 ± 2.33	1.04 ± 1.24	34.72 ± 3.30	41.53 ±12.59
20.72	0.5	71.65 ± 220	6.55 ± 1.17	36.24 ± 1.52	36.26 ±4.60
4.43	1.50	83.22 ± 2.06	-0.13±1.26	30.62 ± 5.54	83.78 ±5.15
20.72	1.50	69.44 ± 1.22	7.82 ± 1.35	37.30 ± 0.64	85.69 ±4.48
7.71	1.0	77.47 ± 6.30	2.30 ± 2.50	34.85 ± 0.60	74.29 ±0.94
7.71	1.0	72.79 ± 2.85	5.35 ± 2.51	36.70 ± 1.13	70.08±13.29
7.71	1.0	75.59 ± 3.24	3.31 ± 3.18	36.67 ± 1.46	76.61 ± 10.42

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.22 คุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรความสุกและความหนาระดับต่างๆ (ต่อ)

สิ่งทดลอง		กรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าน้ำที่เป็น-ประโยชน์ (Aw)	เกลือ (ร้อยละ)
ระดับความสุก	ความหนา (ซม.)				
4.43	0.5	1.66 ± 0.01	15.87 ± 0.38	0.12 ± 0.01	0.99 ± 0.01
20.72	0.5	0.97 ± 0.01	15.76 ± 5.12	0.12 ± 0.01	0.95 ± 0.01
4.43	1.50	1.79 ± 0.01	16.27 ± 0.25	0.18 ± 0.01	0.90 ± 0.01
20.72	1.50	0.97 ± 0.01	20.85 ± 1.06	0.31 ±0.01	0.82 ± 0.01
7.71	1.0	1.24 ± 0.01	16.46 ± 0.22	0.15 ± 0.01	0.82 ± 0.03
7.71	1.0	1.22 ± 0.01	15.29 ± 1.50	0.15 ± 0.01	0.82 ± 0.01
7.71	1.0	1.77 ± 0.01	17.33 ± 2.06	0.13 ± 0.01	0.82 ± 0.01

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.22 คุณภาพของมะม่วงอบแห้งที่ผันแปรความสุกและความหนาระดับต่างๆ (ต่อ)

สิ่งทดลอง		น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	กลีเซอรอล (mg/g)
ระดับความสุก	ความหนา (ซม.)			
4.43	0.5	39.18±0.25	32.27±0.30	38.2 ± 0.22
20.72	0.5	39.43±0.05	33.39±0.21	40.40 ± 0.22
4.43	1.50	30.06±0.57	21.72±1.22	32.10 ± 0.18
20.72	1.50	31.75±1.02	24.77±1.10	31.60 ± 0.53
7.71	1.0	36.98±0.68	29.75±0.84	40.70 ± 0.22
7.71	1.0	38.07±0.11	31.17±0.44	40.70 ± 0.23
7.71	1.0	35.22±0.77	27.21±1.04	31.2 ± 0.35

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้ วิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุกและความหนาของชิ้นมะม่วงต่อคุณภาพทางด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.21 และ 4.22

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า การยอมรับด้านสีเหลืองมีค่าอยู่ในช่วง 0.84-1.21 โดยมีค่าการยอมรับต่ำสุดที่ระดับความสุกและความหนาต่ำสุดและมีค่าสูงสุดเมื่อระดับความสุกและความหนาสูงสุด ส่วนคะแนนการยอมรับด้านความแข็ง พบว่า ที่ระดับความสุกและความหนาสูงสุดค่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านความแข็งจะมีค่าเข้าใกล้อุดมคติมากที่สุด และมีค่าสูงเกินกว่าค่าในอุดมคติมากที่สุดเมื่อใช้มะม่วงที่มีความสุกต่ำสุดและมีความหนาระดับสูง โดยการยอมรับด้านความแข็งมีค่าอยู่ในช่วง 1.01-1.27 สำหรับกลิ่นมะม่วงพบว่ามีค่าการยอมรับใกล้เคียงอุดมคติมากโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.93-1.02 รสหวานของผลิตภัณฑ์ได้รับค่าการยอมรับอยู่ในช่วง 0.77-0.94 โดยมีค่าสูงเมื่อใช้มะม่วงที่ระดับความสุกสูง ส่วนรสเค็มมีค่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันมากนักซึ่งอยู่ในช่วง 0.84-0.95 รสเปรี้ยวมีค่าการยอมรับอยู่ในช่วง 0.88-1.11 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้มะม่วงที่ระดับความสุกสูงสุดและมีค่าเกินอุดมคติเมื่อใช้มะม่วงที่ระดับความสุกต่ำสุด สำหรับการยอมรับโดยรวมพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากที่สุดเมื่อใช้มะม่วงระดับความสุกสูงที่สุดและความหนาต่ำที่สุด ในทางตรงข้ามการยอมรับโดยรวมต่ำที่สุดเมื่อใช้มะม่วงที่ระดับความสุกต่ำสุดและความหนาสูงที่สุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมด จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสุกสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการ

ยอมรับมากกว่า อย่างไรก็ตามเพื่อให้สามารถคัดเลือกระดับของความสุกและความหนาที่เหมาะสมของมะม่วงได้ จึงต้องมีการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป

ตารางที่ 4.22 แสดงคุณภาพของตัวอย่างด้านกายภาพ พบว่า ค่าสี L หรือความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 69.44-78.96 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อมะม่วงมีความสุกสูงสุดและมีค่าสูงสุดเมื่อมะม่วงมีความสุกต่ำสุด ซึ่งตรงข้ามกับค่าสี a และ สี b ที่มีค่าต่ำสุดเมื่อความสุกอยู่ที่ระดับต่ำสุดและสูงสุดเมื่อความสุกสูงสุดโดยมีค่าเป็น (–0.13) - 7.82 และ 30.62-36.70 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อมะม่วงสุก ปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งให้สีเขียวจะลดต่ำลงเพราะสลายไปและมีการสร้างแคโรทีนอยด์ซึ่งมีสีแดงเหลืองขึ้นมาทดแทน (Thomson, 1996) ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ค่าแรงเฉือนหรือ Shear force มีค่าต่ำสุดที่ความหนาระดับต่ำ และมีค่าสูงสุดที่ความหนาระดับสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 36.26-85.69 นิวตัน ตามลำดับ

สำหรับคุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.97-1.79 โดยมีค่าต่ำที่สุดที่ระดับความสุกระดับสูงและมีค่าสูงสุดที่ความสุกระดับต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณกรดในวัตถุดิบจะลดลงเมื่อมะม่วงสุกมากขึ้น (Thomson,1996) ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 15.29-20.85 ความชื้นมีค่าสูงสุดเมื่อใช้มะม่วงที่มีความสุกและความหนาสูงสุด และมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้มะม่วงความสุกและความหนาระดับกลาง สำหรับค่า Aw มีค่าอยู่ในช่วง 0.120-0.310 ค่า Aw มีค่าต่ำสุดที่ความหนาระดับต่ำ และสูงสุดเมื่อความสุกและความหนาระดับสูง ซึ่งจะพบว่าเมื่อใช้มะม่วงที่มีความสุกและความหนาระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นและ Aw สูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อมะม่วงสุกมากขึ้นจะมีปริมาณน้ำมากขึ้นและการที่ชิ้นมะม่วงมีความหนามากก็จะทำให้การถ่ายเทมวลระหว่างสารละลายและอาหารในระหว่างการแช่สารละลายลดลงและการกำจัดน้ำในขั้นตอนการอบแห้งทำได้ยากกว่า Gonzalez et al. (1993) กล่าวว่าเมื่อสัดส่วนของพื้นที่ผิวอาหารต่อปริมาตรของอาหารมีค่าสูงจะทำให้อัตราการถ่ายเทมวลเกิดขึ้นได้มากกว่า ดังนั้นถ้าอาหารมีความหนามากพื้นที่ผิวต่อปริมาตรจึงต่ำการถ่ายเทมวลจึงเกิดได้น้อย สำหรับปริมาณเกลือพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.82-0.99 ปริมาณซูโครสมีค่าอยู่ในช่วง 21.72-33.39 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้มะม่วงที่มีความสุกระดับต่ำและมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ความสุกที่ระดับสูง ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดก็เช่นเดียวกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 30.06-39.43 ส่วนปริมาณกลีเซอรอลมีค่าเป็น 31.20-40.70 ซึ่งค่าสูงสุดและต่ำสุดนี้พบเมื่อใช้มะม่วงที่ความสุกและความหนาระดับกลางเท่ากัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ และเคมีที่ได้ นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการหาสมการถดถอยที่แสดงผลของระดับความสุกและความหนาของมะม่วงต่อคุณภาพด้านต่างๆ พบว่าสมการถดถอยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสเป็นดังนี้

คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

สีเหลือง = $0.99667 + 0.0125(TH) + 0.0625(TH*RI) + 0.1725(RI) - 0.03417(TH)^2$ $R^2=0.99$

กลิ่นมะม่วง = $0.94667 + 0.0425(RI) + 0.02583(TH)^2$ $R^2=0.96$

รสหวาน = $0.85887 + 0.085(RI)$ $R^2=0.87$

รสเปรี้ยว = $1.02857 - 0.090(RI)$ $R^2=0.73$

คุณภาพด้านกายภาพ

สี L = $75.5886 - 5.2725\ (RI)$ $R^2=0.83$

สี a = $3.74857 + 3.365(RI)$ $R^2=0.88$

คุณภาพด้านเคมี

กรดซิตริก = $1.37429 - 0.3775(RI)$ $R^2=0.73$

ปริมาณเกลือ = $0.82-0.03(RI) + 0.055(TH) + 0.095(TH)2$ $R^2=0.99$

น้ำตาลซูโครส = $28.6114 - 4.7925(TH)$ $R^2=0.85$

น้ำตาลทั้งหมด = $35.8129 - 4.200(TH)$ $R^2=0.87$

RI หมายถึง ระดับความสุกในรูปของสัดส่วนของน้ำตาลทั้งหมดต่อกรด (Sugar acid ratio)
TH หมายถึง ความหนาของมะม่วง (เซนติเมตร)

ผลการทดลองแสดงว่าระดับความสุกและความหนาของมะม่วงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมาก และพบว่าผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสมีผลต่อลักษณะของสีเหลือง กลิ่นมะม่วง รสเปรี้ยวและรสหวาน ส่วนผลทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L (ความสว่าง) และ a

(สีแดง) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ปริมาณเกลือ น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาสมการ Coded equation เพื่อให้นำสมการไปทำนายผลได้ จึงต้องทำการถอดรหัสตามสูตรที่กล่าวไว้ข้างต้น ได้สมการแสดงดังตาราง 4.23

ตารางที่ 4.23 สมการถอดรหัสแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุกและความหนาของมะม่วง ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและทางเคมีของผลิตภัณฑ์

สมการถอดรหัส	R^2
คุณภาพด้านประสาทสัมผัส	
สีเหลือง = 0.7616 +0.00583(RI)+0.1053 (TH) + 0.01534(RI*TH) –0.1367 $(TH)^2$	0.99
กลิ่นมะม่วง = 0.9843+0.0052(RI) -0.2066(TH)+0.1033$(TH)^2$	0.96
รสหวาน = 0.7274+0.0104(RI)	0.87
รสเปรี้ยว= 1.1675-0.0110(RI)	0.73
คุณภาพด้านกายภาพ	
ค่าสี L = 83.7270-0.6469(RI)	0.83
ค่าสี a = -1.4455+0.4129(RI)	0.88
คุณภาพด้านเคมี	
ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) = 1.9562-0.0463(RI)	0.73
ปริมาณเกลือ = 1.3563-0.0037(RI) -0.87(TH)+0.3800$(TH)^2$	0.99
ปริมาณน้ำตาลซูโครส = 38.1964-9.5850(TH)	0.85
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด = 44.2129-8.4000(TH)	0.87

RI หมายถึง ระดับความสุกในรูปของสัดส่วนของน้ำตาลทั้งหมดต่อกรด (Sugar acid ratio)
TH หมายถึง ความหนาของมะม่วง (เซนติเมตร)

ตามสมการถอดรหัสข้างต้น เมื่อสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองเพื่อหาระดับความสุกและความหนาของมะม่วงที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง 1 ซึ่งเป็นค่าในอุดมคติ (Ideal) ของผู้บริโภคได้ผลดังนี้

เมื่อพิจารณาผลของระดับความสุกและความหนาต่อการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 4.13 พบว่า การยอมรับมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น โดยมีค่าใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดเมื่อระดับความสุกสูงสุด หรือสัดส่วนน้ำตาลทั้งหมดต่อกรดเป็น 20.72 แต่จะมีค่ามากกว่าในอุดมคติเมื่อความหนาของชิ้นมะม่วงเพิ่มขึ้น จากภาพจะเห็นว่าช่วงของระดับความสุกและความหนาที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างกว้าง แต่เนื่องจากการเลือกวัตถุดิบที่ระดับความสุกต่างๆนั้นทำได้ค่อนข้างยากจึงควรเลือกช่วงที่ทำการทดลองจริงเท่านั้น ดังนั้นระดับที่เหมาะสม คือ ความสุกเป็น 20.72 และความหนา 0.5 เซนติเมตรซึ่งจากการแทนค่าระดับความสุกและความหนาในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุกและความหนาต่อคะแนนการยอมรับด้านสีเหลือง มีค่าเป็นดังนี้

f (ความสุก,ความหนา)

f (4.43,0.5)=0.840	f (7.71,0.5)=0.884	f (20.72,0.5)=1.060
f (4.43,1.0)=0.824	f (7.71,1.0)=0.894	f (20.72,1.0)=1.169
f (4.43,1.5)=0.740	f (7.71,1.5)=0.835	f (20.72,1.5)=1.210

ผลของระดับความสุกและความหนาต่อกลิ่นมะม่วงของผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 4.14 พบว่าค่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านกลิ่นมะม่วงมีค่าดังนี้ f(ความสุก,ความหนา)

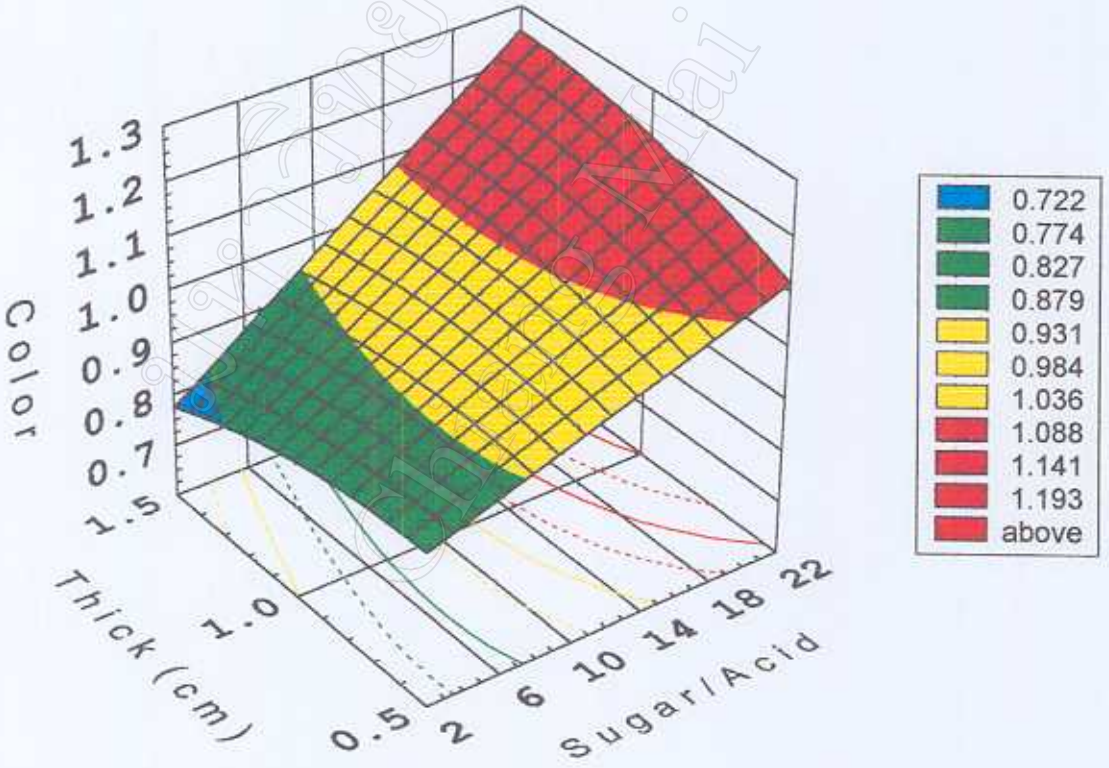
f (4.43,0.5)=0.930	f (7.71,0.5)=0.947	f (20.72,0.5)=1.015
f (4.43,1.0)=0.904	f (7.71,1.0)=0.921	f (20.72,1.0)=0.989
f (4.43,1.5)=0.930	f (7.71,1.5)=0.947	f (20.72,1.5)=1.015

ค่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านกลิ่นมะม่วงมีค่าใกล้เคียงอุดมคติเมื่อระดับความสุกมีค่าสูงคือ 20.72 ส่วนที่ระดับความหนาต่างๆ มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก

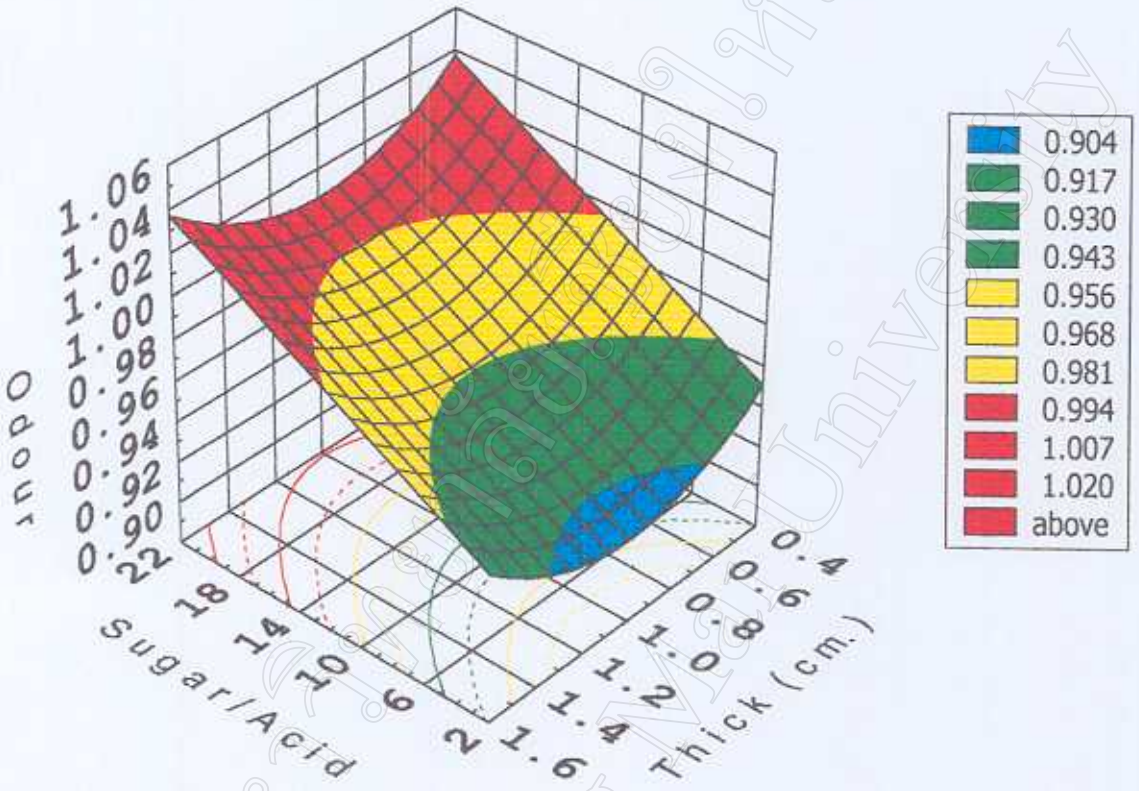
ส่วนเมื่อพิจารณาผลของระดับความสุกและความหนาต่อปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ พบว่าที่ระดับต่างๆเป็นดังนี้ f(ความสุก,ความหนา)

f (4.43,0.5)=1.00	f (7.71,0.5)=0.988	f (20.72,0.5)=0.940
f (4.43,1.0)=0.850	f (7.71,1.0)=0.838	f (20.72,1.0)=0.790
f (4.43,1.5)=0.890	f (7.71,1.5)=0.878	f (20.72,1.5)=0.830

และจากภาพที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับความหนาเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณเกลือน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากการดูดซับเกลือเกิดขึ้นได้เพียงที่ผิวหน้าของชิ้นมะม่วงเท่านั้น การที่มะม่วงมีความหนามากขึ้นยิ่งจะทำให้ร้อยละปริมาณเกลือต่อน้ำหนักของมะม่วงลดน้อยลง แต่ปริมาณเกลือที่ดูดซับในชิ้นมะม่วงนี้ไม่มีผลทำให้รสเค็มของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

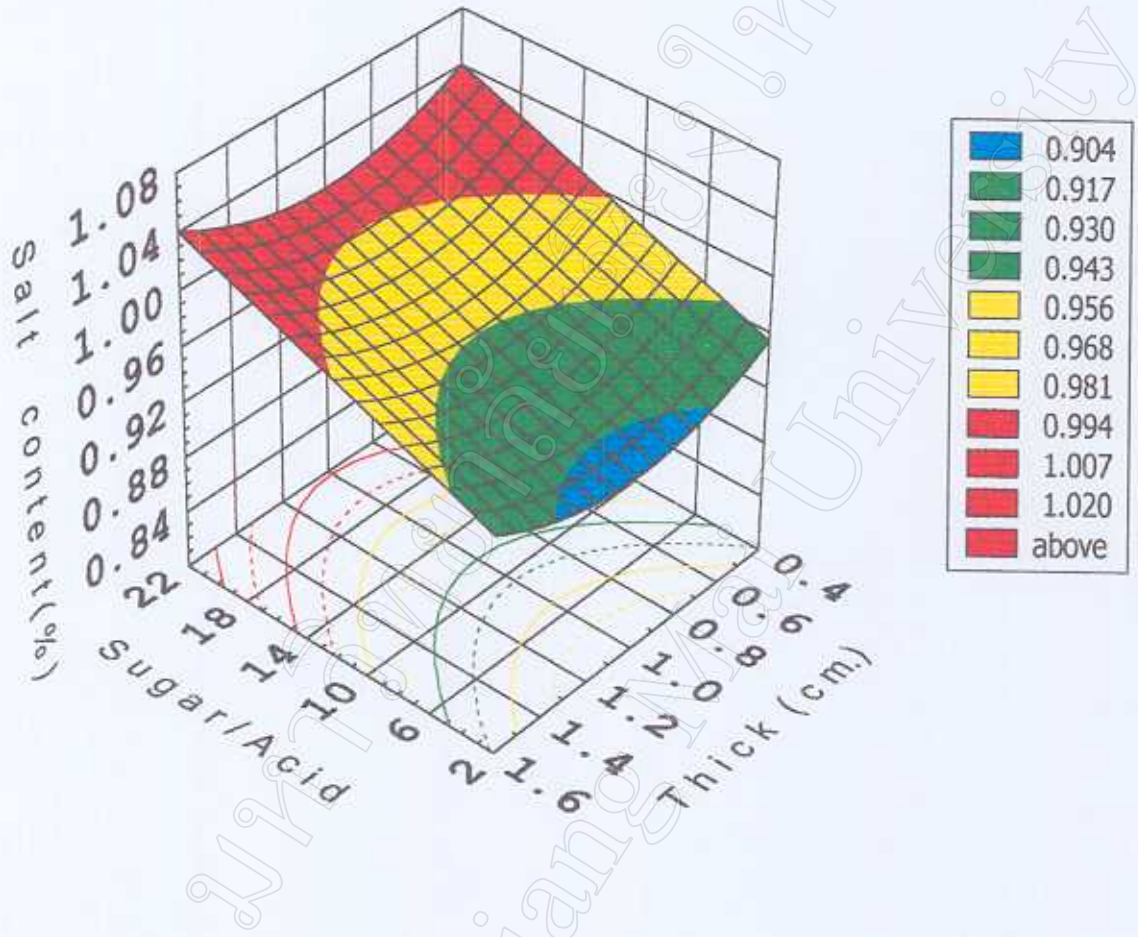


ภาพที่ 4.13 กราฟพื้นที่การตอบสนองของระดับความสุกและความหนาของมะม่วงต่อการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง



ภาพที่ 4.14 กราฟพื้นที่การตอบสนองของระดับความสุกและความหนาของมะม่วงต่อการยอมรับด้านกลิ่นมะม่วงของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

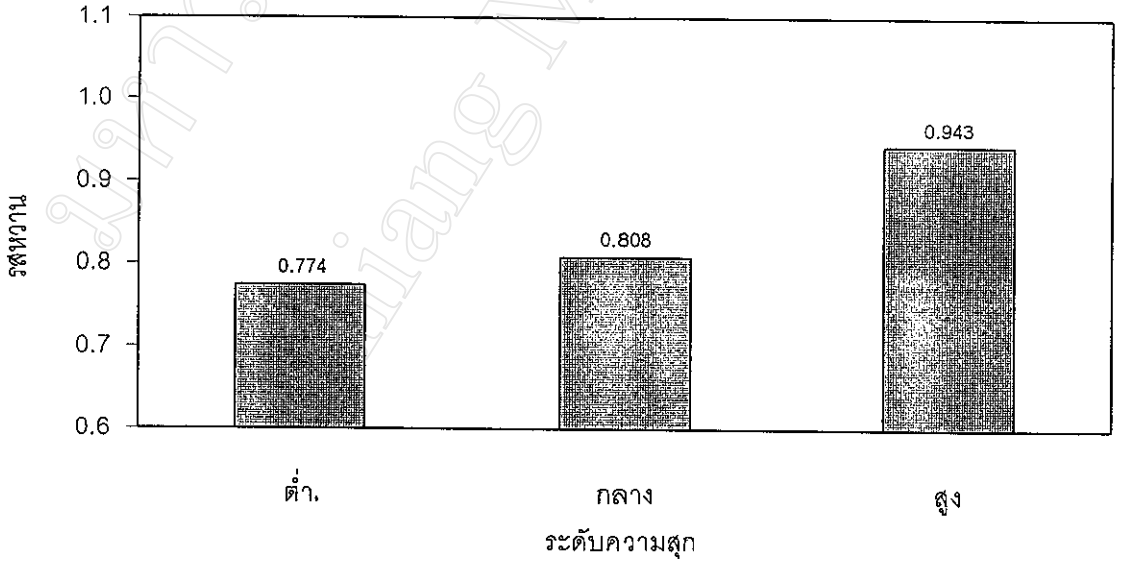


ภาพที่ 4.15 กราฟพื้นที่การตอบสนองของระดับความสุกและความหนาของมะม่วงต่อปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

นอกจากนี้ระดับความสุกยังมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ รสเปรี้ยว และรสหวาน ส่วนผลต่อคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ปริมาณเกลือ ค่าสี L และ a สำหรับความหนามีผลต่อคุณภาพน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลทั้งหมด

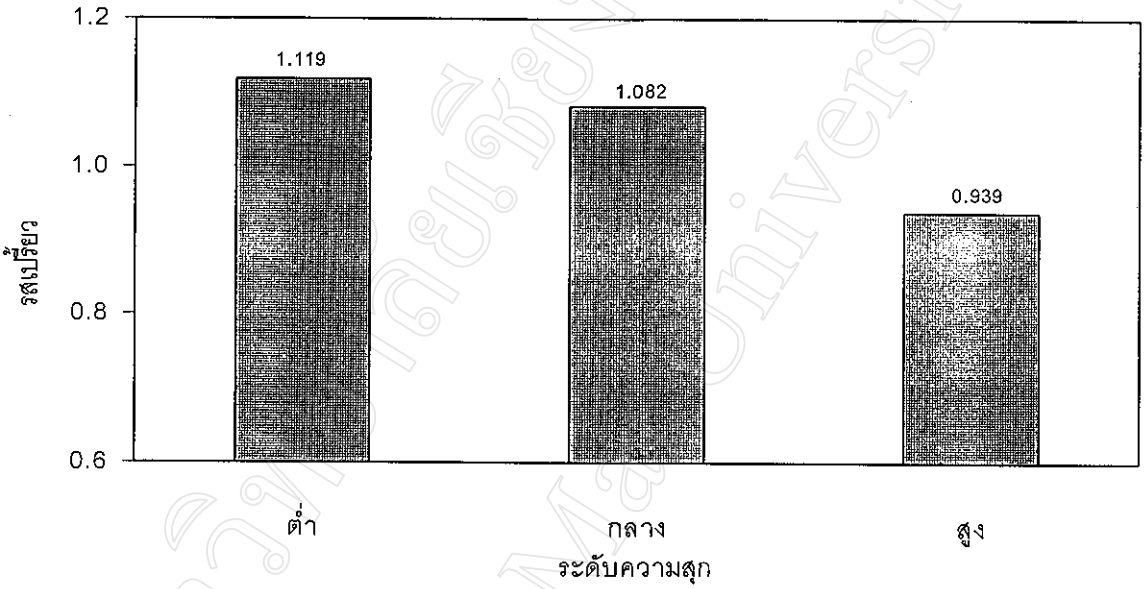
ภาพที่ 4.16 แสดงผลของระดับความสุกต่อรสหวานของผลิตภัณฑ์ จากภาพพบว่ารสหวานของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น เมื่อระดับความสุกของมะม่วงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจะมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุดที่ระดับความสุกมีค่าสัดส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่อกรดเป็น 20.72 ซึ่งมีค่าการยอมรับด้านรสหวานเท่ากับ 0.94 ในขณะที่ระดับความสุกปานกลางและระดับต่ำจะทำให้ค่าการยอมรับด้านรสหวานเป็น 0.81 และ 0.77 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากรสหวานโดยส่วนใหญ่มีผลมาจากความสุกของวัตถุดิบเป็นหลักไม่ใช่จากการแช่สารละลาย เพราะการแพร่ของตัวถูกละลาย เช่น น้ำตาลซูโครสหรือกลีเซอรอลเกิดขึ้นเพียงที่ผิวหน้าเท่านั้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลของความสุกต่อรสหวานของผลิตภัณฑ์จึงควรเลือกใช้มะม่วงที่ระดับความสุกสูงสุด



ภาพที่ 4.16 ผลของระดับความสุกต่อการยอมรับด้านรสหวาน ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

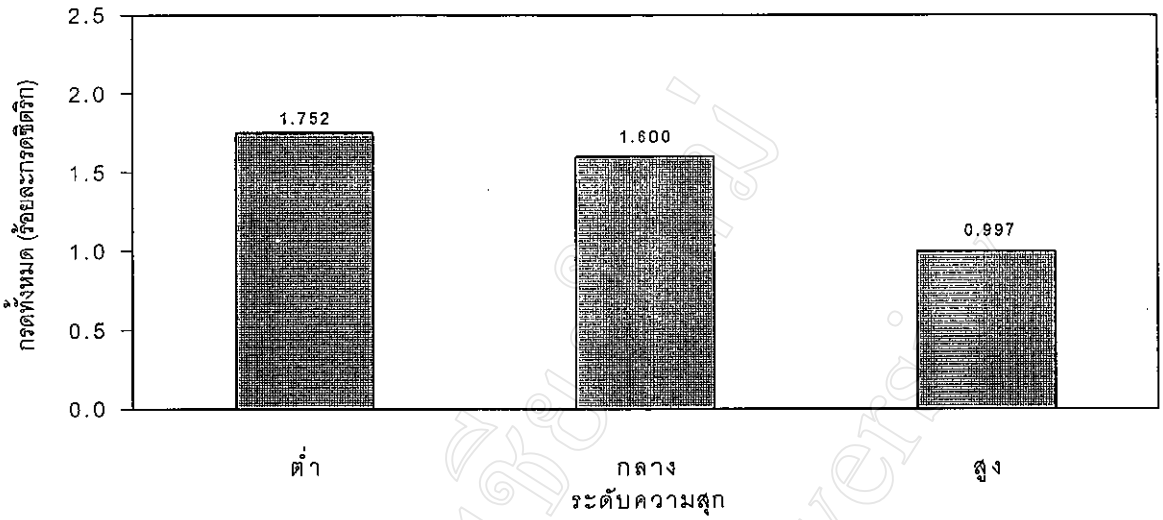
สำหรับผลของระดับความสุกต่อการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 4.17 จากภาพแสดงว่าที่ระดับความสุกระดับต่ำ จะทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน

รสเปรี้ยวมีค่าเท่ากับ 1.12 หรือมีค่าการยอมรับรสเปรี้ยวสูงเกินกว่าความต้องการของผู้บริโภค ส่วนที่ระดับความสุกสูงสุด และที่ระดับความสุกปานกลาง จะทำให้รสเปรี้ยวมีค่าใกล้เคียง 1 คือ มีค่าเป็น 0.94 และ 1.08 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคุณภาพด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่ระดับความสุกสูงสุด จะเป็นระดับความสุกที่เหมาะสมที่ทำให้รสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับด้านรสเปรี้ยวที่เข้าใกล้ 1 มากที่สุด



ภาพที่ 4.17 ผลของระดับความสุกต่อการยอมรับด้านรสเปรี้ยว ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

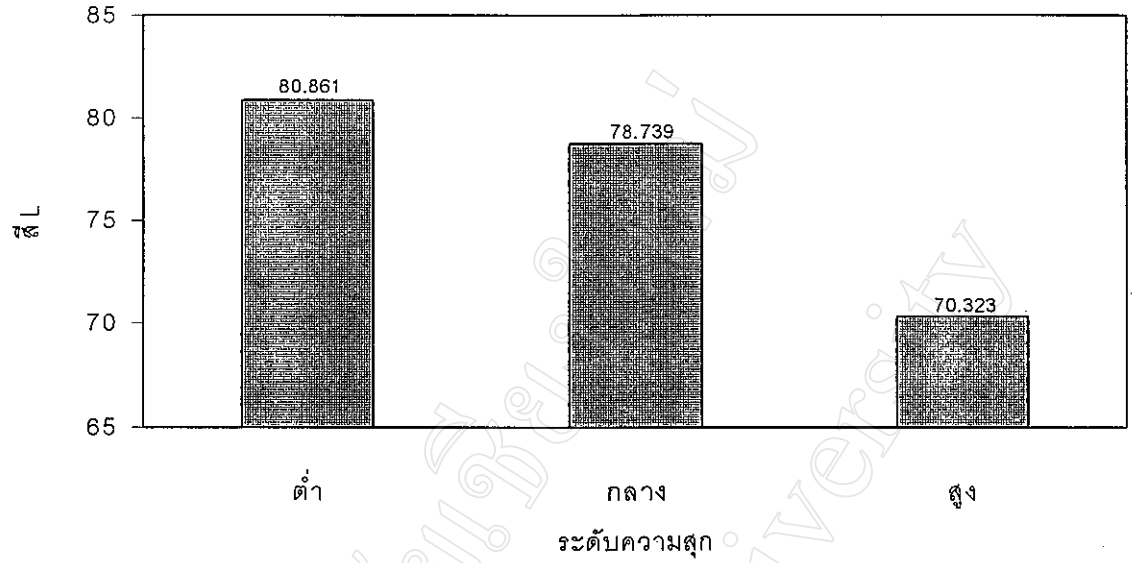
ผลของระดับความสุกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ ยังสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ในผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 4.18 คือเมื่อระดับความสุกเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ในผลิตภัณฑ์ก็จะลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเป็น 0.99 , 1.60 และ 1.75 ที่ระดับความสุกสูงสุด ปานกลางและต่ำสุดตามลำดับ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวลดลงด้วยเช่นกัน



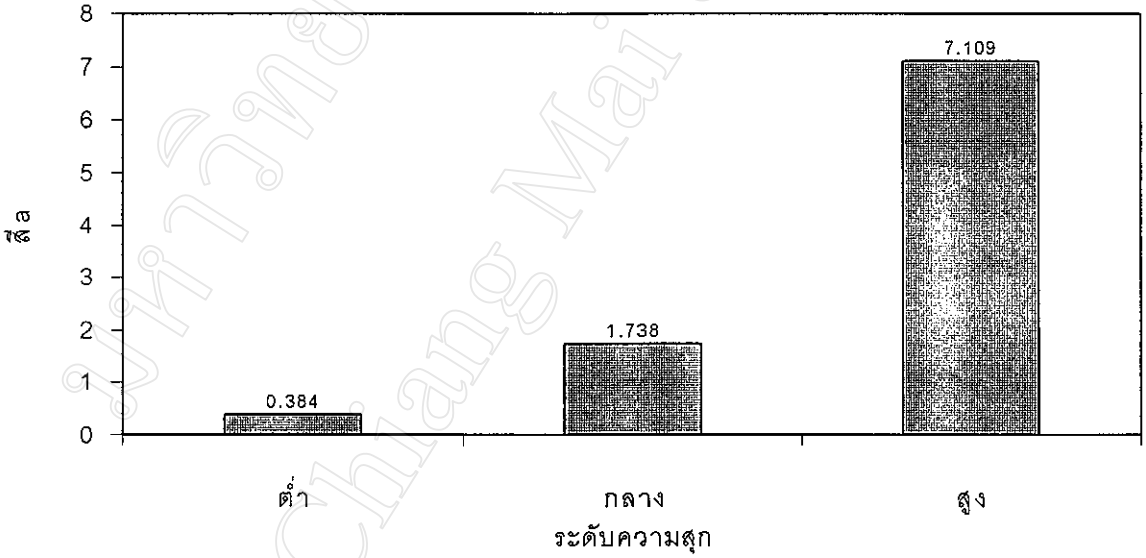
ภาพที่ 4.18 ผลของระดับความสุกต่อปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

นอกจากนี้ระดับความสุกของมะม่วงยังมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่สี L (ความสว่าง) และสี a (สีแดง) ดังภาพที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ จากภาพที่ 4.19 พบว่าเมื่อระดับความสุกเพิ่มมากขึ้นค่าสี L จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่ระดับความสุกระดับสูงมีค่าสี L เป็น 70.32 ส่วนที่ระดับความสุกปานกลางและต่ำ มีค่าสี L เป็น 78.74 และ 80.86 ตามลำดับ

ส่วนผลของระดับความสุกต่อค่าสี a ดังภาพที่ 4.20 พบว่า เมื่อระดับความสุกเพิ่มมากขึ้น ค่าสี a หรือสีแดงของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ระดับความสุกต่ำสุดสี a จะมีค่าเป็น 0.384 ที่ระดับปานกลางมีค่าเป็น 1.738 ส่วนที่ระดับความสุกระดับสูง มีค่าเท่ากับ 7.109



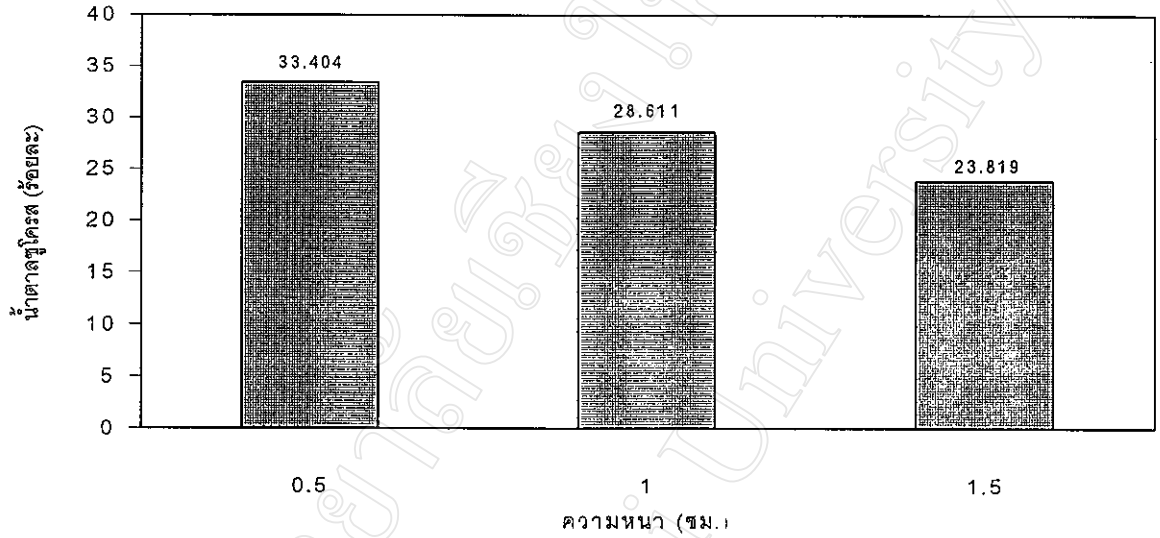
ภาพที่ 4.19 ผลของระดับความสุกต่อค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง



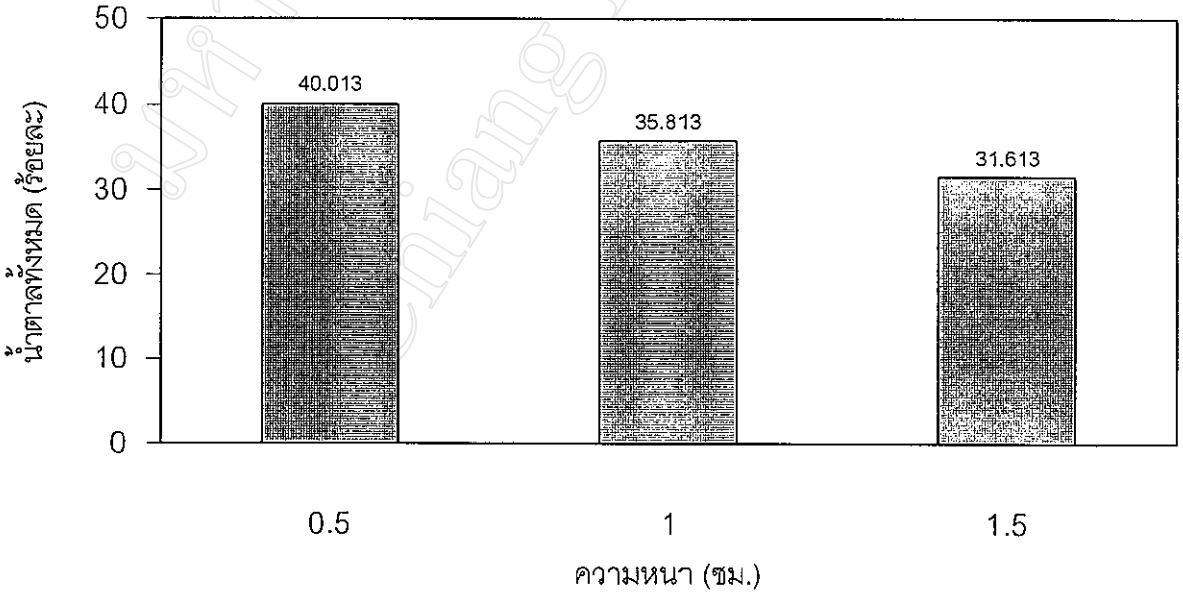
ภาพที่ 4.20 ผลของระดับความสุกต่อค่าสี a (สีเขียว-แดง) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

เมื่อพิจารณาด้านความหนาของมะม่วงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีผลต่อปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดดังภาพที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ เมื่อความหนาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีค่าเป็นร้อยละ 33.40 28.61 และ 23.82 ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเป็น 40.13 , 35.81 และ 31.61 เมื่อความหนาเท่ากับ 0.5

1.0 และ 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเหตุผลที่เป็นเช่นนี้ก็เช่นเดียวกับผลต่อปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ที่เกิดเนื่องจากการแพร่ของน้ำตาลซูโครสเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เท่านั้น ดังนั้นเมื่อความหนาเพิ่มมากขึ้นร้อยละของน้ำตาลซูโครสในเนื้อมะม่วงจึงลดลง



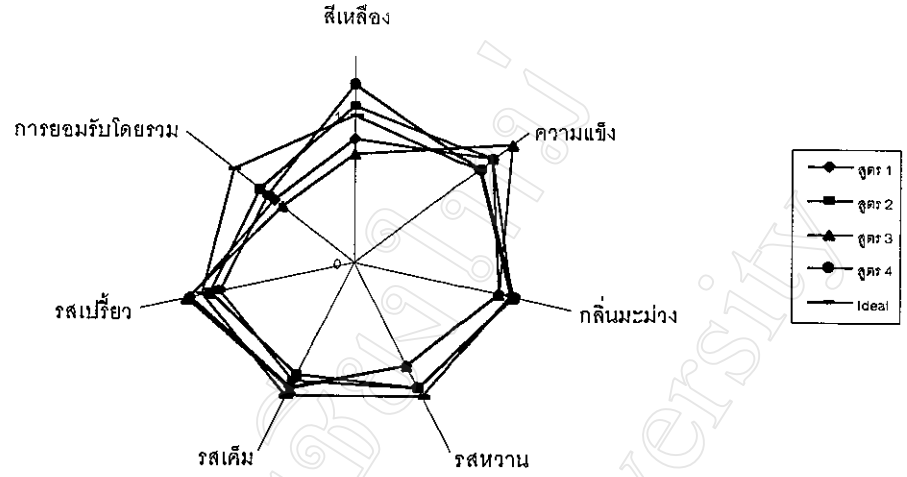
ภาพที่ 4.21 ผลของความหนาต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

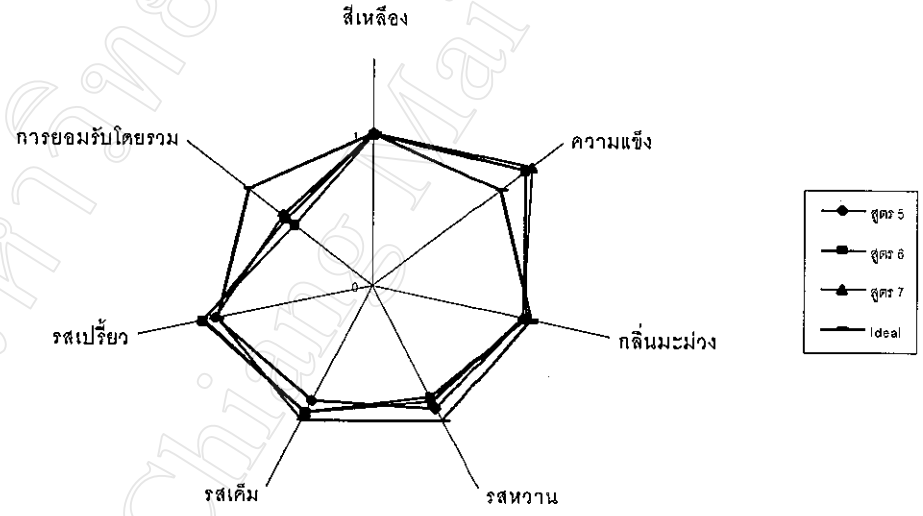


ภาพที่ 4.22 ผลของความหนาต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมด ทำให้สามารถสรุปได้ว่าระดับความสุกและความหนาที่เหมาะสมที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพด้านต่างๆ ดีที่สุด ได้แก่ ความสุกที่ระดับสูง หรือมีสัดส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่อกรดเป็น 20.72 ส่วนความหนาควรเลือกใช้ที่ระดับ 0.5 เซนติเมตร เนื่องจากที่ระดับความสุก 20.72 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลือง กลิ่นมะม่วง รสหวานและรสเปรี้ยว ใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุด ส่วนที่ระดับความหนา 0.5 เซนติเมตร จะทำให้ร้อยละของน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มีมากกว่าที่ระดับอื่นๆ และสามารถสร้างกราฟเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ที่ผันแปรระดับความสุกและความหนาของมะม่วงได้ดังภาพที่ 4.23

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University





ภาพที่ 4.23 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่ระดับความสุกและความหนาต่างๆ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.3 ศึกษาเวลาและวิธีการแช่สารละลายที่เหมาะสม

การทดลองขั้นตอนนี้ต้องการเปรียบเทียบวิธีการแช่ 2 แบบ คือแบบที่มีการกวนสารละลายและแบบสภาวะนิ่ง รวมทั้งหาเวลาแช่สารละลายที่เหมาะสมโดยแปรผันเวลาเป็น 3, 6, 9 , 12, 24 และ 27 ชั่วโมง ควบคุมอัตราส่วนของสารละลายต่อมะม่วงเป็น 1 : 1 โดยพิจารณากระบวนและเวลาที่เหมาะสม ด้วยการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการจากการถ่ายเทมวลที่เกิดขึ้นระหว่างสารละลายและชิ้นมะม่วง เพื่อให้เกิดการกำจัดน้ำออกจากมะม่วงมากที่สุดในขณะที่เกิดการแพร่ของสารถูกละลายชนิดต่างๆที่มีประโยชน์เข้าไปในชิ้นมะม่วงมากที่สุดเช่นกัน โดยทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solids) ในชิ้นมะม่วงและในสารละลาย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) และปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการแช่ วิธีการและเวลาต่างๆ โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด} - \text{ปริมาณของแข็งเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} * 100$$

$$\text{ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำเริ่มต้น} - \text{ปริมาณน้ำที่เวลาวัด}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} * 100$$

ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.24 และ 4.25

ตารางที่ 4.24 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ของชิ้นมะม่วงและสารละลาย ที่เวลาแช่ต่างๆ

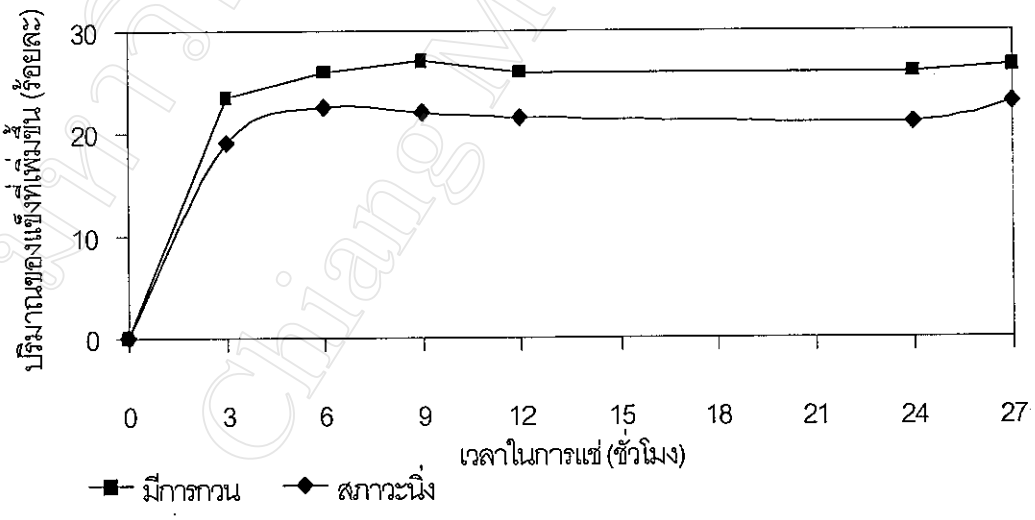
เวลา (ชั่วโมง)	TSS ของสารละลาย (^{0}Brix)		TSS ของชิ้นมะม่วง (^{0}Brix)	
	กวน	สภาวะนิ่ง	กวน	สภาวะนิ่ง
0	47.00±0.52	47.00±0.52	15.00±0.66	15.00±0.66
3	42.10±0.14	42.40±0.00	40.50±0.71	36.84±1.65
6	41.60±0.00	42.25±0.35	43.00±0.00	38.95±0.64
9	41.80±0.00	41.80±0.00	43.05±0.07	39.40±1.98
12	41.85±0.07	42.40±0.57	42.35±0.49	38.70±0.42
24	42.35±0.07	42.30±0.14	43.10±0.14	39.45±0.64
27	42.05±0.64	42.10±0.14	43.05±0.07	40.50±0.71

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

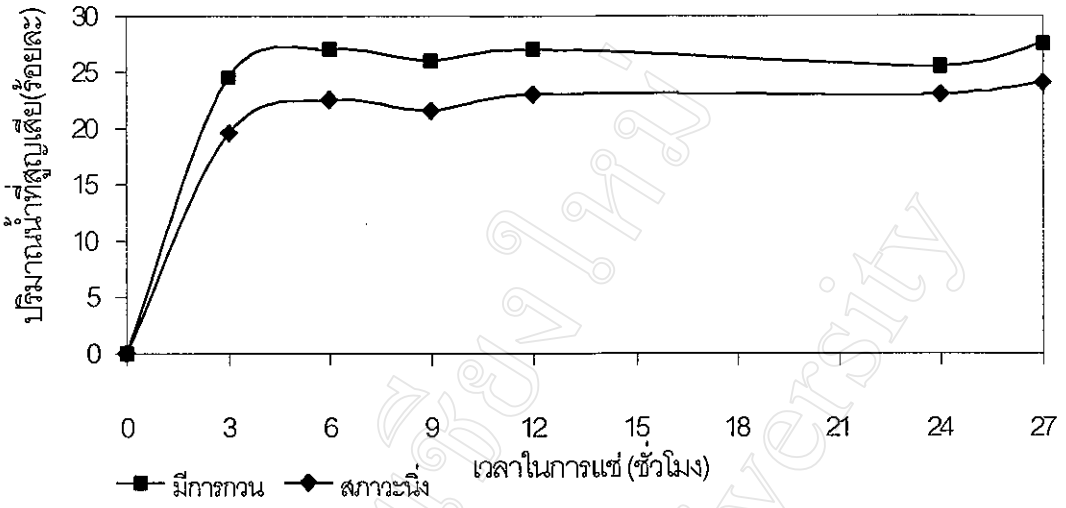
ตารางที่ 4.25 แสดงปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) และปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ในชิ้นมะม่วงที่แช่ในสารละลายที่เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	Solid gain (ร้อยละ)		Water loss (ร้อยละ)	
	กวน	สภาวะนิ่ง	กวน	สภาวะนิ่ง
3	23.50±0.71	19.00±1.41	24.50±0.71	19.50±2.12
6	26.00±2.83	22.50±2.12	27.00±2.83	22.50±0.71
9	27.00±1.41	22.00±0.00	26.00±1.41	21.50±0.71
12	26.00±2.83	21.50±0.71	27.00±1.41	23.00±0.00
24	26.00±1.41	21.00±2.83	25.50±0.71	23.00±2.83
27	26.50±0.71	23.00±0.00	27.50±0.71	24.00±1.41

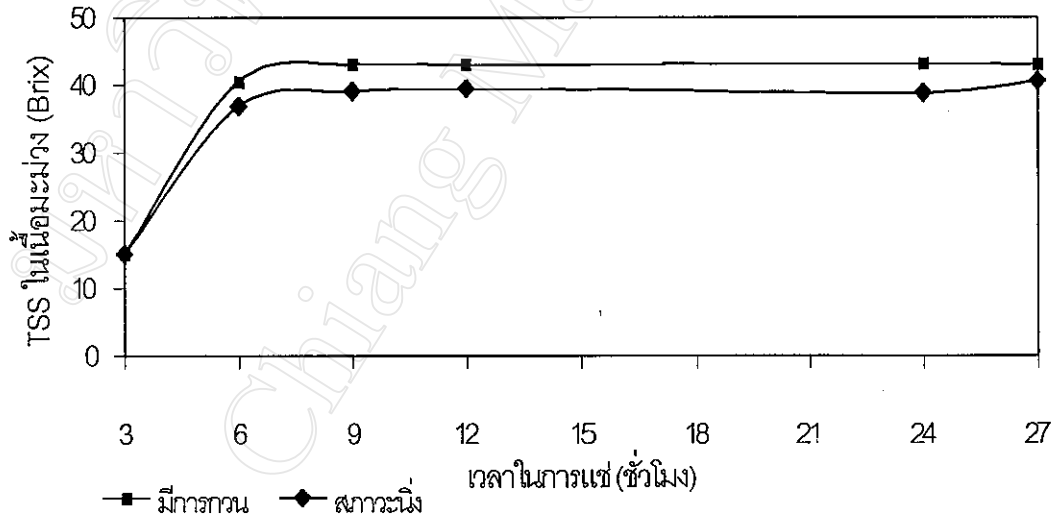
หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.24 ร้อยละปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain)ในชิ้นมะม่วงหลังผ่านการแช่สารละลายที่เวลาต่างๆ

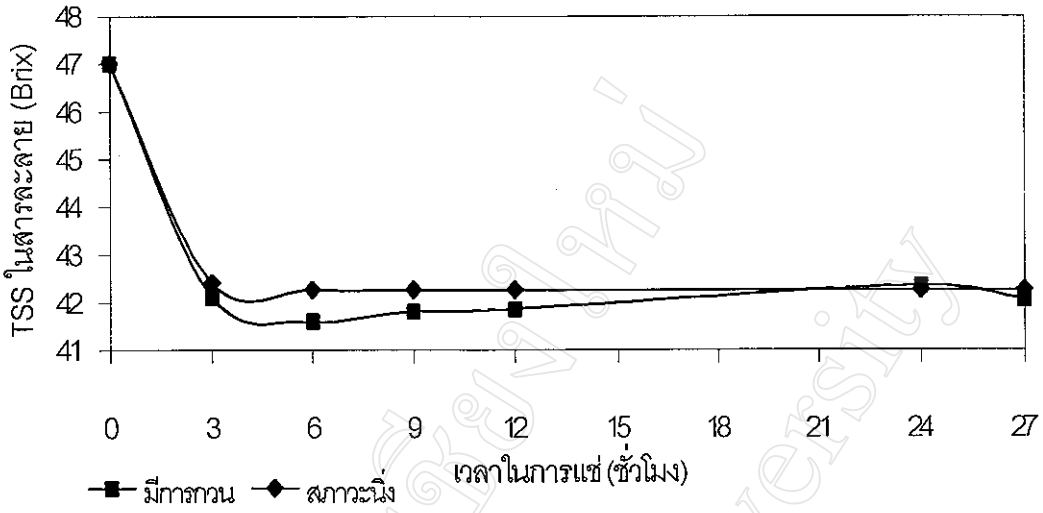


ภาพที่ 4.25 ปริมาณร้อยละน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ในชิ้นมะม่วงหลังผ่านการแช่สารละลายที่เวลาต่างๆ



ภาพที่ 4.26 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solid) ในชิ้นมะม่วงหลังผ่านการแช่สารละลายที่เวลาต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.27 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solid, ^{0}Brix) ในสารละลายหลังผ่านการแช่สารละลายที่เวลาต่างๆ

ตารางที่ 4.24 และ 4.25 แสดงผลของกระบวนการและเวลาในการแช่สารละลายต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของสารละลาย พบว่า มีค่าลดลงเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ซึ่งการแช่แบบมีการกวนสารละลายจะมีค่าอยู่ในช่วง 47.00-41.60 องศาบริกซ์ ส่วนการแช่แบบสภาวะนิ่งมีค่าอยู่ในช่วง 47.00-41.80 องศาบริกซ์ โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้วลาแช่ 6 ชั่วโมง เช่นกันทั้งสองแบบ ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของชิ้นมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาแช่เพิ่มขึ้น ซึ่งการแช่แบบมีการกวนมีค่าอยู่ในช่วง 15.00-43.00 องศาบริกซ์ โดยมีค่าสูงสุดเมื่อเวลาในการแช่เท่ากับ 6 ชั่วโมง ในขณะที่การแช่แบบสภาวะนิ่งมีค่าอยู่ในช่วง 15.00-40.50 องศาบริกซ์ มีค่าสูงสุดเมื่อเวลาแช่เท่ากับ 27 ชั่วโมง ซึ่งการแช่แบบมีการกวนจะทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในชิ้นมะม่วงมีค่าสูงกว่าแบบสภาวะนิ่งและใช้เวลาสั้นกว่า สำหรับร้อยละปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) ในมะม่วงพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น โดยกระบวนการแช่แบบมีการกวนจะทำให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เมื่อเริ่มต้น จนมีค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 27 เมื่อใช้เวลา 9 ชั่วโมง ส่วนการแช่แบบสภาวะนิ่งจะมีค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 23 เมื่อใช้เวลาในการแช่เท่ากับ 27 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแบบมีการกวนแต่ใช้เวลามากกว่า ผลของร้อยละปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ระหว่างกระบวนการแช่สารละลาย พบว่า กระบวนการแช่ทั้งสองแบบทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากที่สุดเมื่อเวลาการแช่เท่ากับ 27 ชั่วโมงเท่ากัน แต่การแช่แบบมีการกวนจะทำให้การสูญเสียน้ำเท่ากับร้อยละ 27.50 ซึ่งมากกว่าแบบสภาวะนิ่งที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 24.00

นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาวิธีการและเวลาที่เหมาะสม ดังนี้

เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น หรือ Solid gain แสดงให้เห็นว่าวิธีการแช่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในชิ้นมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4.24 และจากข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.26 กล่าวคือ การแช่แบบที่มีการกวนจะทำให้ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมีค่ามากกว่าการแช่แบบสภาวะนิ่ง โดยมีค่าเป็นร้อยละ 25.83 และ 21.50 ตามลำดับ ดังนั้นการแช่แบบกวนสารละลายจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแช่ได้ดีกว่า

พิจารณาปริมาณน้ำที่สูญเสีย หรือ Water loss พบว่า วิธีการแช่มีผลต่อปริมาณน้ำที่สูญเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4.25 และข้อมูลในตารางที่ 4.26 แสดงว่าวิธีการแช่แบบมีการกวนสารละลายมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำเป็น 26.25 ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำที่สูญเสียเมื่อแช่แบบสภาวะนิ่งซึ่งมีค่าเป็นร้อยละ 22.25 ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย พบว่า การแช่แบบมีการกวนสารละลายจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเช่นกัน

สำหรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solid) ในชิ้นมะม่วง ผลการทดลองแสดงว่าวิธีการและเวลาในการแช่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในชิ้นมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4.26 จากตารางที่ 4.26 พบว่า ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในชิ้นมะม่วงที่แช่แบบมีการกวนสารละลาย มีค่าเฉลี่ยเป็น 42.51 องศาบริกซ์ ซึ่งมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบสภาวะนิ่งที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 38.97 องศาบริกซ์ นอกจากนี้ผลของเวลาที่ใช้ในการแช่ต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในชิ้นมะม่วงแสดงดังตารางที่ 4.27 โดยที่เวลาแช่ 3 ชั่วโมงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้จะมีค่าต่ำที่สุดคือ 38.67 องศาบริกซ์ ส่วนที่เวลาอื่นๆมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในชิ้นมะม่วงไม่แตกต่างกัน การพิจารณาผลของวิธีการแช่และเวลาที่เหมาะสมต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในชิ้นมะม่วงทำให้ทราบว่าการแช่แบบมีการกวนมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบสภาวะนิ่งเช่นเดียวกับค่าอื่นๆ สำหรับเวลาควรเลือกใช้เวลาในการแช่ที่ 6 ชั่วโมง เพื่อเป็นการประหยัดเวลา ซึ่งจะทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในชิ้นมะม่วงมีค่าเป็น 40.98 องศาบริกซ์

ผลการพิจารณาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในสารละลายออสโมติก พบว่าวิธีการแช่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4.27 และตารางที่ 4.26 แสดงว่า

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในสารละลายออสโมติกที่แช่มะม่วงแบบมีการกวนสารละลายมีค่าเฉลี่ยเป็น 42.21 องศาบริกซ์ ซึ่งมีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดังกล่าวในมะม่วงที่แช่แบบสภาวะนิ่งโดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 41.95 องศาบริกซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.26

ตาราง 4.26 ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ในสารละลายและในชิ้นมะม่วง ร้อยละของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) และ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss)

วิธีการแช่	TSS ของชิ้นมะม่วง (^{0}Brix)	TSS ของสารละลาย (^{0}Brix)	Solid gain (ร้อยละ)	Water loss (ร้อยละ)
แช่แบบมีการกวน	42.51± 0.26^a	41.95± 1.02^b	25.83± 1.21^a	26.25± 1.13^a
แช่แบบสภาวะนิ่ง	38.97± 0.23^b	42.21± 1.22^a	21.50 ±1.41^b	22.25 ±1.57^b

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

ตาราง 4.27 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณน้ำในชิ้นมะม่วง ที่เวลาต่างๆ

เวลา(ชั่วโมง)	ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของมะม่วง (^{0}Brix)
0	15.00 ± 0.00^c
3	38.67 ± 2.59^b
6	40.98 ± 2.86^a
9	41.23 ± 2.58^a
12	40.53 ± 2.58^a
24	41.28 ± 2.58^a
27	41.78 ± 1.80^a

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

ผลการทดลองในขั้นตอนนี้ สามารถสรุปว่ากระบวนการแช่สารละลายที่เหมาะสมคือการแช่มะม่วงในสารละลายแบบมีการกวน เนื่องจากมีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของสารละลายมีค่าน้อยกว่าการแช่แบบสภาวะนิ่ง ในขณะที่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะม่วง ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) และปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) มีค่ามากกว่า และควรใช้เวลาในการแช่ 6 ชั่วโมง เนื่องจากมีผลให้ปริมาณน้ำในมะม่วงและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของชิ้นมะม่วงมีค่าคงที่หรือแสดงว่าการแพร่เริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลแล้ว

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.4 ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

เนื่องจากกระบวนการอบแห้งมีความสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่แตกต่างกัน ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ จึงต้องหาสภาวะการอบแห้งที่ดีที่สุดและนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

4.4.1 การศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

การทดลองตอนที่ 4.4.1 เป็นการหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ โดยศึกษาการทำแห้งที่อุณหภูมิ 5 ระดับ ได้แก่ 40 , 45 , 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส ทำการควบคุมความดันภายในเครื่องให้คงที่เท่ากับ 20 มิลลิบาร์ ทุกการทดลอง เตรียมมะม่วงด้วยกระบวนการที่เหมาะสมจากผลการทดลองตอนที่ 4.1 ถึง 4.3 นำมะม่วงที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ทำการชั่งน้ำหนักของมะม่วงระหว่างการทำแห้งทุกๆครึ่งชั่วโมงในช่วงเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักต่อในทุกๆ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หรือมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 18 ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดของผลไม้แห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 919-2532 แล้วสร้างกราฟการทำแห้งซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) และเวลาดังภาพที่ 4.28

ปริมาณน้ำเริ่มต้นในมะม่วงก่อนการทำแห้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 56 เท่านั้น เนื่องจากถูกกำจัดออกไปบางส่วนจากขั้นตอนการแช่สารละลาย เมื่อนำมาทำแห้งด้วยความร้อน พบว่าระหว่างการทำแห้งจะเกิดการระเหยน้ำอย่างต่อเนื่องและอัตราการระเหยน้ำในช่วงแรกสูงมาก ดังภาพที่ 4.28 ซึ่งพิจารณาจากปริมาณความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) ที่ลดลงอย่างรวดเร็วทำให้ลักษณะกราฟมีความชันมากในช่วงแรก เนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารยังมีมากความร้อนที่ถ่ายเทไปสู่อาหารจะทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว โดยเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารออกมาด้วยอัตราเร็วเท่ากับน้ำที่ระเหยออกจากผิวหน้าหรือเรียกว่าเป็นช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ (Constant-rate period) หลังจากนั้นอัตราการทำแห้งค่อยๆลดลงทำให้ลักษณะกราฟมีความชันต่ำ เนื่องจากความชื้นในอาหารลดต่ำลงจนเข้าใกล้ความชื้นสมดุล

ในการหาเวลาที่เหมาะสมของการทำแห้งแต่ละอุณหภูมิ โดยนำค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาต่างๆ มาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการทำแห้งและปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ได้สมการความสัมพันธ์ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 สมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการทำแห้งและปริมาณความชื้นในชิ้นมะม่วง

อุณหภูมิ (^{0}C)	สมการความสัมพันธ์	R^2
40	$M = 1.14754 - 0.0042(T) + 4.39X10^{-6}(T^2)$	0.96
45	$M = 1.08224 - 0.0046(T) + 5.03X10^{-6}(T^2)$	0.93
50	$M = 0.96721 - 0.0047(T) + 5.35X10^{-6}(T^2)$	0.87
55	$M = 1.03756 - 0.0084(T) + 1.47X10^{-5}(T^2)$	0.90
60	$M = 1.0908 - 0.0096(T) + 1.90X10^{-5}(T^2)$	0.94

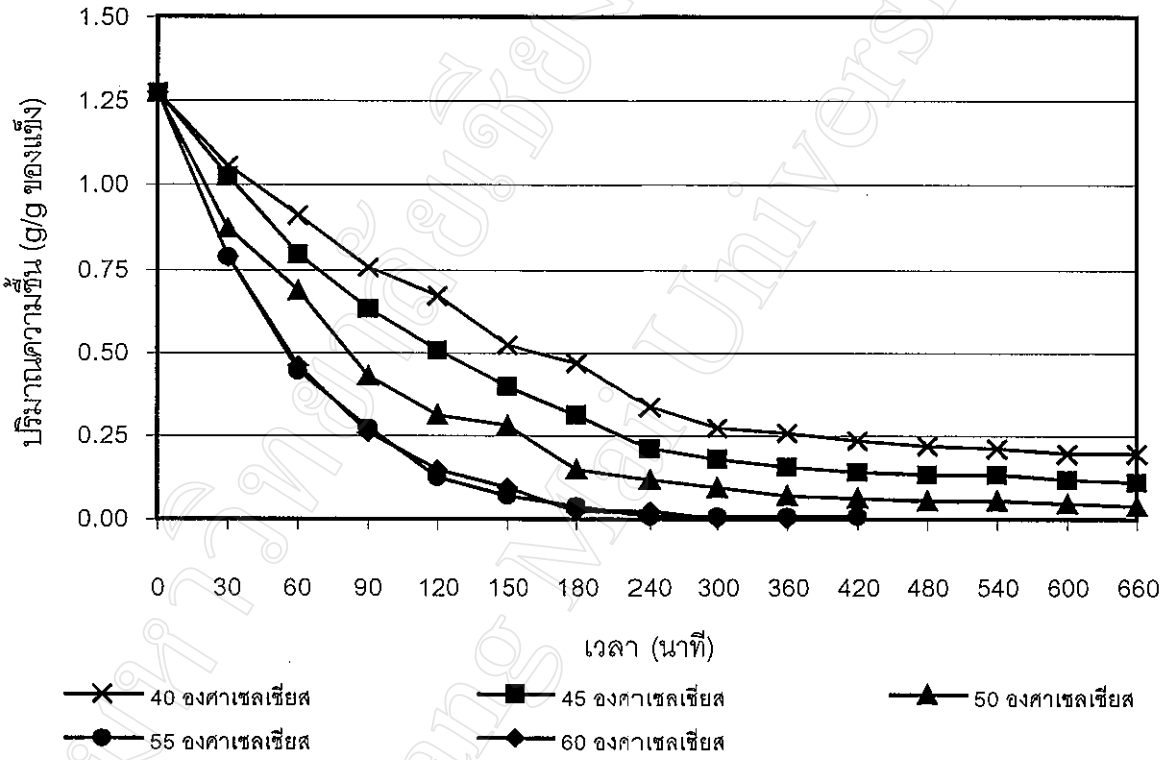
M คือ ปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง)
T คือ เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง (นาที)

เมื่อกำหนดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเป็นร้อยละ 15 ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าปริมาณความชื้นสูงสุดของผลไม้แห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 919-2532 เพื่อให้แน่ใจว่ากระบวนการทำแห้งเพียงพอต่อการกำจัดน้ำในอาหารให้อยู่ในช่วงความชื้นที่กำหนด หรือคำนวณเป็นปริมาณความชื้น (Dry basis) ได้จากสูตร

ความชื้น (กรัมต่อกรัมของแข็ง) = 15/(100-15)
= 0.176

ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสมการเพื่อหาเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม พบว่า เวลาที่ใช้ในการทำแห้งจะลดลงเมื่ออุณหภูมิการทำแห้งสูงขึ้น โดยเวลาที่ใช้ในทำแห้งเป็น 391, 287, 227, 135 และ 127 นาที หรือ 6.52, 4.78, 3.78, 2.25 และ 2.12 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิการทำแห้งเป็น 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หรือสามารถเปรียบเทียบพฤติกรรมการอบแห้งได้จากกราฟการทำแห้ง หรือ Drying curve ดังแสดงในภาพที่ 4.28 ซึ่งแสดง

ให้เห็นว่าการอบแห้งช่วงแรก ปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นปริมาณความชื้นจะค่อยๆลดลงช้าๆ จนกระทั่งเริ่มคงที่ เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการทำแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งสูง มีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลงและถึงจุดคงที่อย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาสั้นกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 4.28 กราฟการทำแห้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 , 45 , 50 , 55 และ 60 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองขั้นต้นทำให้ได้เวลาที่เหมาะสมของแต่ละอุณหภูมิ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านทางประสาทสัมผัส กายภาพ และทางเคมี ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ค่าทางประสาทสัมผัสของมะม่วงที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส						
	สีเหลือง	ความแข็ง	กลิ่นมะม่วง	รสหวาน	รสเค็ม	รสเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
40	0.87±0.45	0.97±0.12^{c}	0.90±0.17^{ab}	0.96±0.15	0.88±0.21	0.90±0.14	0.75±0.16
45	0.83±0.43	1.02±0.15^{bc}	0.93±0.16^{a}	0.94±0.21	0.90±0.23	0.90±0.12	0.66±0.24
50	0.77±0.39	1.11±0.18^{ab}	0.84±0.19^{c}	0.83±0.22	0.85±0.25	0.89±0.20	0.65±0.26
55	0.79±0.40	0.99±0.31^{bc}	0.85±0.21^{bc}	0.84±0.26	0.87±0.26	0.88±0.23	0.71±0.23
60	0.84±0.43	1.21±0.21^{a}	0.89±0.17^{ab}	0.87±0.16	0.91±0.23	0.99±0.12	0.75±0.12

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

ตารางที่ 4.30 คุณภาพของมะม่วงที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	คุณภาพทางกายภาพ			
	สี L	สี a	สี b	Shear force (นิวตัน)
40	64.90±0.09^{b}	14.07±0.32	33.70±0.49^{c}	33.07±0.43
45	68.11±0.64^{ab}	11.27±1.40	33.37±0.65^{c}	38.01±0.10
50	71.33±2.39^{a}	9.74±1.00	34.26±0.47^{ab}	44.03±0.10
55	69.91±1.73^{a}	13.19±2.49	36.21±0.50^{a}	71.22±5.76
60	68.43±1.27^{ab}	11.90±1.75	35.05±0.50^{ab}	73.24±6.82

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

ตารางที่ 4.30 คุณภาพของมะม่วงที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ (ต่อ)

อุณหภูมิ (^{0}C)	คุณภาพทางเคมี			
	กรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)	ค่าน้ำที่เป็น-ประโยชน์ (Aw)	กลีเซอรอล (mg/g)	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
40	1.27±0.21	0.380±0.03^{a}	37.23±1.41^{a}	163.36±77.00
45	1.06±0.06	0.290±0.00^{b}	36.62±0.33^{a}	115.90±47.30
50	1.44±0.12	0.200±0.01^{c}	33.09±0.54^{b}	53.67±9.90
55	1.39±0.25	0.210±0.00^{c}	36.61±0.33^{a}	56.01±17.60
60	1.85±0.67	0.170±0.01^{c}	36.92±0.33^{a}	266.81±196.91

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

ตารางที่ 4.30 คุณภาพของมะม่วงที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ (ต่อ)

อุณหภูมิ (^{0}C)	คุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยา		
	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)
40	40.91±4.18	48.15±3.99	7.50±10.61
45	42.71±8.06	51.33±7.19	10.00±0.00
50	41.62±8.00	45.35±7.92	17.50±3.54
55	43.72±8.59	50.15±7.92	22.5±3.54
60	38.20±4.12	47.84±4.65	10.00±0.00

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.29 พบว่า คะแนนการยอมรับด้านสีมีค่าอยู่ในช่วง 0.77-0.87 โดยมีคะแนนต่ำสุดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สูงสุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความแข็งมีค่าอยู่ในช่วง 0.97-1.21 คะแนนต่ำสุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และสูงสุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กลิ่นมะม่วงมีคะแนนอยู่ในช่วง 0.84-0.93 ค่าต่ำสุดเมื่อใช้อุณหภูมิเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส และสูงสุดเมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส สำหรับรสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม ได้รับคะแนนต่ำสุดและสูงสุดเป็น 0.83-0.96, 0.85-0.91 , 0.88-0.99 และ 0.65-0.75 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงคะแนนที่แตกต่างกันไม่มากนัก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสาทสัมผัสทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิในการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศมีผลต่อคะแนนการยอมรับคุณภาพด้านความแข็งและกลิ่นของมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนี้

ความแข็งของผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่าอุดมคติ หรือมีค่ามากกว่า 1 มากที่สุดเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และน้อยที่สุดซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิ 45 , 50 และ 55 องศาเซลเซียสไม่ทำให้การยอมรับด้านความแข็งแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าที่เข้าใกล้ 1 มากที่สุด พบว่า อุณหภูมิที่เหมะสมที่สุด คือที่อุณหภูมิ 45 , 50 และ 55 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงถึงแม้จะใช้เวลาสั้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเกิดปรากฏการณ์ผิวแห้งแข็ง (Case hardening) ซึ่งเกิดจากตัวถูกละลายเคลื่อนที่จากภายในของอาหารไปที่ผิวหน้าระหว่างที่น้ำถูกกำจัดออกไป ทำให้ตัวทำละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้ผิวอาหารแห้งแข็ง การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงได้รับคะแนนด้านความแข็งมากกว่าอุดมคติ

สำหรับคะแนนการยอมรับกลิ่นมะม่วงพบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำคือ 40 และ 45 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมะม่วงไม่แตกต่างจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงคือ 60 องศาเซลเซียส และมีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมะม่วงที่ไม่แตกต่างกัน และมีค่าที่น้อยกว่า 1 หรือมีกลิ่นมะม่วงน้อยกว่า ที่อุณหภูมิ 40 , 45 และ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ คือ 40 และ 45 องศาเซลเซียส จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียกลิ่นเนื่องจากความร้อนระหว่างการอบแห้ง ส่วนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าจะใช้อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลาการอบแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ จึงทำให้กลิ่นมะม่วงยังคงอยู่ ส่วนที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส นอกจากอุณหภูมิจะสูงกว่าการทำแห้งที่ 40 และ 45 องศาเซลเซียสแล้ว ยังใช้ระยะเวลาการทำแห้งมากกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจึงสูญเสียกลิ่นมะม่วงไปมากกว่า

จากผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทำให้สามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่เหมาะสม คือ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้คุณภาพทางด้านความแข็งและกลิ่นมะม่วงเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

ตารางที่ 4.30 แสดงคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าสี L หรือความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 64.90-71.33 โดยมีค่าต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิเป็น 40 องศาเซลเซียสและสูงสุดเมื่ออุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส ค่าสี a หรือสีแดงมีค่าอยู่ในช่วง 9.74-14.07 ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และสูงสุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค่าสี b หรือสีเหลืองมีค่าอยู่ในช่วง 33.37-36.21 มีค่าต่ำสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และสูงสุดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ ค่าแรงเฉือน หรือ Shear force มีค่าอยู่ในช่วง 33.07-73.24 นิวตัน ซึ่งมีค่าสูงเมื่อใช้อุณหภูมิสูง

คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าต่ำสุดและสูงสุดเป็นร้อยละ 1.06 และ 1.85 ตามลำดับ ปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) มีค่าอยู่ในช่วง 0.17-0.30 โดยมีค่าสูงสุดและต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 40 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่มีค่าอยู่ในช่วง 53.67-266.81 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณซูโครสมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 38.20-42.71 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 45.35-51.33 และปริมาณกลีเซอรอลมีค่าอยู่ในช่วง 33.09-37.23 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง

คุณภาพทางจุลชีววิทยา ผลการทดลองแสดงว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 30 โคโลนีต่อกรัม ทุกสิ่งทดลอง

เมื่อนำข้อมูลคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งที่อุณหภูมิต่างๆมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิของการทำแห้งมีผลต่อคุณภาพทาง

กายภาพ ได้แก่ ค่าสี L และ a ส่วนคุณภาพทางเคมี ได้แก่ Aw และ ปริมาณกลีเซอรอล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนี้

สี L หรือความสว่าง มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 64.89 เมื่อใช้อุณหภูมิต่ำ คือ 40 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิอื่นๆค่าสี L มีค่าสูงกว่าแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับค่า a หรือสีแดง พบว่า มีค่าสูงเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูง คือ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 40 , 45 และ 50 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีสี a ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างด้านสีของผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากได้รับคะแนนการยอมรับด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

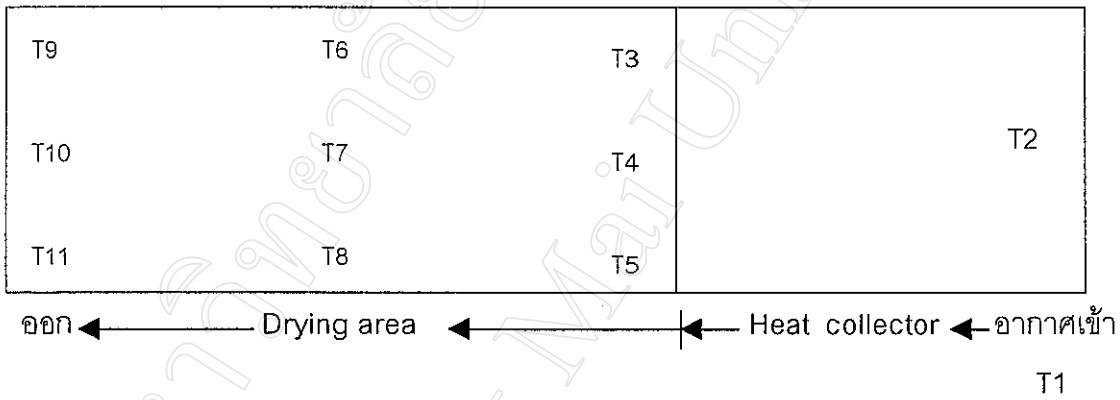
ปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) จะมีค่าลดลงเมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.175-0.379 เมื่ออุณหภูมิการทำแห้งที่ลดลงจาก 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ทุกอุณหภูมิ สำหรับปริมาณกลีเซอรอล พบว่า มีค่าต่ำสุดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิอื่นๆมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางสถิติทั้งทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา แสดงว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งมะม่วงแก้วด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ คือ 45 องศาเซลเซียส ดังนั้นจะใช้เวลา 287 นาที หรือ 4.78 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านกลิ่นมะม่วง ความแข็ง และค่าสี L (ความสว่าง) เหมาะสมที่สุด

4.4.2 การศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

เนื่องจากการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการอาศัยแหล่งพลังงานความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ดังนั้นการควบคุมกระบวนการทำแห้ง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ หรือความเร็วลม ให้คงที่ตลอดการทดลองจึงทำได้ยาก

ดังนั้นในการทดลองตอนที่ 4.4.2 นี้จึงเป็นการศึกษาสภาวะของเครื่องอบแห้งระหว่างการทำแห้ง ได้แก่ การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่อง ทั้งหมด 11 จุด ดังนี้



เมื่อ T1คือ อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่อง

T2 คือ อุณหภูมิของอากาศหลังผ่านพัดลมดูดอากาศเข้าสู่เครื่อง

T3 คือ อุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องหลังผ่านส่วนสะสมความร้อน(Collector)จุดที่1

T4 คือ อุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องหลังผ่านส่วนสะสมความร้อน(Collector)จุดที่2

T5 คือ อุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องหลังผ่านส่วนสะสมความร้อน(Collector)จุดที่3

T6 คือ อุณหภูมิของอากาศที่จุดกึ่งกลางของอุโมงค์อบแห้ง(Drying area) จุดที่1

T7 คือ อุณหภูมิของอากาศที่จุดกึ่งกลางของอุโมงค์อบแห้ง(Drying area) จุดที่2

T8 คือ อุณหภูมิของอากาศที่จุดกึ่งกลางของอุโมงค์อบแห้ง(Drying area) จุดที่3

T9 คือ อุณหภูมิของอากาศบริเวณปลายสุดของเครื่องจุดที่1

T10 คือ อุณหภูมิของอากาศบริเวณปลายสุดของเครื่องจุดที่2

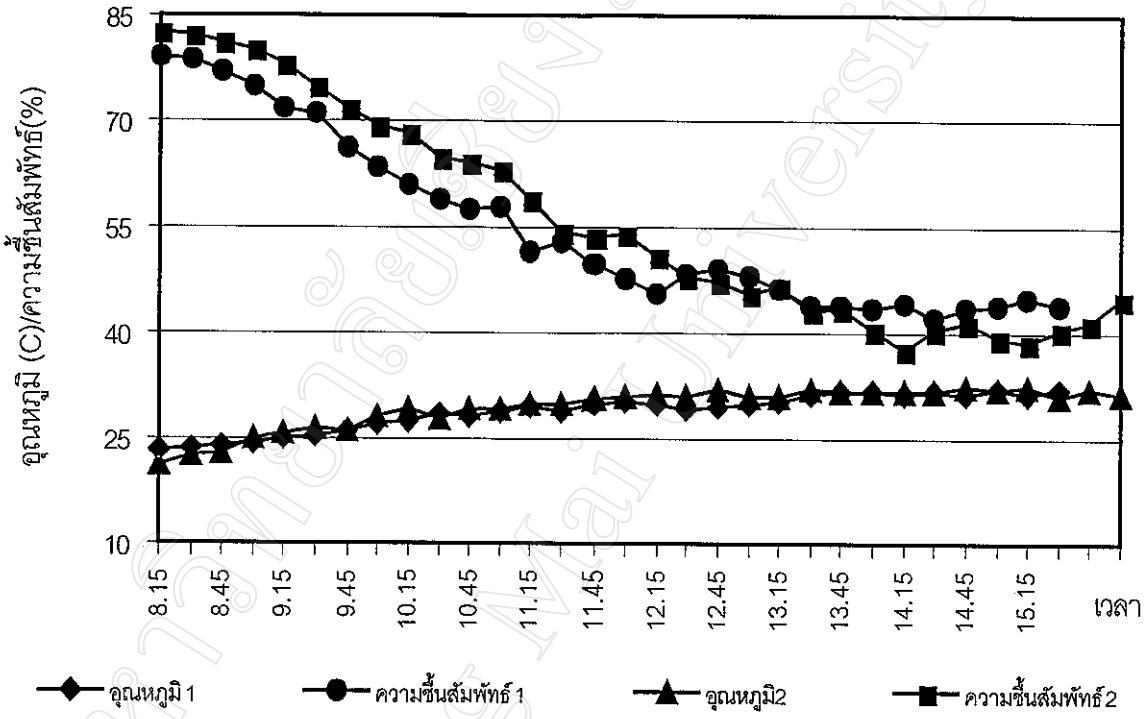
T11 คือ อุณหภูมิของอากาศบริเวณปลายสุดของเครื่องจุดที่3

นอกจากการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆของเครื่องแล้ว ยังทำการวัดปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (วัตต์ต่อตารางเมตร) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกและภายในเครื่องทุกๆ 15 นาทีตลอดการทำแห้ง และควบคุมปริมาณตัวอย่างมะม่วงที่ใช้ในการทำแห้งแต่ละครั้งให้เท่ากัน

ผลการศึกษาสภาวะการทำแห้งของเครื่องระหว่างเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2543 พบว่า แม้จะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการทำแห้งแต่ละครั้งให้เท่ากันและมีค่าคงที่ตลอดการทดลองได้ แต่อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งมีแนวโน้มไม่แตกต่างกันในการทดลองแต่ละครั้งดังภาพที่ 4.29 และ 4.30 โดยอุณหภูมิของอากาศภายนอกจะมีค่าต่ำสุดที่เวลา 8.10 น.และค่อยๆเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเริ่มคงที่ ตั้งแต่เวลา 12.00 น. ถึง 16.00 น. อุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 30 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เมื่อเริ่มต้นที่เวลา 8.10 น. จะมีค่าสูงสุดโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 80 และค่อยๆลดลงจนกระทั่งค่อนข้างคงที่เมื่อเวลา 12.00 น. จนถึงเวลา 16.00 น. สำหรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปที่เวลาต่างๆ เป็นดังภาพ 4.30 พบว่า เมื่อเริ่มต้นที่เวลา 8.40 น. อุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องมีค่าต่ำที่สุด คือ มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 35 องศาเซลเซียส และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าเป็น 60 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 11.00 – 15.10 น. หรือรวมเวลาที่อุณหภูมิมีค่าสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง และมีค่าสูงสุดประมาณ 65 องศาเซลเซียส ระหว่างเวลา 11.40 -13.40 น. และหลังจากเวลา 15.00 น. อุณหภูมิจะเริ่มลดลงอย่างคงที่ จนกระทั่งมีค่าเป็น 40 องศาเซลเซียส ที่เวลา 16.40 น. สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องเมื่อเริ่มต้น จะมีค่าสูงสุดเช่นเดียวกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกและลดลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงสุดคือช่วงเวลา 11.40 – 13.40 น. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 10 หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการทำแห้ง

การที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำจะช่วยให้น้ำระเหยออกจากชิ้นมะม่วงได้เร็วขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำในอากาศมีน้อยและสามารถรับน้ำเพิ่มได้อีกมาก ดังนั้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ น้ำจากตัวอย่างอาหารยิ่งระเหยสู่อากาศได้มากขึ้น การระเหยจะน้อยลงเมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากขึ้น ดังภาพที่ 4.31 แสดงร้อยละของน้ำหนักที่หายไปและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างอากาศภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง พบว่า ระหว่างการทำแห้งความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

ภายในเครื่องมีค่าต่ำกว่าภายนอกมาก แต่หลังจากเวลา 13.40 น. เมื่อปริมาณการแผ่รังสีลดลง มีผลทำให้อุณหภูมิภายในลดลงและขณะเดียวกันความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในก็ค่อยๆเพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและน้ำหนักของมะม่วงก็เริ่มคงที่เช่นกัน



ภาพที่ 4.29 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกก่อนเข้าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2

นอกจากนี้การวัดอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องที่เปลี่ยนแปลงระหว่างเวลาการทำแห้งที่จุดต่างๆ ได้แก่ อากาศก่อนผ่านส่วนสะสมความร้อน (Heat collector) อากาศหลังผ่านส่วนสะสมความร้อน อากาศเหนือตัวอย่างอาหารในอุโมงค์อบแห้ง (Drying area) และอากาศก่อนออกจากเครื่องอบแห้ง ดังแสดงตำแหน่งการวัดทั้ง 11 จุด สามารถเขียนกราฟแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิส่วนต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.32 ซึ่งเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการอบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่อง พบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่ออากาศภายนอกไหลผ่านส่วนสะสมความร้อน อย่างไรก็ตามอุณหภูมิยังเพิ่มขึ้นอีกเมื่ออากาศไหลต่อมาตามความยาวของอุโมงค์อบแห้งผ่านส่วนอบแห้ง (Drying area) ซึ่งมีความยาว

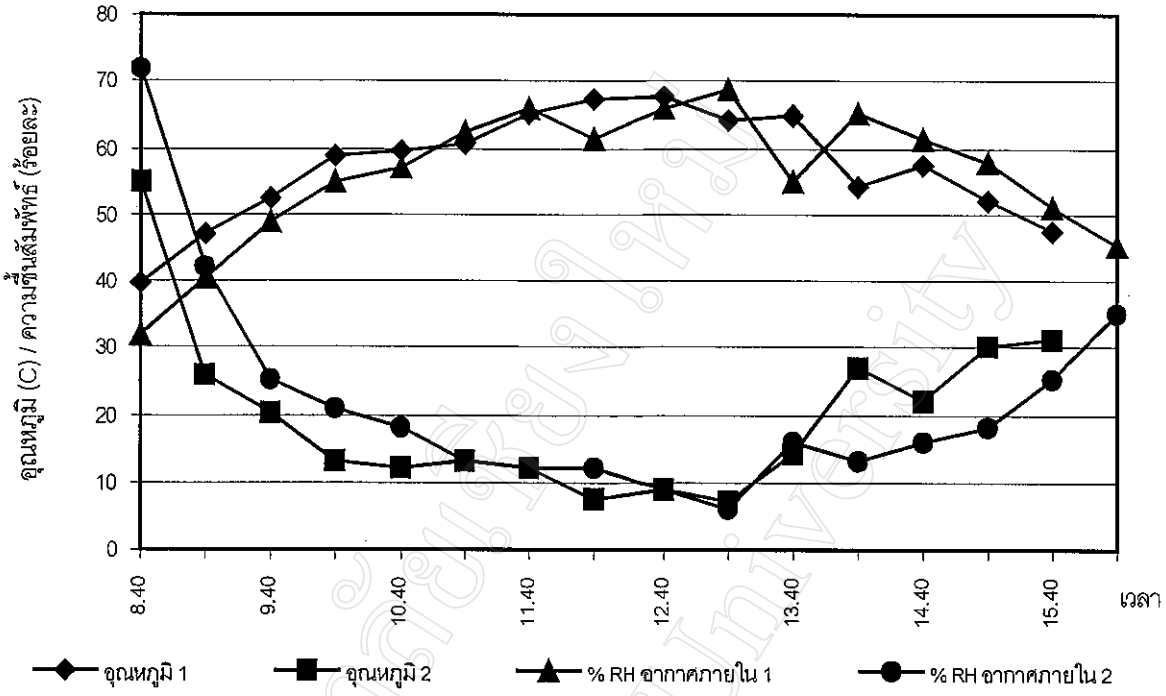
เป็น 3 ใน 4 ส่วนของเครื่อง ดังนั้นอุณหภูมิที่ตำแหน่งนี้จึงมีค่าสูงสุดเพราะการสะสมความร้อนเกิดขึ้นตลอดความยาวของเครื่อง และอุณหภูมิจะลดลงเล็กน้อยที่ส่วนปลายของเครื่องซึ่งที่ตำแหน่งนี้อากาศชื้นจะถูกปล่อยออกจากเครื่อง

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ตำแหน่งของส่วนอบแห้งตามเวลา พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งนี้มีค่ามากกว่า 50 องศาเซลเซียสตั้งแต่เวลา 9.00 – 15.00 น.และเริ่มลดลงหลังจากเวลา 15.00 น. และมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 70 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11.30 – 13.40 น. นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องมีความสัมพันธ์กับปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) โดยได้ทำการวัดด้วยเครื่อง Solarimeter ได้ผลดังภาพที่ 4.33 แสดงว่าปริมาณการแผ่รังสีมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเริ่มต้นที่เวลา 8.15 – 8.45 น. คืออยู่ในช่วง 60-70 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่หลังจากเวลา 9.00 น. ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จะเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่ามากกว่า 400 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งอุณหภูมิช่วงนี้มีค่าเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณการแผ่รังสีจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนมีค่าสูงสุดเป็น 800 วัตต์ต่อตารางเมตร ระหว่างเวลา 11.15 – 13.15 น. หลังจากนั้นปริมาณการแผ่รังสีจะค่อยๆลดลงและมีค่าต่ำกว่า 400 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเวลา 15.45 น.

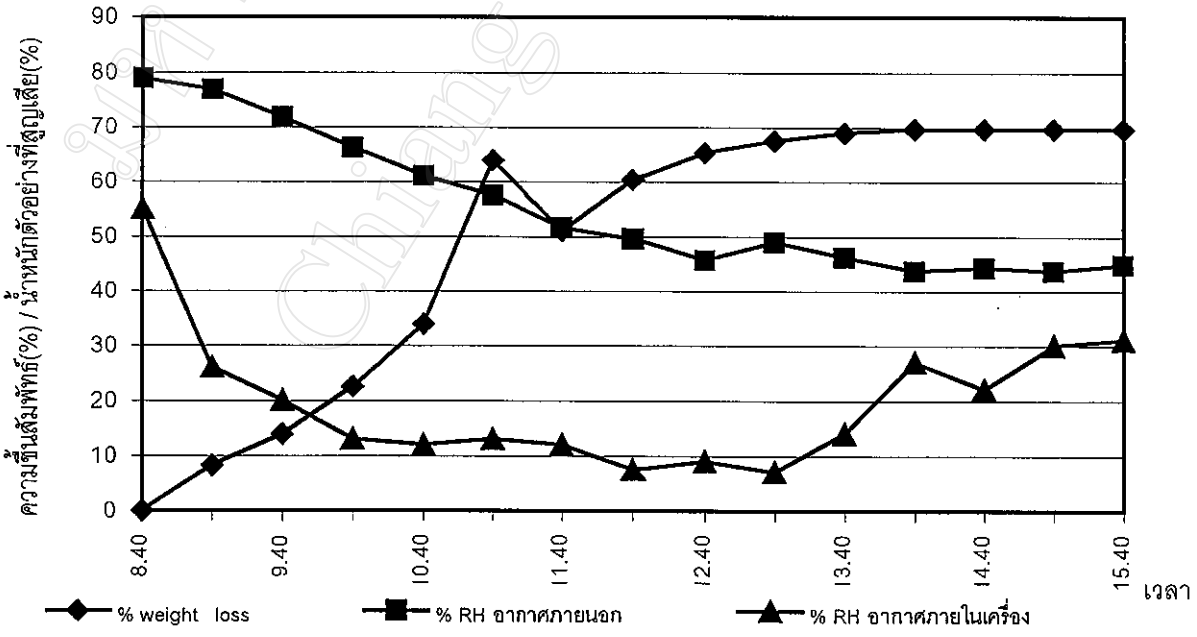
เมื่อสร้างกราฟการทำแห้งของการอบแห้งมะม่วงด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ดังภาพที่ 4.34 พบว่า ลักษณะกราฟคล้ายกับการอบแห้งด้วยเครื่องแห้งแบบสุญญากาศ และเมื่อสร้างสมการถดถอยเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมของการอบแห้ง ได้สมการดังนี้

$$\text{ความชื้น} = 1.35 - 0.0086\,(\text{เวลา}) + 1.1\text{X}10^{-5}\,(\text{เวลา}^2) \qquad R^2 = 0.98$$

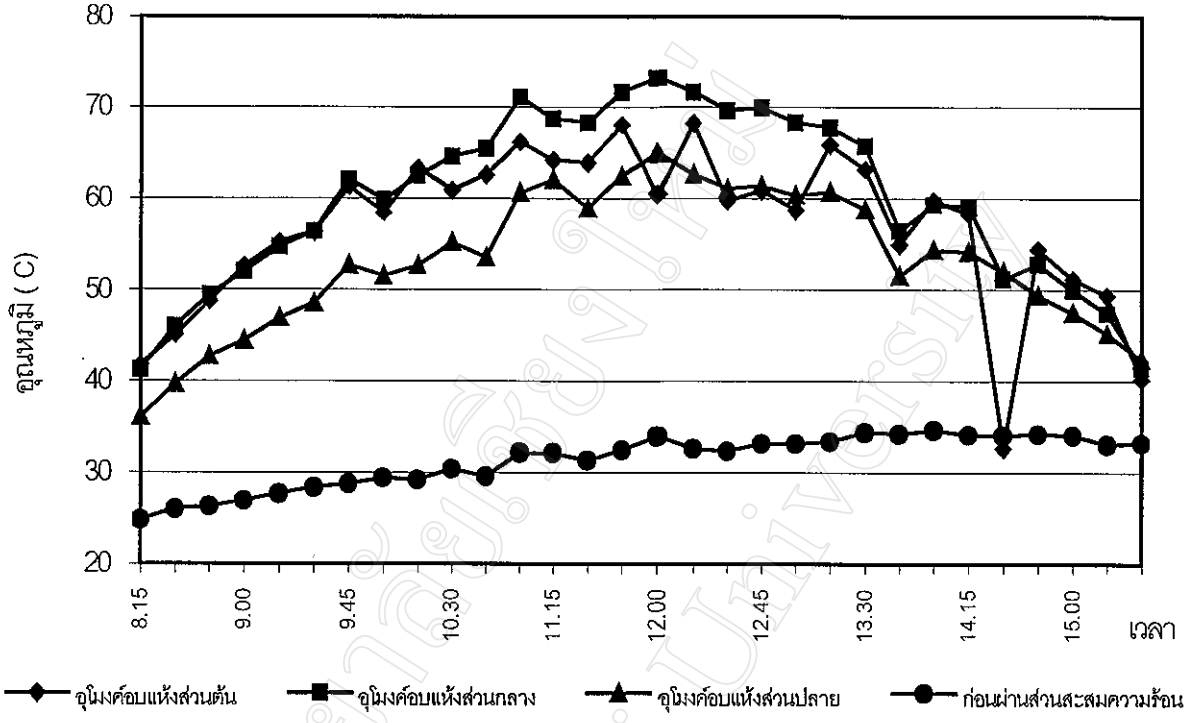
เมื่อกำหนดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีค่าเท่ากับร้อยละ 15 หรือ 0.176 กรัมต่อกรัมของแข็ง ดังนั้นเมื่อหาเวลาการทำแห้งจากสมการข้างต้น พบว่าจะใช้เวลาเท่ากับ 177 นาที หรือ 2.95 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิที่ใช้มีค่าสูงกว่าคือบางช่วงมีค่ามากกว่า 60 องศาเซลเซียส และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนภายในเครื่องมีค่าต่ำมาก



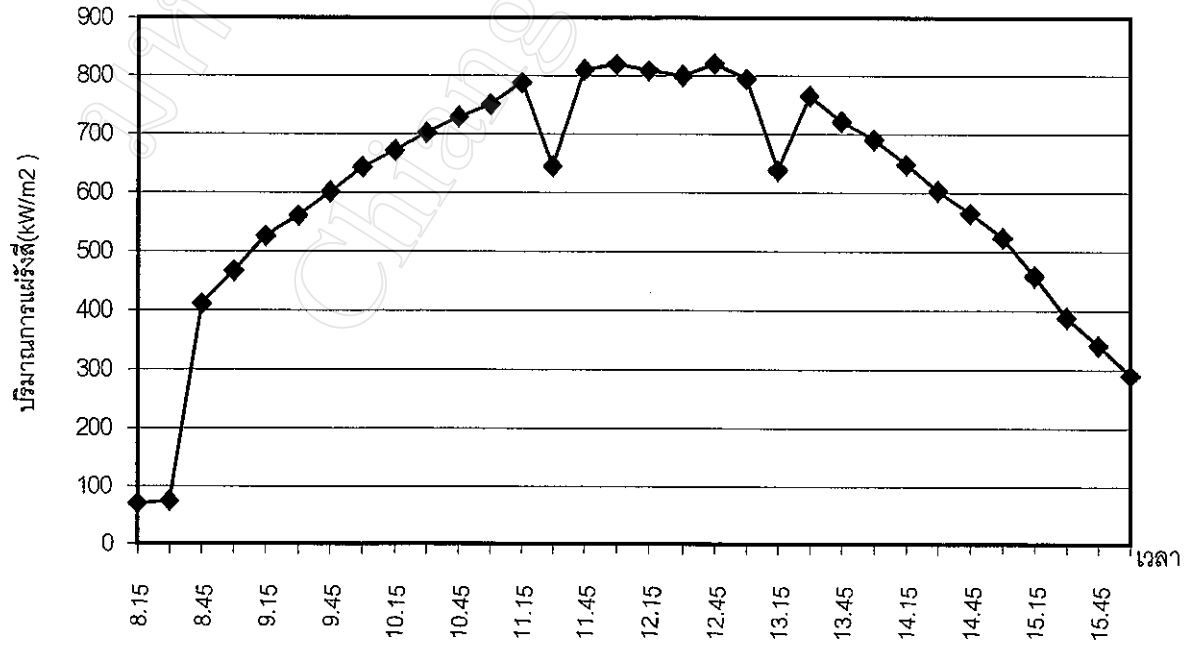
ภาพที่ 4.30 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2



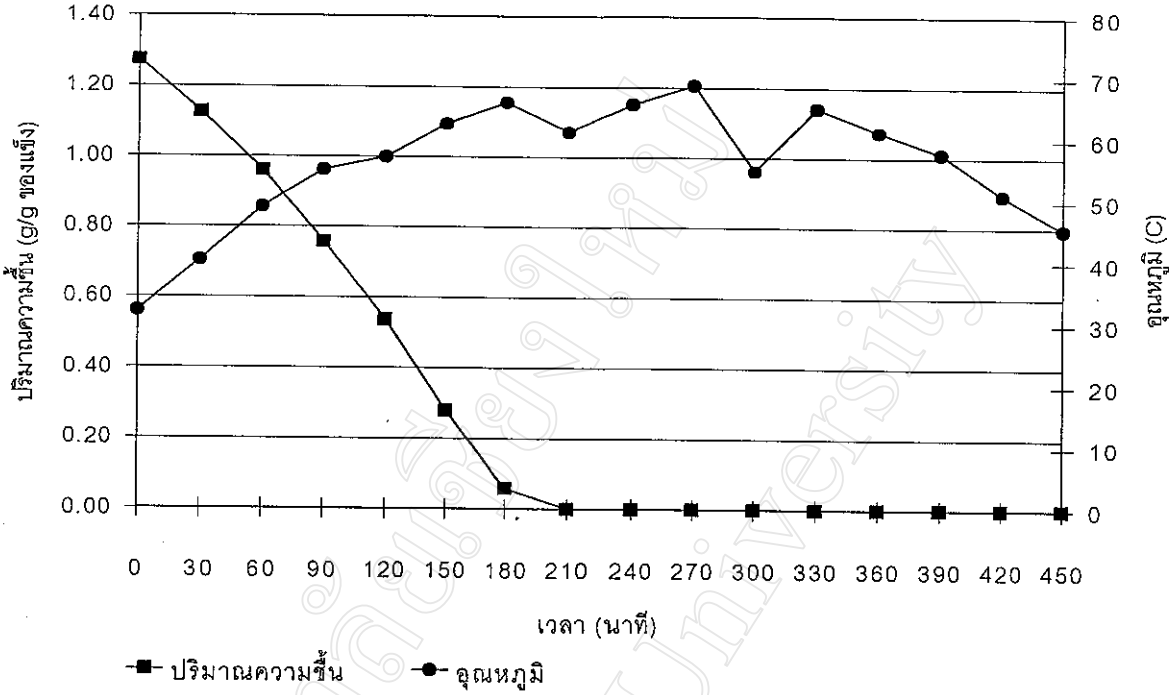
ภาพที่ 4.31 ความชื้นสัมพัทธ์และน้ำหนักที่สูญเสียของตัวอย่างมะม่วงระหว่างการอบแห้ง



ภาพที่ 4.32 อุณหภูมิของอากาศส่วนต่างๆภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ระหว่างกระบวนการทำแห้ง



ภาพที่ 4.34 กราฟการทำแห้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และอุณหภูมิภายในเครื่องที่เวลาต่างๆ

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ พบว่า คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาของมะม่วงอบแห้งดังแสดงในตารางที่ 4.31 โดยที่คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรือมีค่าค่อนข้างใกล้เคียง 1 กล่าวคือ การยอมรับด้านสีเหลืองมีค่าเป็น 1.06 ความแข็งเท่ากับ 1.03 กลิ่นมะม่วงเท่ากับ 0.93 รสหวานเท่ากับ 0.97 รสเค็มเท่ากับ 0.84 รสเปรี้ยวมีค่าเท่ากับ 0.80 และความชอบโดยรวมเท่ากับ 0.72 ส่วนคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L , a และ b มีค่าเท่ากับ 65.57 , 14.76 และ 34.75 ตามลำดับ สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าแรงเฉือน หรือ Shear force มีค่าเท่ากับ 45.85 นิวตัน ส่วนคุณภาพด้านเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 8.93 ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.099 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.03 ปริมาณเกลือมีค่าเป็นร้อยละ 0.67 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่า 258.25 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 4.35 ปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 37.12 และ 48.67 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 35 cfu/g. แต่ไม่พบเชื้อยีสต์และรา

ตารางที่ 4.31 คุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

ค่าวิเคราะห์	
ด้านประสาทสัมผัส	
สีเหลือง	1.06 ± 0.07
ความแข็ง	1.03 ± 0.21
กลิ่นมะม่วง	0.93 ± 0.17
รสหวาน	0.97 ± 0.14
รสเค็ม	0.84 ± 0.24
รสเปรี้ยว	0.80 ± 0.22
ความชอบรวม	0.72 ± 0.14
ด้านกายภาพ	
ค่าสี L	65.57 ± 2.48
ค่าสี a	14.76 ± 2.04
ค่าสี b	34.75 ±0.34
Shear force (นิวตัน)	45.85 ± 8.33
ด้านเคมี	
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	8.93 ± 0.30
ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)	1.03 ± 0.02
น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	37.12 ± 0.39
น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	48.67 ± 0.57
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์	0.099 ± 0.01
ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)	0.67 ± 0.05
ปริมาณกลีเซอรอล (ร้อยละ)	4.35 ± 0.13
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)	258.25 ± 8.80

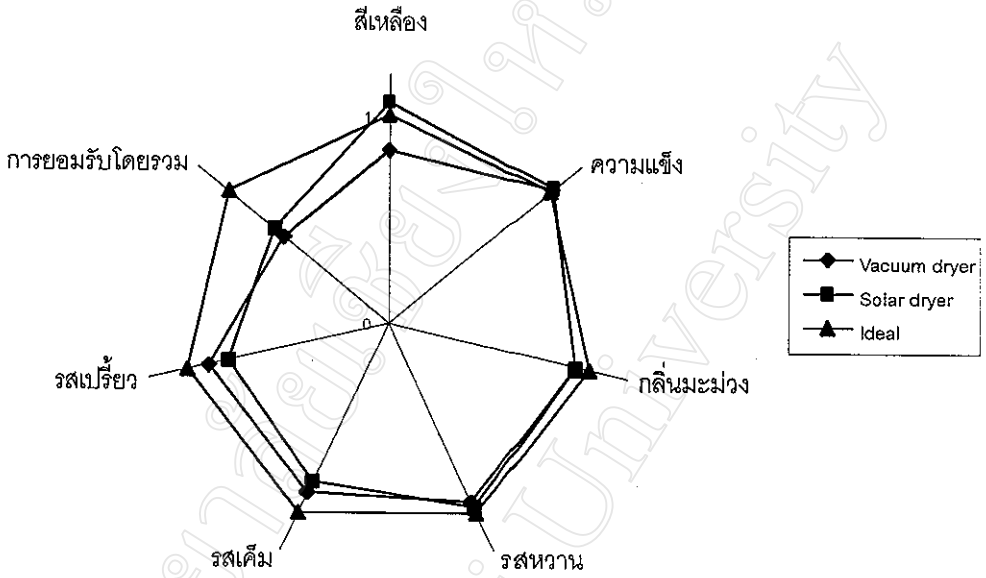
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.31 คุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ (ต่อ)

ค่าวิเคราะห์	
ด้านจุลชีววิทยา	
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	0.00
ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (cfu/g)	35 ± 7.07

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อีกทั้งยังมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ต่ำ และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง พบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ เนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่า นอกเหนือจากการพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของเครื่องแล้ว เมื่อพิจารณาในแง่ของความสิ้นเปลืองพลังงาน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ยังจัดว่าเป็นกระบวนการที่ช่วยประหยัดพลังงานอย่างมาก เพราะใช้รังสีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนและไม่ต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมต่อการอบแห้งมะม่วงมากกว่าเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ



ภาพที่ 4.35 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่ใช้กระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกัน

สรุปสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

จากการทดลองตอนที่ 4.1 ถึง 4.4 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สูตรที่เหมาะสมของสารละลาย

ผลการทดลองตอนที่ 4.1 สามารถสรุปสูตรที่เหมาะสมของสารละลาย เพื่อใช้ในขั้นตอนการเตรียมมะม่วงก่อนการทำแห้ง ได้ดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 สูตรที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมสารละลาย

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
น้ำตาลซูโครส	55
กลีเซอรอล	45
โพแทสเซียมซอร์เบท	0.25
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	0.25
แคลเซียมคลอไรด์	0.15
โซเดียมคลอไรด์	1.50

ปริมาณสารต่างๆคิดเทียบกับน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายและเป็นส่วนประกอบหลักของระบบสารละลาย

2. กระบวนการแช่สารละลายที่เหมาะสม

ใช้มะม่วงที่มีสีเปลือกเป็นสีเหลืองร้อยละ 80 คือความสุกระดับสูง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 15-16 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ต่ำ คิดเป็นร้อยละ 0.69 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 14.30 และมีสัดส่วนของน้ำตาลทั้งหมดต่อกรดเป็น 20.72

ความหนาของชิ้นมะม่วงที่เหมาะสมคือ 0.5 ซม. นำไปแช่ในสารละลายแบบมีการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องจากนั้นนำมากำจัดน้ำตาลส่วนเกินด้วยการล้างผ่านน้ำ ทิ้งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปทำแห้งต่อไป

3. กระบวนการทำแห้งที่เหมาะสม

นำมะม่วงที่ผ่านการเตรียมด้วยการแช่ในสารละลายมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัย Hohenheim ประเทศเยอรมัน ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดีกว่าเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงสรุปว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระบวนการที่เหมาะสม

4.5 ศึกษาผลของชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

ผลของการผลิตมะม่วงแก้วอบแห้งตามสูตรและกระบวนการที่สรุปได้จากการทดลองตอนที่ 4.1 ถึง 4.4 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปศึกษาผลของชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาแสดงดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 ชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

ลำดับสิ่งทดลอง	ชนิดของภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (^{0}C)
1	Oriented Polypropylene	0
2	Oriented Polypropylene	30
3	Oriented Polypropylene	37
4	อลูมิเนียมเปลว	0
5	อลูมิเนียมเปลว	30
6	อลูมิเนียมเปลว	37

บรรจุมะม่วงแก้วอบแห้งในถุง Oriented Polypropylene (OPP) ที่แสงสามารถผ่านได้และถุงอลูมิเนียมเปลวซึ่งเป็นถุงชนิดทึบแสง ในปริมาณ 100 กรัมต่อถุง จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆที่กำหนดดังตารางที่ 4.33 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ แล้วสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อวันเริ่มต้น และช่วงที่มีอายุการเก็บรักษา 2, 4, 8, 16 และ 24 สัปดาห์ รวมเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า คุณภาพเริ่มต้นหรือคุณภาพของมะม่วงแก้วอบแห้งที่ผลิตตามสูตรและกระบวนการที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 4.34 และ 4.35

ตารางที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง โดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
ด้านกายภาพ	
ค่าสี L	70.40±0.82
ค่าสี a	13.15±1.54
ค่าสี b	36.13±0.49
Peak load (นิวตัน)	24.57±0.92
ด้านเคมี	
กรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) (ร้อยละ)	1.00±0.01
ความชื้น (ร้อยละ wet basis)	11.82±1.94
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์	0.092±0.00
กลีเซอรอล (mg/g sample)	36.85±1.73
เกลือ (ร้อยละ)	0.69±0.01
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ (ppm)	164.91±4.41
น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	39.08±0.18
น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	45.48±0.49
ด้านจุลชีววิทยา	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	ต่ำกว่า 30
ยีสต์และรา (cfu/g)	ต่ำกว่า 30

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

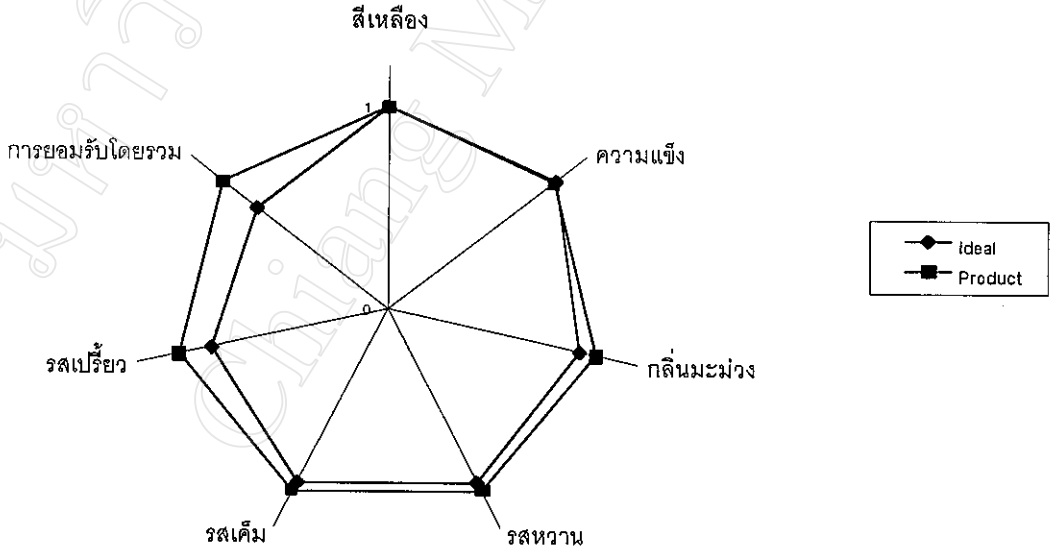
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

ลักษณะ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีเหลือง	1.00±0.03
ความแข็ง	1.01±0.04
กลิ่นมะม่วง	0.92±0.04
รสหวาน	0.96±0.01
รสเค็ม	0.98±0.03
รสเปรี้ยว	0.84±0.05
การยอมรับโดยรวม	0.79±0.00

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำค่าวิเคราะห์ต่างๆข้างต้นมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมดังภาพที่ 4.36



ภาพที่ 4.36 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมะม่วงแก้วอบแห้งที่ผลิตด้วยสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลสรุปการศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่ได้มีปริมาณความชื้นและมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำ อย่างไรก็ตามก็มีโอกาสที่จะเสื่อมเสียได้หากมีการดูดความชื้นจากบรรยากาศกลับเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นภาชนะบรรจุที่ใช้จึงควรมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของอากาศและความชื้นได้ดี นอกจากนี้แสงและอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ต้องการ เช่น ปฏิกิริยาสีน้ำตาล เป็นต้น

การศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางทางประสาทสัมผัส กายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาดังนี้

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงในตารางที่ 4.36 ซึ่งพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene หรือ OPP ดังภาพที่ 4.37 พบว่า ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นเป็น 0.092 และมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาการเก็บรักษา 16 และ 24 สัปดาห์ อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ไม่มีผลทำให้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.38 พบว่าอุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 และ 37 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีค่ามากกว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยที่เวลาการเก็บรักษา 16 และ 24 สัปดาห์ ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีค่าสูงที่สุดและสูงกว่าที่เวลาการเก็บรักษา 4 และ 8 สัปดาห์ และจะมีค่าต่ำที่สุดที่เวลาการเก็บรักษา 0 และ 2 สัปดาห์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.39 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ยังมีค่าที่ต่ำมาก กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.162 และตารางที่ 4.37 แสดงว่าปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP มีค่าค่อนข้างสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงอลูมิเนียมเปลวเล็กน้อยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

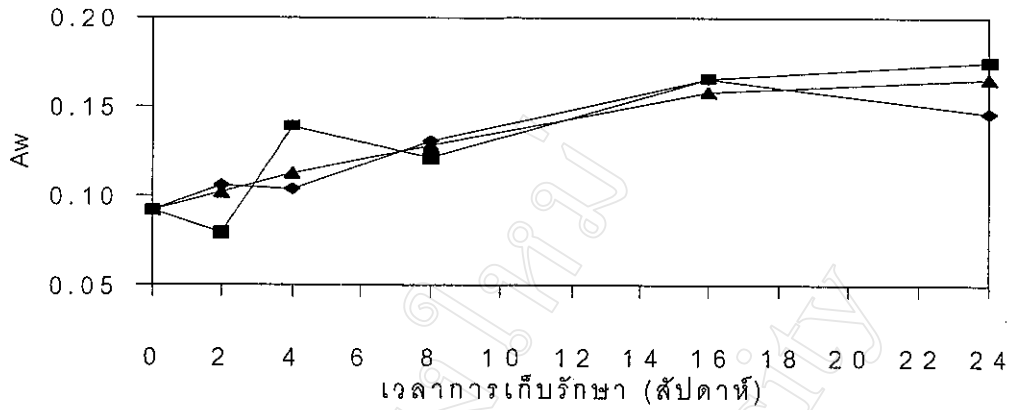
สภาวะการบรรจุ	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย**
<u>ถุงชนิด OPP</u>							
0 °C	0.092 ± 0.012	0.106±0.02	0.104±0.02	0.131±0.02	0.166±0.03	0.146±0.01	**0.124±0.03**
30 °C	0.092 ± 0.012	0.079±0.01	0.139±0.01	0.121±0.01	0.166±0.01	0.175±0.01	**0.129±0.04**
37 °C	0.092 ± 0.012	0.102±0.01	0.113±0.03	0.128±0.01	0.158±0.01	0.166±0.01	**0.126±0.30**
เฉลี่ย	**0.092 ± 0.010^{b*}**	**0.096±0.01^{b}**	**0.118±0.02^{b}**	**0.127±0.10^{b}**	**0.163±0.01^{a}**	**0.162±0.02^{ab}**	
<u>ถุงชนิด Al.foil</u>							
0 °C	0.092 ± 0.012	0.088±0.01	0.135+0.01	0.089±0.01	0.164±0.01	0.137±0.01	**0.118±0.04^{b**}**
30 °C	0.092 ± 0.012	0.089±0.01	0.102+0.01	0.139±0.10	0.164±0.01	0.170±0.03	**0.126±0.03^{a}**
37 °C	0.092 ± 0.012	0.131±0.01	0.122+0.02	0.117±0.01	0.173±0.01	0.161±0.01	**0.133±0.03^{a}**
เฉลี่ย	**0.092 ± 0.010^{c*}**	**0.103±0.03^{c}**	**0.120±0.02^{b}**	**0.115±0.01^{b}**	**0.167±0.01^{a}**	**0.156±0.02^{a}**	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

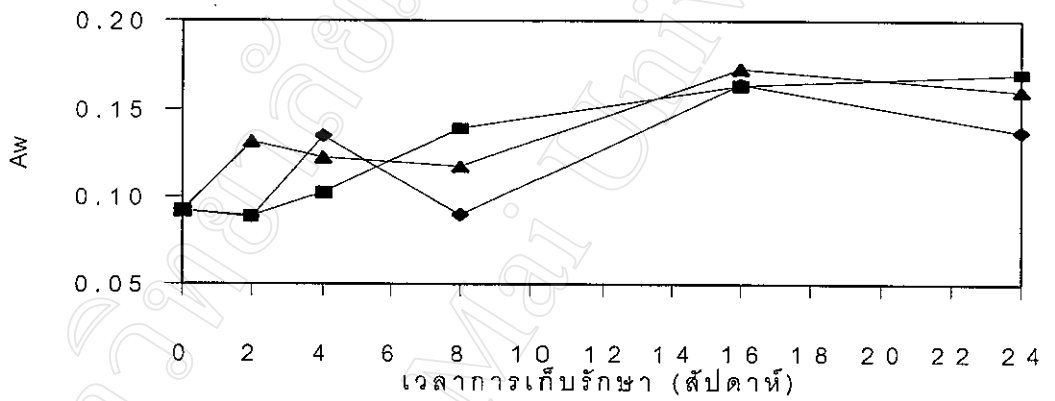
**** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

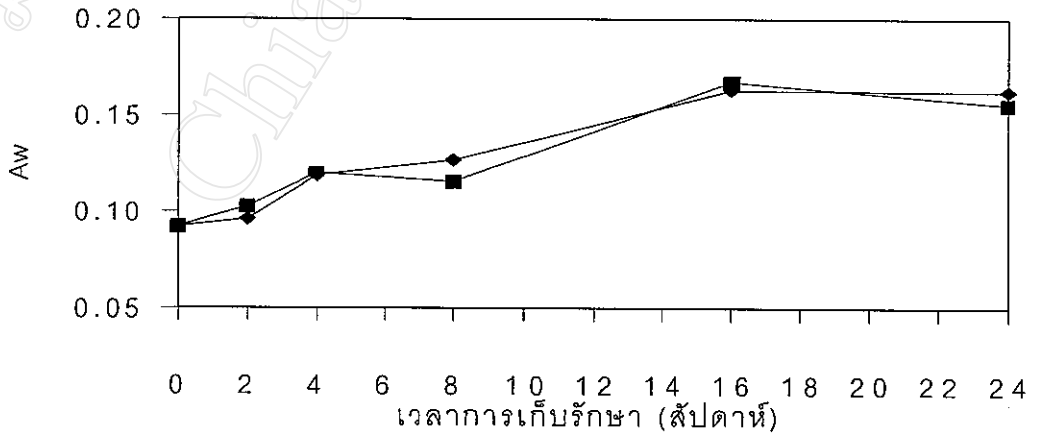
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.37 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.38 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.37 และ 4.38 ***อุณหภูมิ 0 °C*** ***อุณหภูมิ 30 °C*** ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.39 ***บรรจุด้วยถุง OPP*** ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งดังแสดงในตารางที่ 4.37 นั้น จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละความชื้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ กล่าวคือ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน สำหรับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง OPP ดังภาพที่ 4.40 พบว่า มีค่าต่ำสุดในวันเริ่มต้นการเก็บและที่เวลาการเก็บ 2 สัปดาห์ มีค่าเป็นร้อยละ 11.83 และ 8.15 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว ดังแสดงในภาพที่ 4.41 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นกัน โดยที่ค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นและมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเริ่มต้นและเวลาการเก็บรักษาที่ 2 สัปดาห์ การที่ปริมาณความชื้นและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนี้ อาจเป็นไปได้ที่อากาศและความชื้นสามารถซึมผ่านภาชนะบรรจุและเกิดการดูดความชื้นกลับเข้าสู่ผลิตภัณฑ์อีกครั้งเนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำ อย่างไรก็ตามพบว่าค่าร้อยละความชื้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานถึง 6 เดือนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.06 ซึ่งปริมาณไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้อบแห้ง ส่วนอุณหภูมิในการเก็บรักษานั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละความชื้นระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.42 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

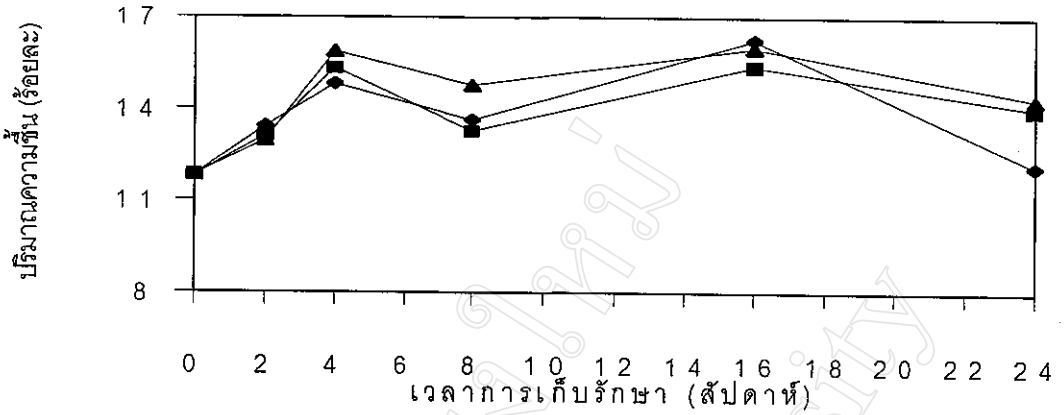
ตารางที่ 4.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

สภาวะการบรรจุ	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
<u>ถุงชนิด OPP</u>							
0 ^{0}C	11.82 ± 1.94	8.40±2.23	14.81±1.70	13.61±1.39	16.24±1.65	12.12±0.31	13.67±1.65
30 ^{0}C	11.82± 1.94	8.10±0.41	15.31±0.11	13.25±0.11	15.40±1.43	13.98±1.54	13.81±1.54
37 ^{0}C	11.82± 1.94	7.96±0.69	15.86±0.16	14.75±0.16	15.97±1.07	14.32±1.83	14.28±1.83
เฉลี่ย	**11.82± 0.01^{bc*}**	**8.15±0.23^{c}**	**15.33±0.53^{a}**	**13.87±0.78^{b}**	**15.87±0.43^{a}**	**13.47±0.98^{b}**	
<u>ถุงชนิด Al.foil</u>							
0 ^{0}C	11.82± 1.94	11.97±0.75	16.63+1.04	12.68±1.76	15.66±1.17	13.64±1.40	14.56±2.35
30 ^{0}C	11.82± 1.94	8.20±1.08	16.80+3.93	15.04±2.43	16.45±0.69	14.87±1.49	14.70±2.13
37 ^{0}C	11.82±1.94	10.52±0.45	15.32+0.35	13.10±0.60	15.83±0.59	13.66±0.21	14.21±1.77
เฉลี่ย	**11.82±0.01^{bc*}**	**10.23±1.90^{c}**	**16.25±0.81^{a}**	**13.60±1.26^{b}**	**15.98±0.41^{a}**	**14.05±0.55^{b}**	

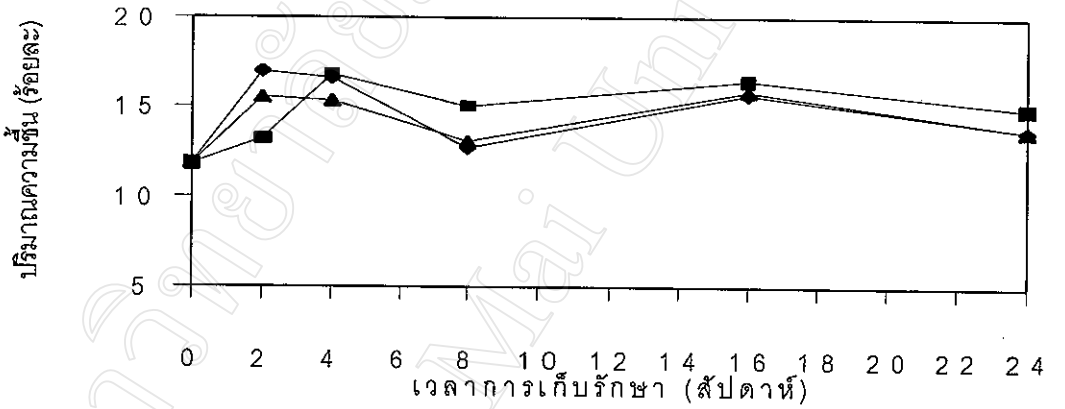
*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

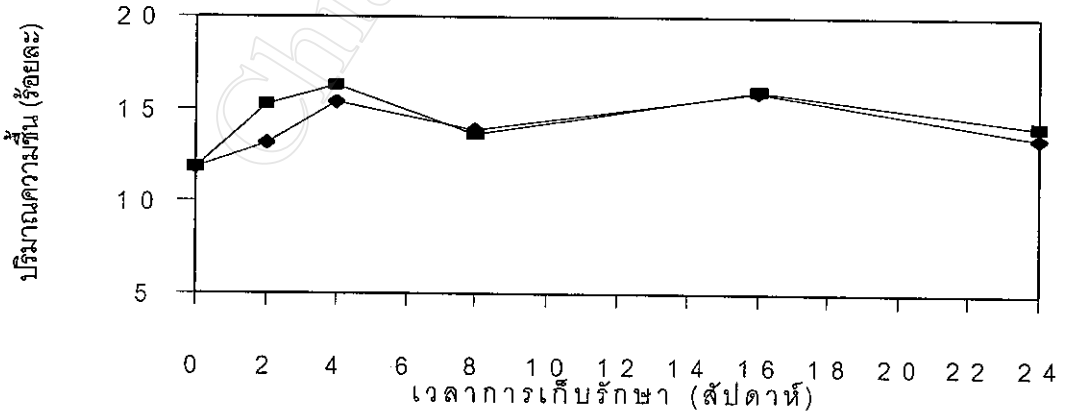
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.40 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชื้นระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.41 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชื้นระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชื้นระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.40 และ 4.41 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.42 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.38 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.43 พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือ ค่าสี L จะมีค่าสูงหรือมีความสว่างมากเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 30 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเป็น 68.71 และ 67.43 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสพบว่า ค่าสี L มีค่าต่ำกว่า คือ มีค่าเท่ากับ 64.38 และเมื่อพิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าสี L จะลดลงมีค่าต่ำสุดเมื่อเวลาการเก็บรักษาเป็น 16 และ 24 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลวดังแสดงในภาพที่ 4.44 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสี L จะมีค่าลดลงเช่นเดียวกับเมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ด้วยถุง OPP ทั้งนี้การที่ค่าสี L มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ก็อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องโดยมีความชื้นและออกซิเจนที่สามารถซึมผ่านภาชนะบรรจุเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับผลของปริมาณความชื้นที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี L ระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.45 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L หรือความสว่างของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

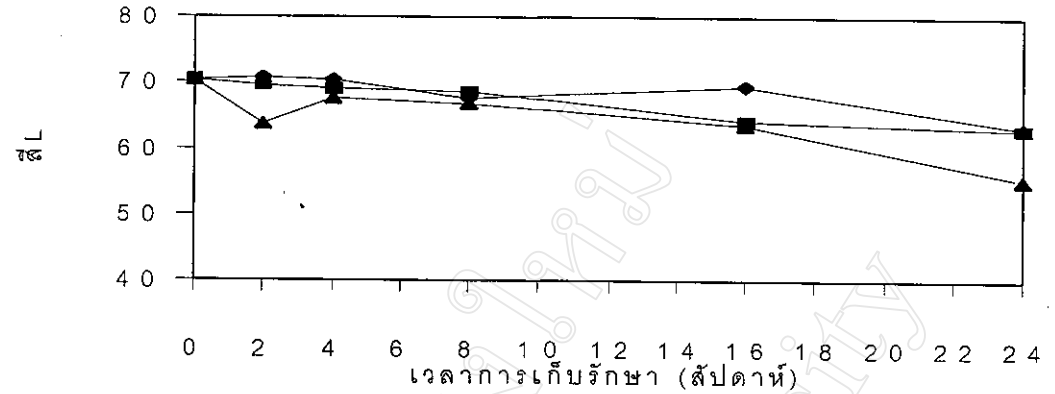
สภาวะการบรรจุ	ค่าสี L						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	**เฉลี่ย**
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	70.40 ± 0.82	70.65±0.23	70.32±0.73	67.61±1.07	69.32±1.40	63.25±1.16	**68.51±2.85^{a**}**
30 ^{0}C	70.40± 0.82	69.59±1.94	69.05±1.36	68.57±3.31	64.11±2.22	62.88±2.09	**67.43±3.13^{a}**
37 ^{0}C	70.40± 0.82	63.67±1.04	67.53±4.08	66.75±1.81	63.50±0.44	55.21±3.17	**64.51±5.24^{b}**
เฉลี่ย	**70.40± 0.01^{a*}**	**67.97±3.76^{ab}**	**68.97±1.40^{ab}**	**67.64±0.91^{ab}**	**65.64±3.20^{b}**	**60.45±4.54^{c}**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	70.40± 0.82	69.88±0.33	71.13±0.41	67.31±1.52	65.84±3.20	66.80±1.59	**68.56±2.18^{a**}**
30 ^{0}C	70.40± 0.82	66.57±1.69	69.51±2.18	65.92±2.10	65.24±0.88	60.76±0.54	**66.40±3.44^{b}**
37 ^{0}C	70.40 ±0.82	70.49±0.14	63.94±2.51	62.75±0.46	64.69±1.28	60.12±3.76	**65.40±4.21^{b}**
เฉลี่ย	**70.40 ± 0.01^{a*}**	**68.98±2.11^{a}**	**68.19±3.7^{a}**	**65.32±2.34^{b}**	**65.26±0.58^{b}**	**62.56±3.69^{c}**	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

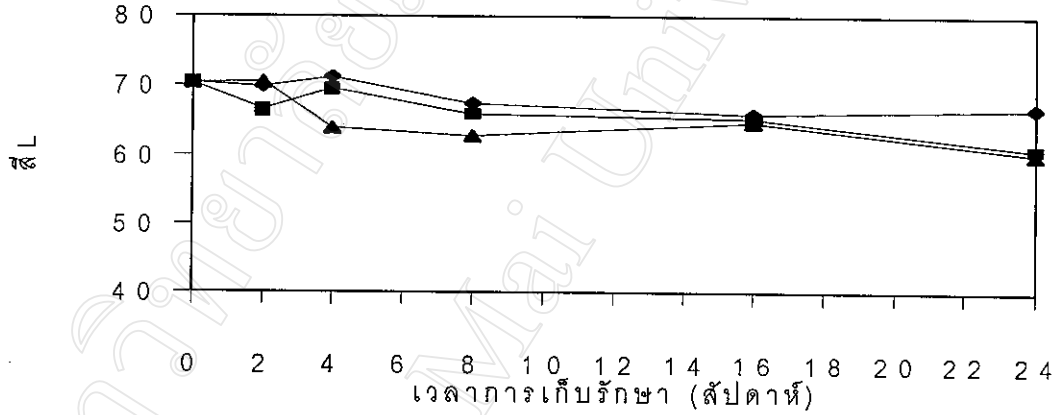
**** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

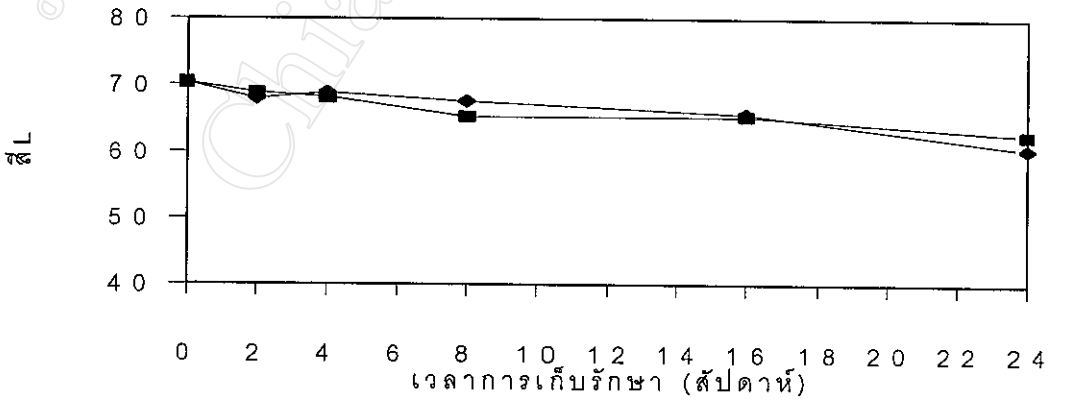
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.43 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.44 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.45 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.43 และ 4.44 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.45 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.49 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.46 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสี a มีค่าสูงสุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 4 สัปดาห์และต่ำลงเมื่อเวลาเริ่มต้น 2 และ 8 สัปดาห์ และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 24 สัปดาห์

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลวดังภาพที่ 4.47 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นกัน โดยมีค่าสูงสุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ และลดลงที่เวลาเริ่มต้น 2 และ 8 สัปดาห์ ส่วนที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 16 และ 24 สัปดาห์ ค่าสี a จะมีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้สี a ของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสุดเมื่อเวลาการเก็บรักษาเป็น 4 สัปดาห์ ซึ่งอาจมีผลมาจากสีของวัตถุดิบที่มีสีแดงมากกว่าที่ระยะเวลาอื่นๆของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสี a มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a ระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.48 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a หรือสีแดงของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

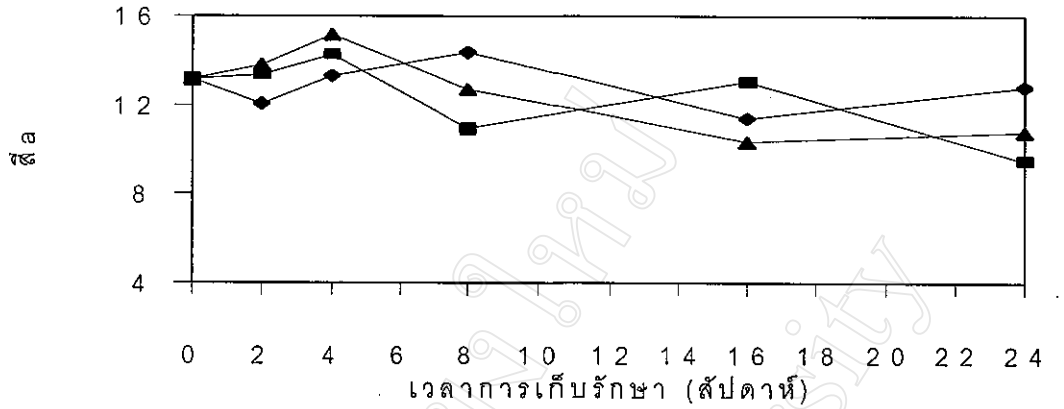
สภาวะการบรรจุ	ค่าสี a						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	13.51±1.54	12.02±0.23	13.28±0.28	14.36±0.55	11.37±0.73	12.77±1.12	**12.82±1.04**
30 ^{0}C	13.51± 1.54	13.34±1.94	14.24±0.68	10.93±0.41	13.04±1.26	9.48±0.17	**12.36±1.78**
37 ^{0}C	13.51± 1.54	13.78±1.04	15.13±1.98	12.70±1.36	10.32±1.14	10.79±0.16	**12.64±1.82**
เฉลี่ย	**13.51±0.01^{ab*}**	**13.05±0.91^{ab}**	**14.21±0.93^{a}**	**12.66±1.72^{bc}**	**11.58±1.37^{cd}**	**11.01±1.65^{d}**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	13.51± 1.54	12.25±0.33	13.06±0.36	12.47±0.08	12.65±0.44	12.69±0.63	**12.71±0.34**
30 ^{0}C	13.51± 1.54	12.59±1.69	14.37±0.33	14.15±1.39	10.53±0.27	11.25±0.40	**12.67±1.55**
37 ^{0}C	13.51±1.54	13.09±0.14	16.01±1.52	13.62±1.44	8.52±0.36	8.42±0.05	**12.14±3.03**
เฉลี่ย	**13.51±0.01^{b*}**	**12.65±0.42^{b}**	**14.48±1.48^{a}**	**13.42±0.86^{b}**	**10.56±2.06^{c}**	**10.79±2.17^{c}**	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

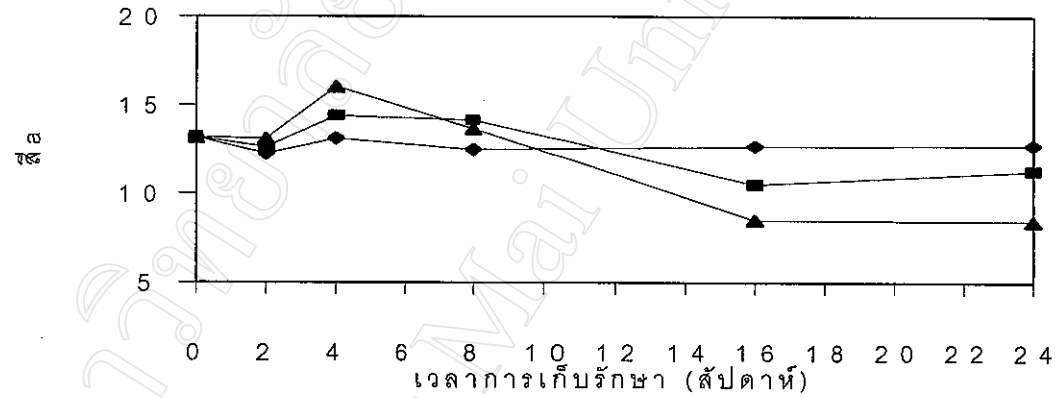
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

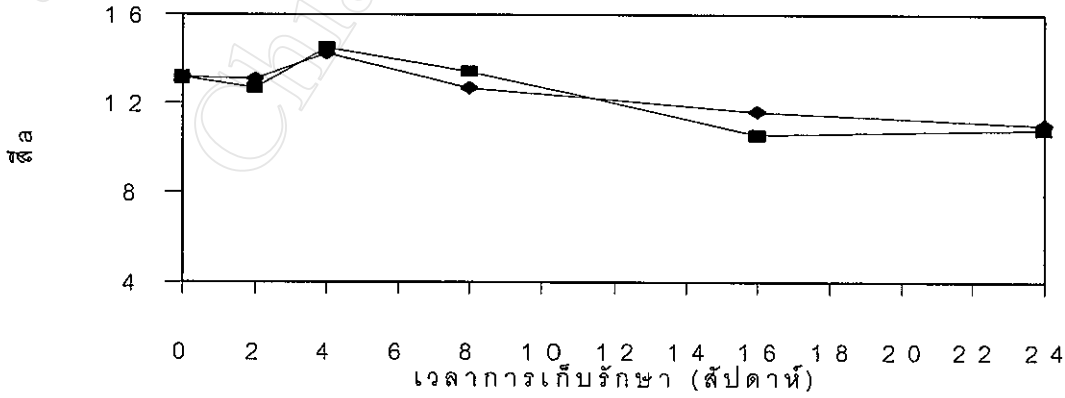
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ 4.46 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.47 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.48 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.46 และ 4.47 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.48 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b หรือสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.40 โดยพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.49 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเท่ากับ 0 และ 30 องศาเซลเซียสจะทำให้ค่าสี b มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าสีเหลืองลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น ส่วนผลของเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าสี b จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นและลดลงตามลำดับจนกระทั่งมีค่าต่ำสุดเมื่ออายุการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ผลการพิจารณาผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลวดังภาพที่ 4.50 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b เช่นกัน โดยเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่าสี b มีค่าต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b นั้น พบว่า ค่าสี b ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

จะเห็นได้ว่าผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสี b มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าสี L กล่าวคือ ค่าเหล่านั้นลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นเหมือนกัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลซึ่งทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปโดยมีค่าสี L และ b ลดลงเมื่อสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี b ระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.51 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.40 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b หรือสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

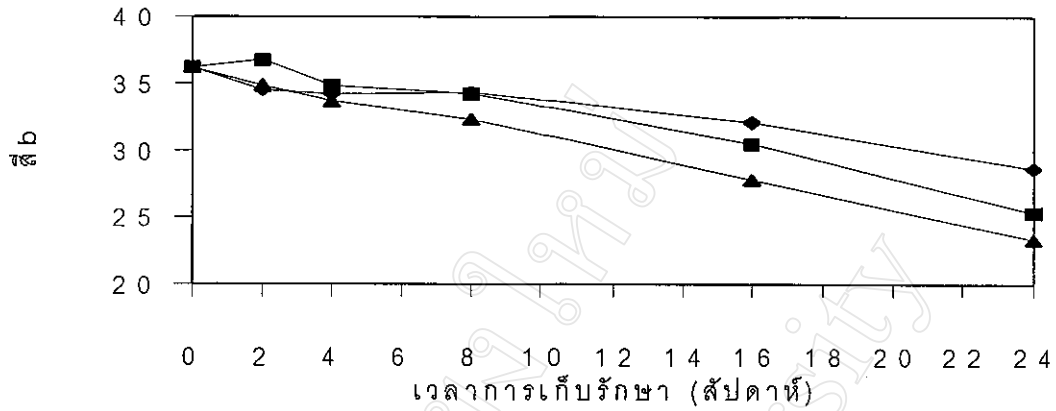
สภาวะการบรรจุ	ค่าสี b						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	36.13 ±0.49	34.47±0.21	34.16±0.43	34.33±0.81	32.08±0.01	28.64±1.45	33.33±2.62^{a**}
30 ^{0}C	36.13± 0.49	36.71±1.09	34.85±0.57	34.26±1.43	30.49±0.35	25.32±0.01	32.96±4.33^{a}
37 ^{0}C	36.13± 0.49	34.78±0.21	33.67±0.68	35.30±0.89	27.79±1.61	23.33±0.56	31.33±4.86^{b}
เฉลี่ย	**36.13± 0.01^{a*}**	**35.32±1.21^{a}**	**34.23±0.59^{b}**	**34.63±1.15^{b}**	**30.12±2.17^{c}**	**25.76±2.69^{d}**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	36.13± 0.49	34.95±0.35	34.33±0.73	33.12±0.25	31.40±0.52	32.73±0.43	33.78±1.69^{a**}
30 ^{0}C	36.13± 0.49	33.55±0.07	34.75±1.25	31.96±0.60	28.54±1.60	27.45±0.06	32.06±3.46^{b}
37 ^{0}C	36.13 ±0.49	35.07±0.32	33.86±0.24	31.07±0.67	26.21±0.38	27.43±1.01	31.05±5.02^{c}
เฉลี่ย	**36.13 ± 0.01^{a*}**	**34.52±0.85^{a}**	**34.31±0.44^{b}**	**32.05±1.03^{b}**	**28.85±2.41^{c}**	**27.90±4.61^{d}**	

* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

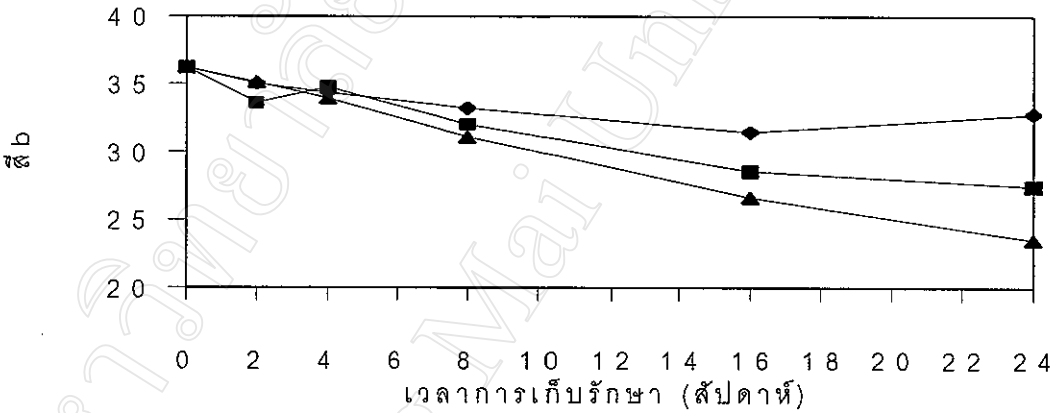
** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

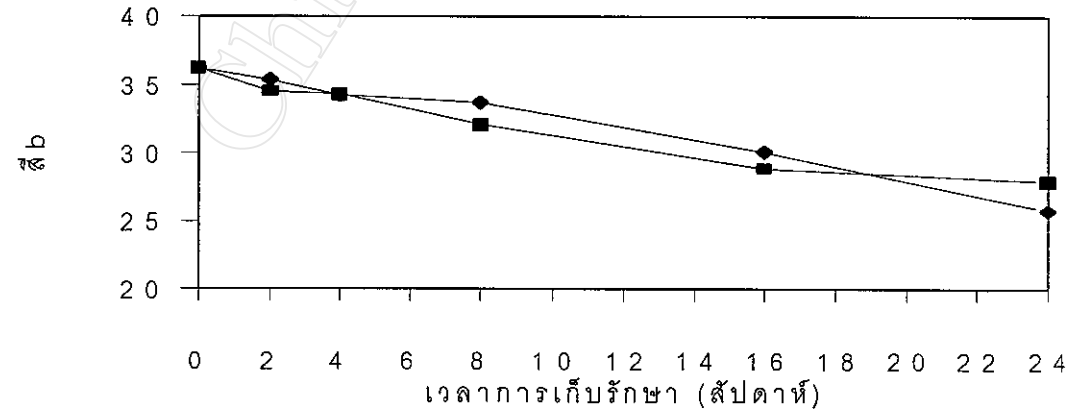
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.49 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.50 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.51 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.49 และ 4.50 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 °C***

ภาพที่ 4.51 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.41 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 4.52 และ 4.53

สำหรับชนิดของภาชนะบรรจุต่อปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก) ดังภาพที่ 4.54 พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซิริกที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน

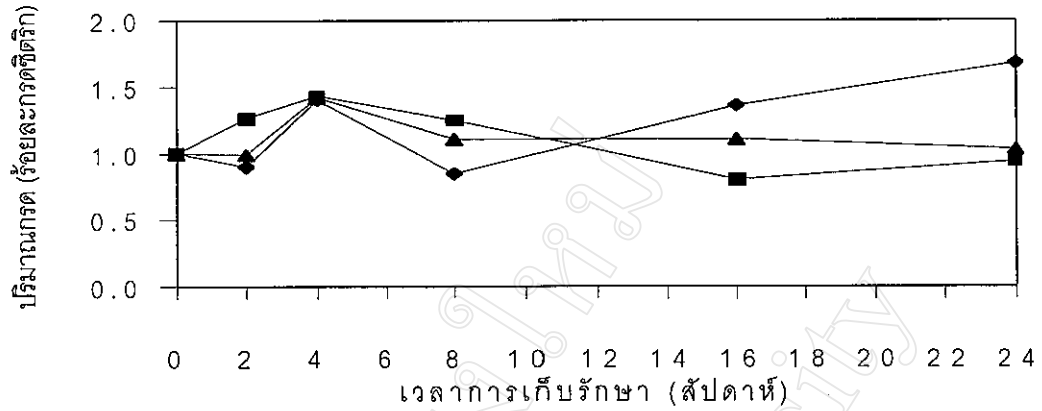
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

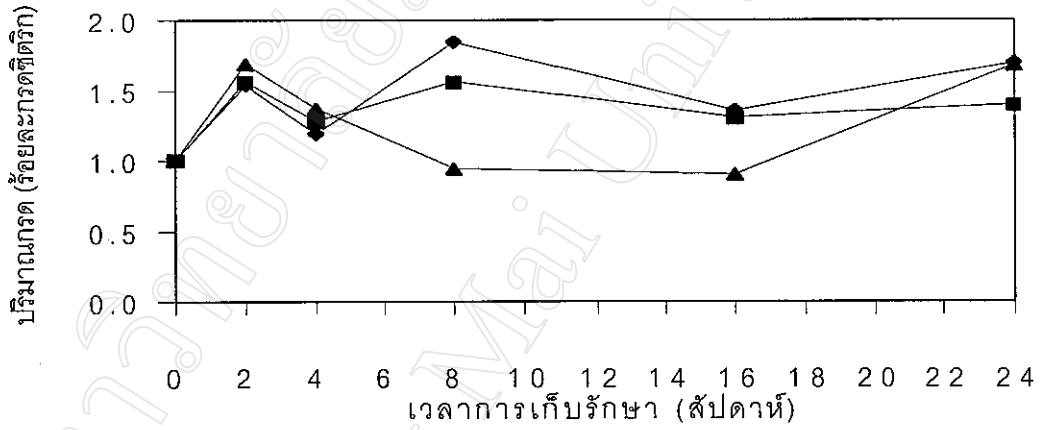
สภาวะการบรรจุ	ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปร้อยละกรดซิตริก)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 °C	1.00 ±0.01	0.89±0.02	1.40±0.23	0.84±0.10	1.35±0.51	1.68±0.80	1.19±0.33
30 °C	1.00± 0.01	1.27±0.31	1.43±0.75	1.24±0.34	0.80±0.07	0.93±0.03	1.11±0.24
37 °C	1.00± 0.01	0.99±0.49	1.41±0.58	1.11±0.08	1.11±0.28	1.03±0.20	1.11±0.16
เฉลี่ย	**1.00± 0.01**	**1.05±0.19**	**1.41±0.02**	**1.06±0.02**	**1.09±0.28**	**1.21±0.40**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 °C	1.00± 0.01	1.54±1.16	1.19±0.29	1.84±0.30	1.36±0.05	1.69±0.74	1.44±0.32
30 °C	1.00± 0.01	1.56±0.13	1.28±0.20	1.56±0.30	1.31±0.45	1.40±0.59	1.35±0.21
37 °C	1.00±0.01	1.69±0.38	1.37±0.47	0.95±0.05	0.90±0.28	1.68±0.03	1.26±0.36
เฉลี่ย	**1.00 ± 0.01**	**1.60±0.08**	**1.28±0.09**	**1.45±0.46**	**1.19±0.25**	**1.59±0.16**	

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

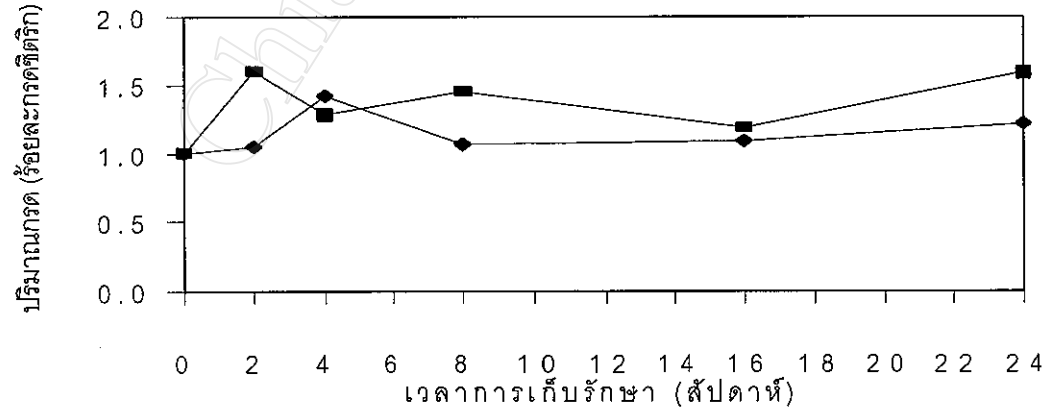
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.52 การเปลี่ยนแปลงปริมากรดซิตริกระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.53 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซิตริกระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.54 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซิตริกระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วย ถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.52 และ 4.53 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.54 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกลีเซอรอลของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกลีเซอรอลของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.42 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.55 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณกลีเซอรอลมีค่าสูงสุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 4 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.75 มิลลิกรัมต่อกรัมอาหาร และต่ำที่สุดเมื่อเวลาเท่ากับ 16 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.90 มิลลิกรัมต่อกรัมอาหาร

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.56 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณกลีเซอรอลมีค่าสูงสุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 4 สัปดาห์ และต่ำที่สุดเมื่อเวลาเท่ากับ 16 สัปดาห์ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง OPP ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณกลีเซอรออลที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากการแทรกซึมกลีเซอรอลแตกต่างกันในขั้นตอนการแช่สารละลาย จึงทำให้ค่าที่ได้แตกต่างกันไปบ้างในตัวอย่างที่ทำการสุ่มมาในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษา และหากไม่พิจารณาค่าต่ำสุดและสูงสุดแล้วจะพบว่าปริมาณกลีเซอรอลมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP มีปริมาณกลีเซอรอลอยู่ในช่วง 35.00-36.85 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลวมีค่าอยู่ระหว่าง 36.25-37.43 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ที่ทำการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.57 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกลีเซอรอลของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

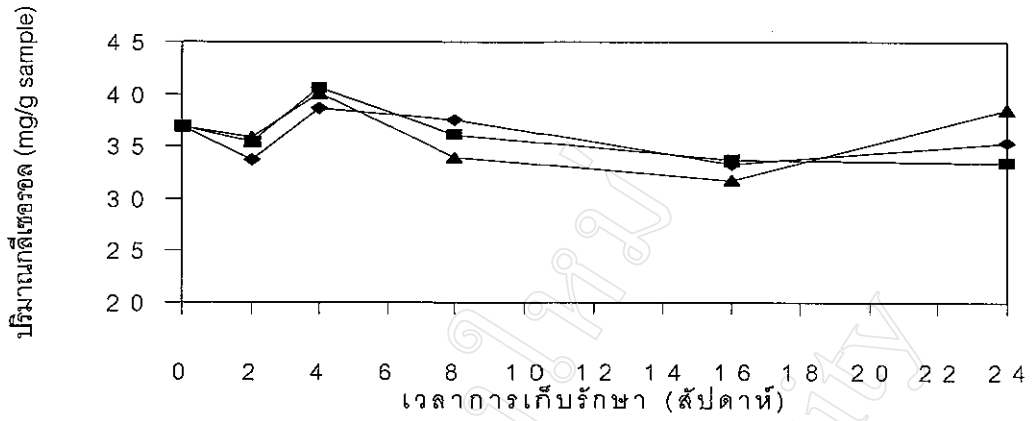
สภาวะการบรรจุ	ปริมาณกลีเซอรอล (มิลลิกรัมต่อกรัมอาหาร)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	36.85±1.73	33.73±8.24	38.66±0.47	37.49±0.83	33.23±3.50	35.31±2.82	35.88±2.15
30 ^{0}C	36.85±1.73	35.42±0.65	40.56±0.81	36.07±0.22	33.69±2.93	33.33±0.02	35.99±2.62
37 ^{0}C	36.85±1.73	35.88±1.74	40.03±2.01	33.85±2.93	31.78±0.22	38.47±2.53	36.14±3.01
เฉลี่ย	36.85±0.01^{ab*}	35.01±1.13^{bc}	39.75±0.98^{a}	35.80±1.83^{bc}	32.90±1.00^{d}	35.70±2.60^{bc}	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	36.85±1.73	34.54±0.59	40.22±2.39	36.59±3.45	31.78±0.65	36.30±4.66	36.04±2.79
30 ^{0}C	36.85±1.73	36.65±0.22	40.26±2.23	39.15±1.08	34.23±3.69	38.38±1.73	37.58±2.14
37 ^{0}C	36.85±1.73	37.57±0.65	40.20±0.84	37.84±0.33	37.30±2.39	37.60±1.96	37.89±1.18
เฉลี่ย	36.85±0.01^{cd*}	36.25±1.55^{cd}	40.22±0.03^{a}	37.86±1.28^{ab}	34.44±2.77^{d}	37.43±1.05^{b}	

* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

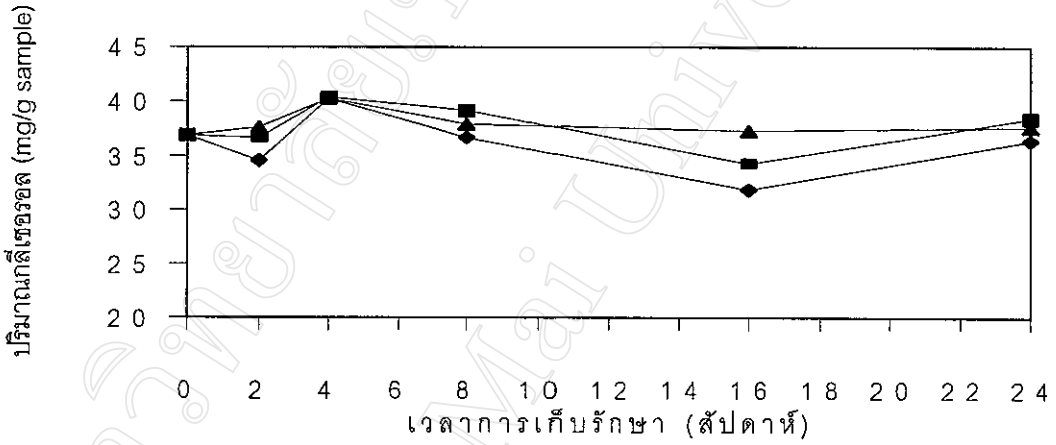
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

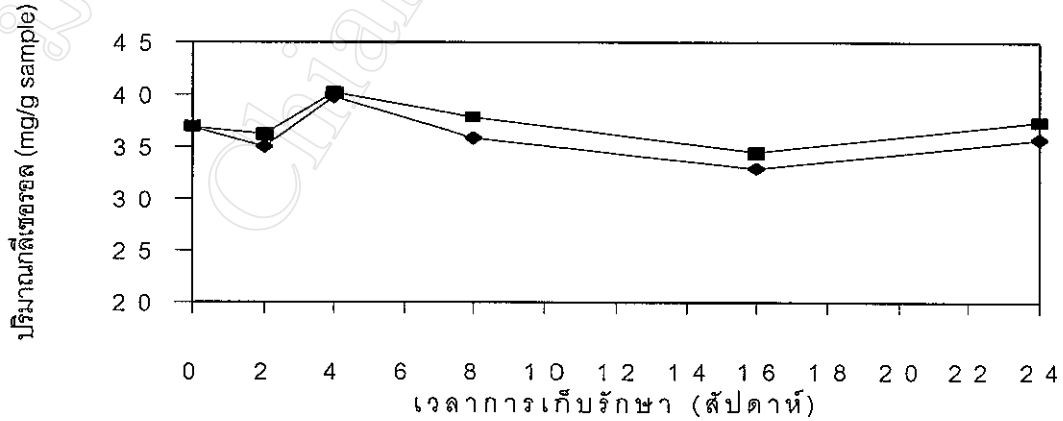
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.55 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.56 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.57 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.55 และ 4.56 ***อุณหภูมิ 0 °C*** ***อุณหภูมิ 30 °C*** ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4. 57 ***บรรจุด้วยถุง OPP*** ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.43 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP และอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.58 และ 4.59 ตามลำดับ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน คือ ที่ระยะเวลา 2 และ 16 สัปดาห์ ปริมาณเกลือมีค่าสูงที่สุดและมีค่าต่ำที่สุดที่เวลา 8 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม เช่นเดียวกับผลของปริมาณกลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษานี้ อาจเกิดจากการแทรกซึมของเกลือระหว่างกระบวนการแปรรูป ซึ่งปริมาณเกลือที่วิเคราะห์ที่ระยะเวลาต่างๆมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.44

เมื่อเปรียบเทียบผลของชนิดของภาชนะบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือ แสดงดังภาพที่ 4.60 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 4.43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

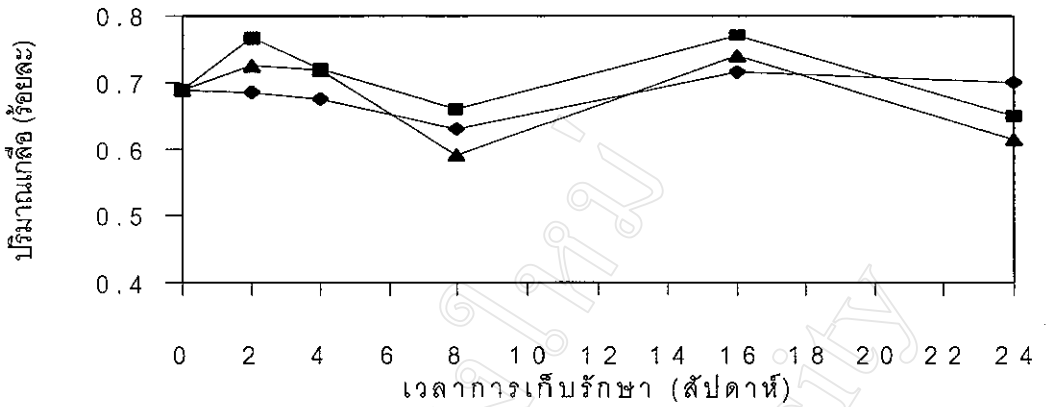
สภาวะการบรรจุ	ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
<u>ถุงซนิด OPP</u>							
0 ^{o}C	0.69±0.01	0.69±0.01	0.68±0.01	0.63±0.01	0.72±0.10	0.70±0.08	0.68±0.03
30 ^{o}C	0.69±0.01	0.77±0.01	0.72±0.01	0.66±0.03	0.77±0.17	0.65±0.01	0.71±0.05
37 ^{o}C	0.69±0.01	0.73±0.01	0.72±0.05	0.59±0.01	0.74±0.01	0.62±0.01	0.68±0.06
เฉลี่ย	**0.69±0.01^{abc*}**	**0.73±0.04^{a}**	**0.70±0.03^{ab}**	**0.63±0.04^{c}**	**0.74±0.03^{a}**	**0.66±0.04^{bc}**	
<u>ถุงซนิด Al.foil</u>							
0 ^{o}C	0.69±0.01	0.69±0.01	0.68±0.02	0.58±0.01	0.72±0.70	0.74±0.04	0.68±0.06
30 ^{o}C	0.69±0.01	0.73±0.01	0.67±0.02	0.63±0.03	0.75±0.70	0.62±0.03	0.68±0.05
37 ^{o}C	0.69±0.01	0.74±0.04	0.74±0.04	0.63±0.02	0.73±0.16	0.63±0.01	0.69±0.05
เฉลี่ย	**0.69±0.01^{ab*}**	**0.72±0.03^{ab}**	**0.69±0.04^{ab}**	**0.61±0.03^{c}**	**0.73±0.02^{a}**	**0.66±0.07^{bc}**	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

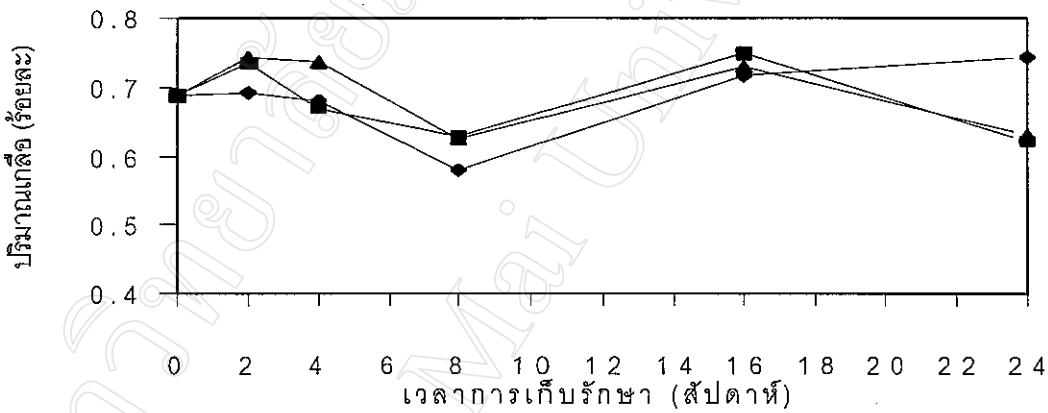
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

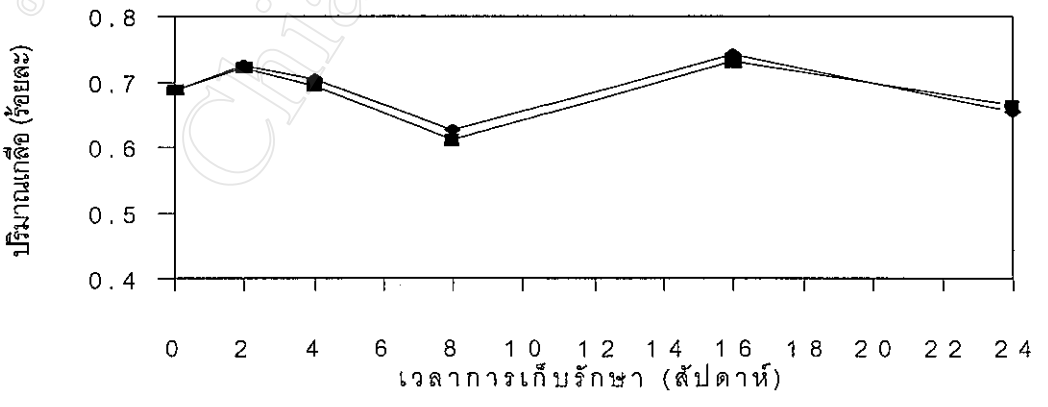
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ 4.58 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.59 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.60 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.58 และ 4.59 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.60 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.44 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.61 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยพบว่าที่เวลา 8 สัปดาห์ ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีค่าสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 42.60 และต่ำที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 24 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าเป็นร้อยละ 34.32 ส่วนที่ระยะเวลาการเก็บรักษาอื่นๆมีค่าปานกลางและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิ พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น ซึ่งปริมาณสูงสุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.62 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เช่นเดียวกัน โดยที่เวลาเริ่มต้น 4 และ 8 สัปดาห์ ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีค่าสูงที่สุด คือมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 39.08-40.42 และต่ำที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 24 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าเป็นร้อยละ 29.46 สำหรับผลของอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว พบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น ซึ่งมีปริมาณสูงสุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส โดยมีค่ามากกว่าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลซูโครสระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.63 พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

สภาวะการบรรจุ	ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
<u>ถุงชนิด OPP</u>							
0 ^{0}C	39.08±0.18	41.19±1.08	40.47±0.08	44.52±2.87	41.56±0.67	40.69±1.30	41.25±1.81^{a**}
30 ^{0}C	39.08±0.18	40.16±2.56	40.05±0.52	40.65±5.57	41.39±1.69	36.74±5.21	39.68±1.63^{a}
37 ^{0}C	39.08±0.18	37.83±2.17	38.8±1.14	42.66±1.13	37.70±0.04	25.51±3.48	36.93±5.88^{b}
เฉลี่ย	39.08±0.01^{b*}	39.73±1.72^{b}	39.77±0.86^{ab}	42.61±1.94^{a}	40.22±2.18^{ab}	34.32±7.87^{c}	
<u>ถุงชนิด Al.foil</u>							
0 ^{0}C	39.08±0.18	35.89±3.17	39.42±0.36	41.27±0.06	39.74±1.43	40.34±3.15	39.29±1.83^{a**}
30 ^{0}C	39.08±0.18	36.96±2.18	38.15±0.29	40.98±0.24	36.80±0.18	24.24±4.37	36.03±5.90^{b}
37 ^{0}C	39.08±0.18	36.30±0.09	40.67±1.70	39.43±1.59	34.58±2.18	23.80±0.98	35.64±6.22^{b}
เฉลี่ย	39.08±0.01^{a*}	36.39±1.72^{b}	39.41±0.99^{a}	40.56±0.99^{a}	37.04±2.59^{b}	29.46±9.42^{c}	

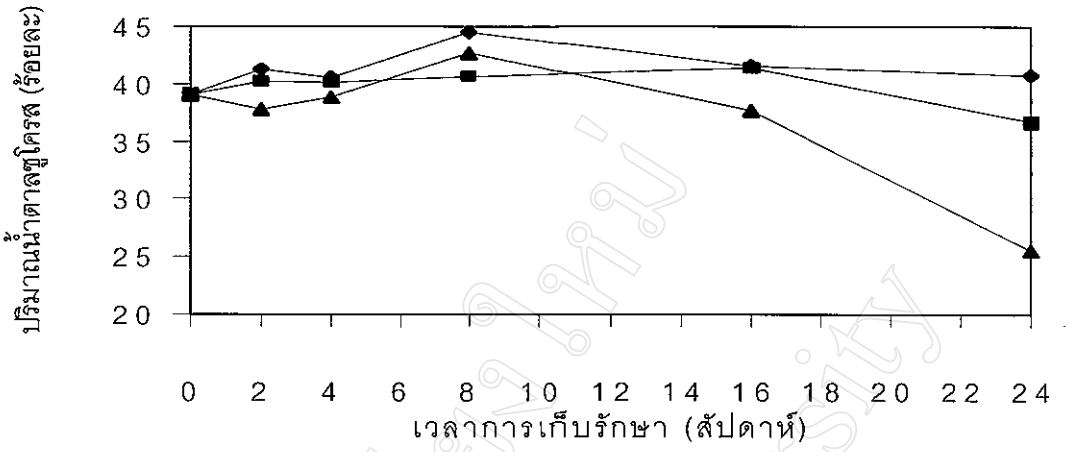
* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

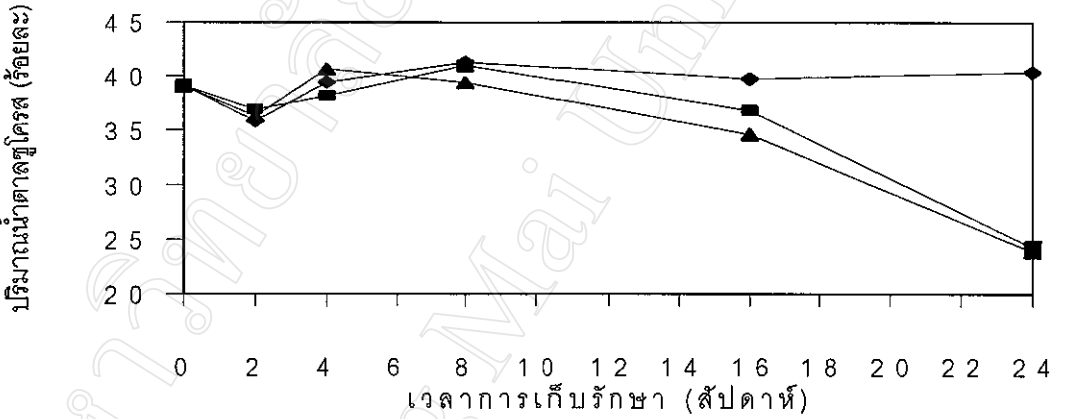
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

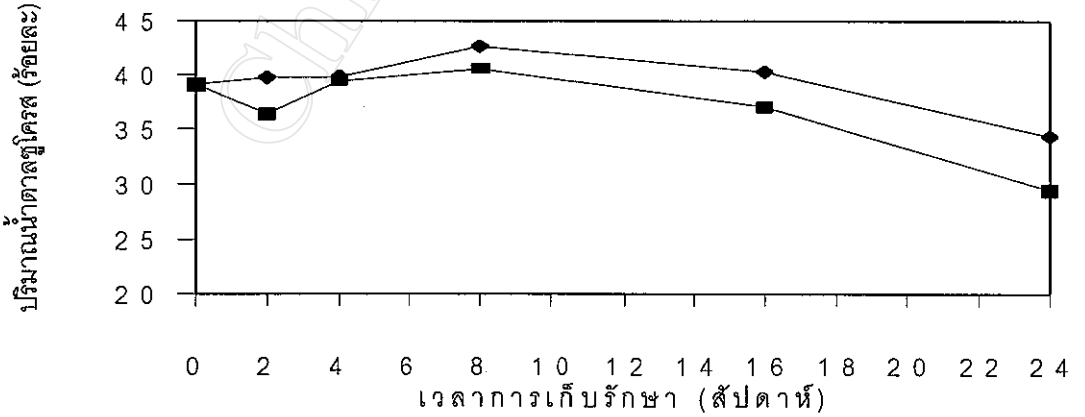
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.61 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.62 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.63 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.61 และ 4.62 ◆ ***อุณหภูมิ 0 °C*** ■ ***อุณหภูมิ 30 °C*** ▲ ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.63 ◆ ***บรรจุด้วยถุง OPP*** ■ ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.45 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.64 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีผลเป็นเช่นเดียวกับปริมาณน้ำตาลซูโครส คือที่เวลา 8 , 4 และ16 สัปดาห์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าสูงที่สุด และต่ำที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 24 สัปดาห์ สำหรับอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.65 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง โดยมีค่าสูงที่สุดเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเท่ากับ 0 และ 30 องศาเซลเซียส และต่ำที่สุดเมื่อใช้อุณหภูมิเก็บรักษาเป็น 37 องศาเซลเซียส

การที่ปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลทั้งหมดลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนั้นอาจเนื่องมาจากการดูดความชื้นของมะม่วงอบแห้ง นอกจากนี้การลดลงของน้ำตาลทั้งหมดเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นนั้น อาจเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำตาลรีดิวซิ่งไปเนื่องจากการการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่มีอุณหภูมิและความชื้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่ออุณหภูมิสูงผลิตภัณฑ์จึงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นจึงสูญเสียน้ำตาลไปมากเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.66 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.45 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

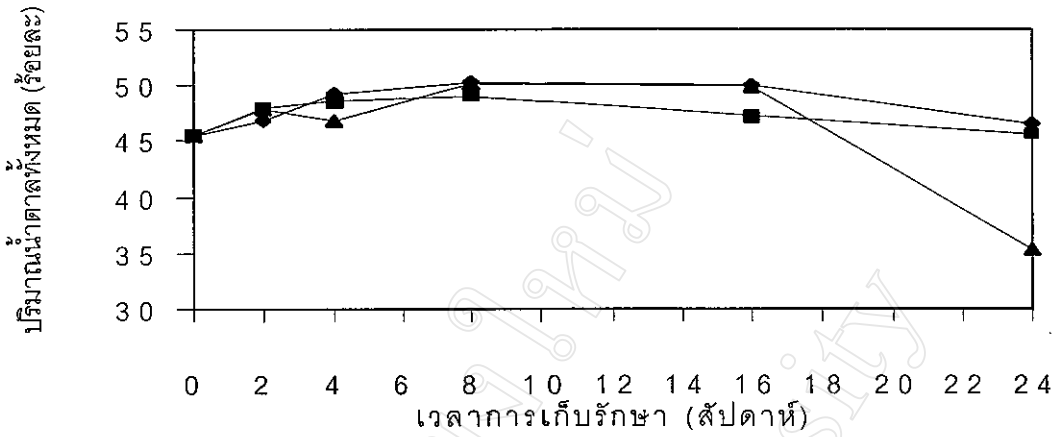
สภาวะการบรรจุ	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
<u>ถุงชนิด OPP</u>							
0 °C	45.48±0.49	46.77±1.38	49.19±0.02	50.20±2.07	49.90±3.62	46.50±2.79	48.01±2.00
30 °C	45.48±0.49	47.90±2.63	48.53±2.42	48.97±2.25	47.19±1.33	45.60±3.05	47.28±1.48
37 °C	45.48±0.49	47.87±1.87	46.78±0.88	50.07±0.14	49.86±2.88	35.29±1.59	45.89±5.49
เฉลี่ย	45.48±0.01^{c}	47.51±0.65^{abc}	48.17±1.25^{bc}	49.75±0.68^{a}	48.98±1.55^{ab}	42.46±6.23^{d}	
<u>ถุงชนิด Al.foil</u>							
0 °C	45.48±0.49	43.61±0.81	46.92±0.29	49.20±0.71	47.40±2.40	48.10±0.05	46.78±1.99^{a**}
30 °C	45.48±0.49	45.41±0.01	48.31±0.62	49.22±1.55	48.28±1.95	33.66±3.13	45.06±5.81^{b}
37 °C	45.48±0.49	45.11±0.51	49.44±2.09	48.58±0.76	45.40±0.07	35.49±2.19	44.44±4.80^{b}
เฉลี่ย	45.48±0.01^{cd*}	44.71±0.97^{d}	48.23±1.26^{ab}	49.00±0.36^{a}	47.03±1.47^{bc}	39.23±7.76^{e}	

* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

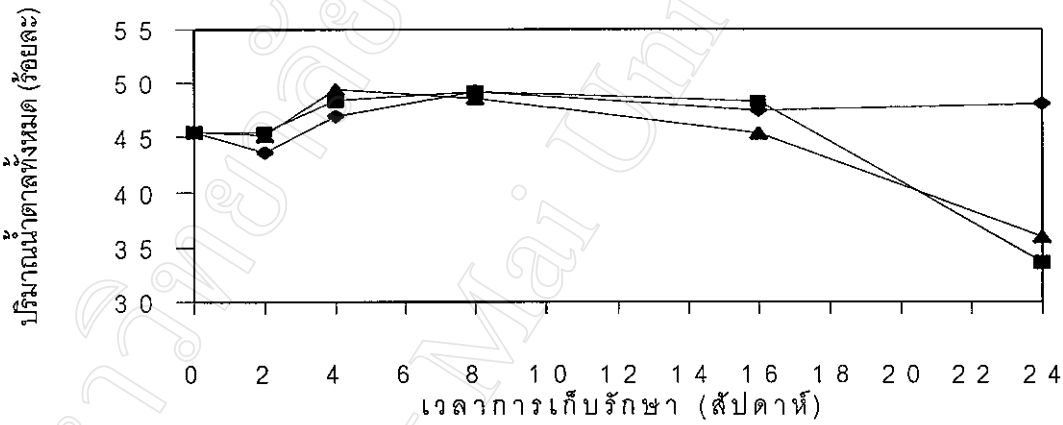
** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

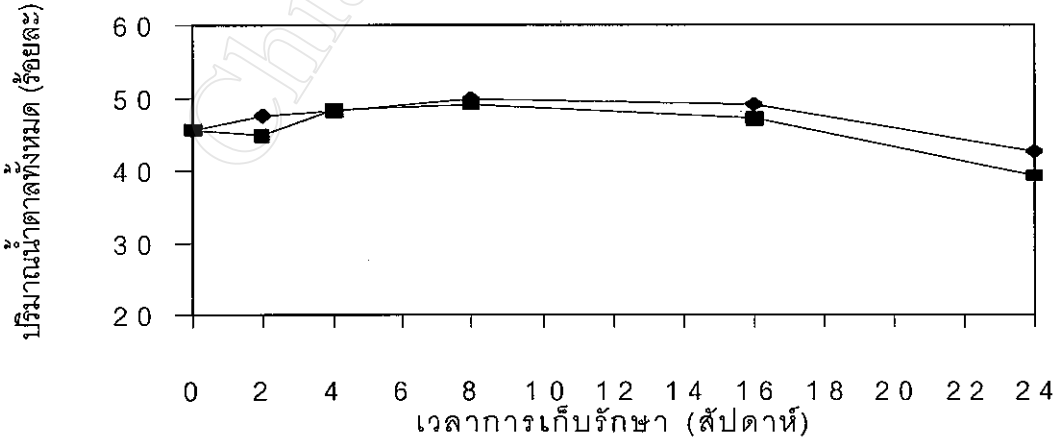
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.64 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.65 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.66 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.64 และ 4.65 ——◆—— ***อุณหภูมิ 0 °C*** ——■—— ***อุณหภูมิ 30 °C*** ——▲—— ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.66 ——◆—— ***บรรจุด้วยถุง OPP*** ——■—— ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.46 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.67 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลง จนกระทั่งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเวลา 24 สัปดาห์ ส่วนอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.68 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เช่นกัน โดยมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นและมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเวลา 24 สัปดาห์ อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลวเช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง OPP และถุงอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาต่างๆ ดังภาพที่ 4.69 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

นอกจากนี้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้นยังมีความสัมพันธ์กับค่าสี L (ความสว่าง) และความชอบด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อเวลานานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องได้ แต่เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์สลายไปเมื่อเวลานานขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมากขึ้น เป็นผลให้ค่าสี L และการยอมรับด้านสีเหลืองลดลง

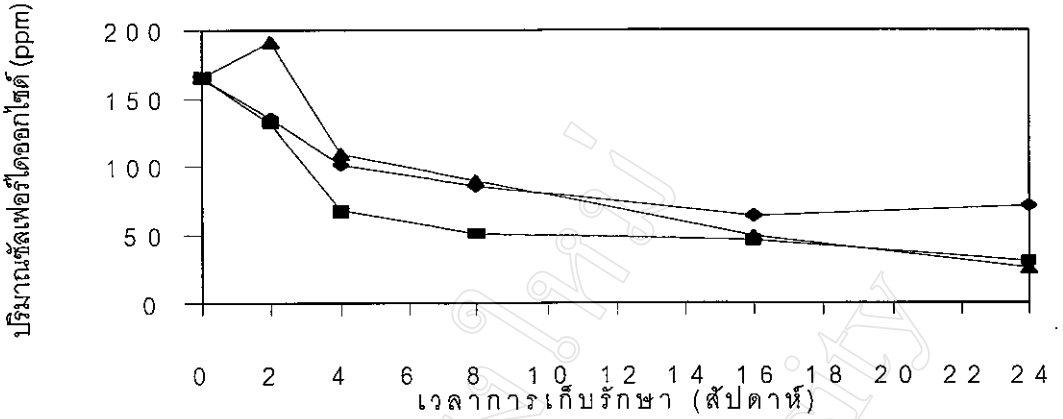
ตารางที่ 4.46 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

สภาวะการบรรจุ	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	164.91±4.41	135.35±19.80	100.56±7.33	85.24±2.75	63.73±7.25	70.58±7.21	103.39±39.48
30 ^{0}C	164.91±4.41	130.68±22.00	67.42±36.66	50.61±21.04	45.79±20.22	30.21±7.81	81.60±53.73
37 ^{0}C	164.91±4.41	191.36±77.01	108.91±95.34	89.52±33.93	48.63±10.09	25.45±0.72	104.79±64.51
เฉลี่ย	164.91±0.01^{a*}	152.46±33.76^{a}	92.29±21.95^{b}	75.12±21.34^{bc}	52.72±9.64^{bc}	40.08±24.80^{c}	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	164.91±4.41	143.13±13.20	118.57±7.33	106.41±3.70	109.11±5.72	80.45±10.41	120.43±29.73
30 ^{0}C	164.91±4.41	149.35±30.80	61.68±0.01	85.87±11.75	68.52±0.01	65.47±11.25	99.30±45.82
37 ^{0}C	164.91±4.41	250.68±94.89	82.98±7.38	85.29±1.25	52.47±1.00	58.93±24.66	115.88±77.27
เฉลี่ย	164.91±0.01^{a*}	181.05±60.38^{a}	87.74±38.74^{b}	92.52±12.03^{b}	76.70±29.19^{b}	68.28±11.03^{b}	

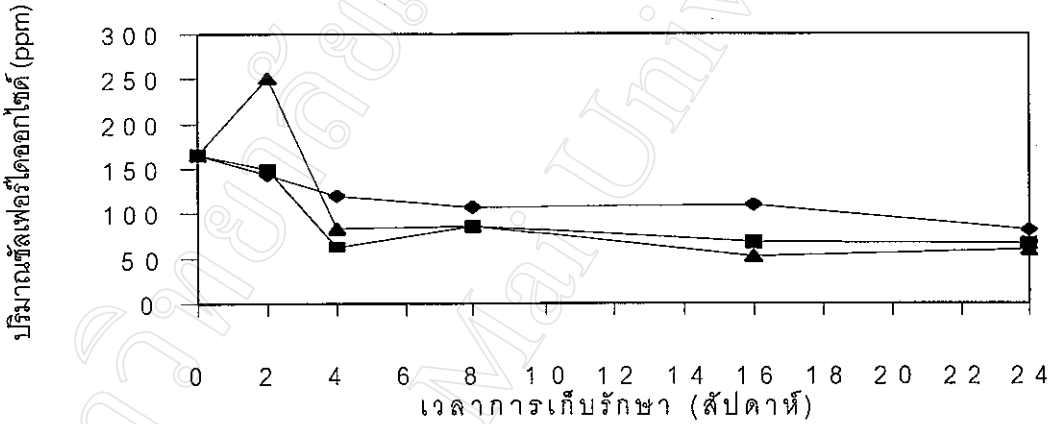
* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

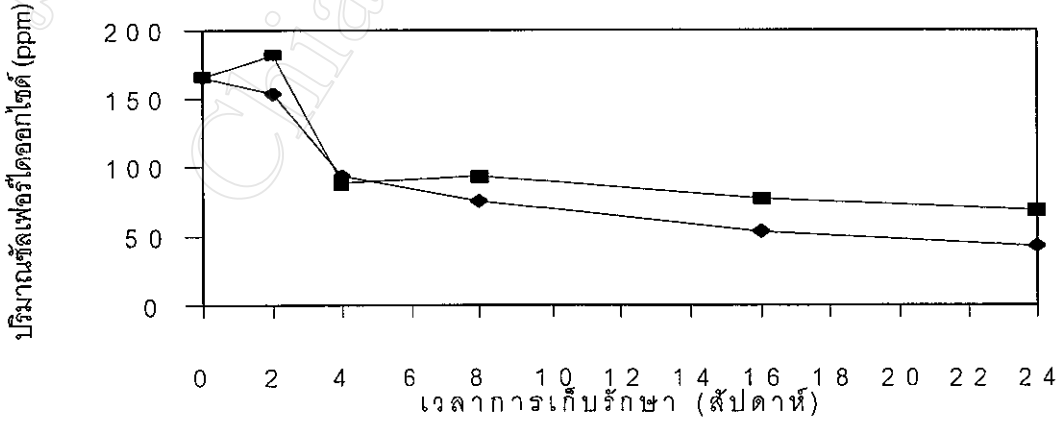
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.67 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.68 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.69 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.67 และ 4.68 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.69 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสด้านค่าแรงเฉือน (Shear force) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน หรือ Shear force (นิวตัน) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.47 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.70 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และต่ำที่สุดที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 24 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.71 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าแรงเฉือนเช่นเดียวกัน โดยมีค่าสูงสุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 2 สัปดาห์ และต่ำที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ การที่ค่าแรงเฉือนลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมาจากการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารอ่อนนุ่มขึ้น

ส่วนอุณหภูมิในการเก็บรักษาพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.72 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

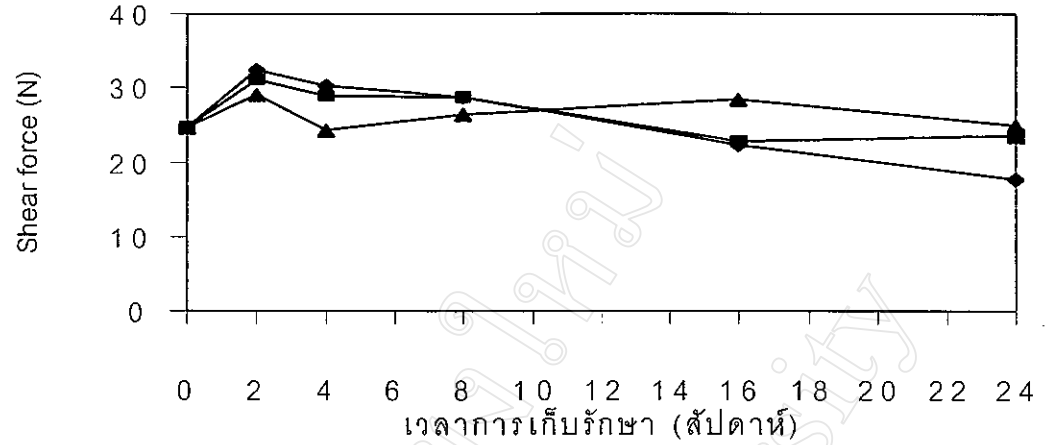
ตารางที่ 4.47 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

สภาวะการบรรจุ	Shear force (นิวตัน)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 °C	24.57±0.92	43.32±0.42	30.16±11.27	28.73±7.77	22.24±3.58	17.64±2.13	25.95±5.02
30 °C	24.57±0.92	35.06±0.40	28.94±0.77	28.69±1.01	22.70±2.93	23.64±6.38	26.59±3.10
37 °C	24.57±0.92	29.12±0.64	24.28±5.08	26.39±7.97	28.43±0.22	24.90±3.16	26.28±1.89
เฉลี่ย	**24.57±0.01^{bc*}**	**35.83±1.63^{a}**	**27.79±3.10^{ab}**	**27.94±1.34^{ab}**	**27.82±3.45^{ab}**	**22.06±3.88^{c}**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 °C	24.57±0.92	38.89±0.04	30.74±6.23	28.35±4.31	27.82±0.65	17.43±0.33	26.97±4.98
30 °C	24.57±0.92	34.22±1.45	31.28±6.18	29.98±5.80	28.67±3.69	22.74±3.56	28.24±3.46
37 °C	24.57±0.92	42.01±0.34	19.66±0.01	19.96±1.08	31.34±2.39	29.65±0.73	26.53±5.52
เฉลี่ย	**24.57±0.01^{bc*}**	**38.37±0.90^{a}**	**27.23±6.55^{b}**	**26.10±5.38^{bc}**	**29.28±1.83^{ab}**	**23.27±6.12^{d}**	

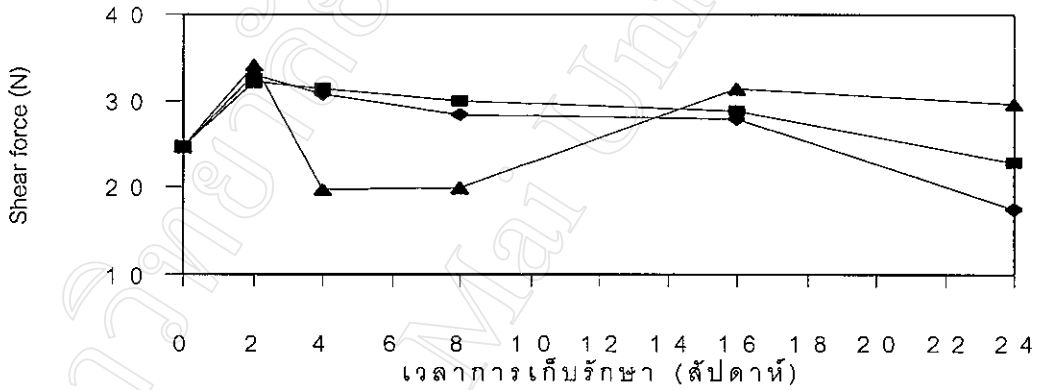
* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

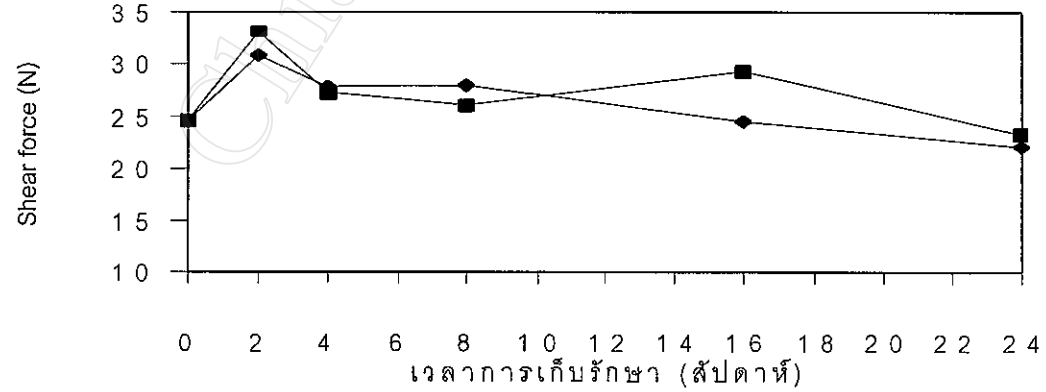
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.70 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (Shear force) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.71 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (Shear force) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.72 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (Shear force) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.70 และ 4.71 ——◆—— ***อุณหภูมิ 0 °C*** ——■—— ***อุณหภูมิ 30 °C*** ——▲—— ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.72 ——◆—— ***บรรจุด้วยถุง OPP*** ——■—— ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.48 ซึ่งเมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.73 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ คะแนนการยอมรับมีค่ามากที่สุดเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษามีค่าสูง โดยที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แต่มีค่ามากกว่าค่าตามอุดมคติ เพราะฉะนั้นอุณหภูมิการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านสีเหลืองของมะม่วงคือ 0 องศาเซลเซียส ส่วนผลของระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าคะแนนการยอมรับมีค่ามากที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 24 สัปดาห์ และลดลงเมื่อเวลา 8 และ 16 สัปดาห์ และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อวันเริ่มต้น 2 และ 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าคะแนนที่ใกล้เคียงอุดมคติ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพด้านสีเหลืองเป็นที่ยอมรับใกล้เคียงอุดมคติคือเมื่อเริ่มต้นถึง 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นการยอมรับด้านสีเหลืองจะเกินกว่าค่าตามอุดมคติ เนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนจากสีเหลืองที่ต้องการเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นเรื่อยๆตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าสี L , a และ b ที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะช่วยรักษาคุณภาพการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับนานขึ้นเนื่องจากค่าเฉลี่ยการยอมรับด้านสีเหลืองที่เก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส เวลา 24 สัปดาห์ มีค่าใกล้เคียง 1 ในขณะที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงกว่าจะมีค่ามากกว่า 1

เมื่อพิจาณาการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.74 พบว่า อุณหภูมิและเวลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกัน โดยคะแนนการยอมรับด้านสีเหลืองมีค่าสูงสุดเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเท่ากับ 37 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 0 และ 30 องศาเซลเซียส ค่าคะแนนการยอมรับมีค่าต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงอุดมคติ ซึ่งแสดงว่าการใช้ถุงอลูมิเนียมเปลวทำให้คุณภาพด้านสีเป็นที่ยอมรับมากกว่าการใช้ถุง OPP เนื่องจากการใช้ถุง OPP จะได้รับการยอมรับด้านสีใกล้เคียงอุดมคติเมื่อเก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียสเท่านั้น ทั้งนี้เพราะถุง OPP มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนอยู่ในช่วง 100 - 160 มิลลิลิตรต่อตารางนิ้วต่อวัน และมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำเป็น 0.25 กรัมต่อ 100 ตารางนิ้วต่อวัน (Man and Jones, 1994)

ซึ่งสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนได้น้อยกว่าถุงอลูมิเนียมเปลว สำหรับผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว พบว่า คะแนนการยอมรับสูงสุดเมื่อระยะเวลาเท่ากับ 24 สัปดาห์ และมีค่าลดลงจนมีค่าต่ำสุดที่เวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ โดยค่าคะแนนการยอมรับที่มีค่าใกล้เคียงอุดมคติเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเริ่มต้นถึง 4 สัปดาห์ เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบการยอมรับด้านสีระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.75 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 4.48 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

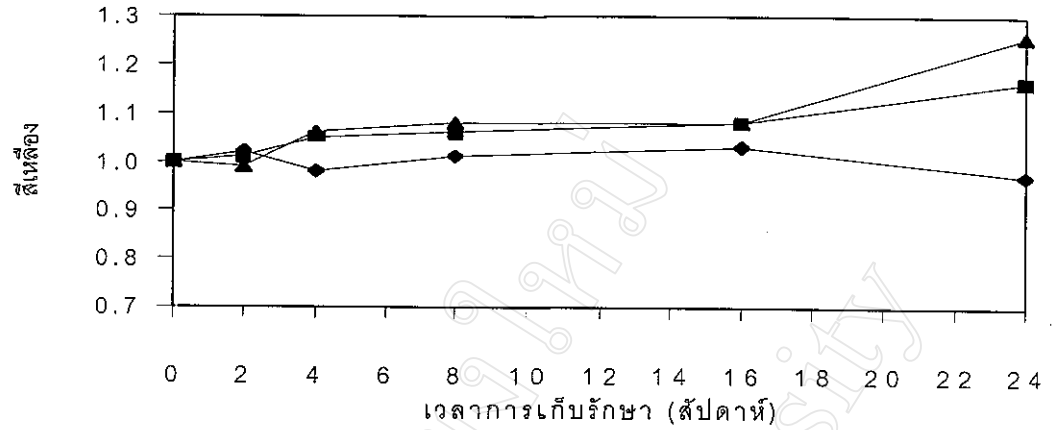
สภาวะการบรรจุ	สีเหลือง						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 °C	1.00±0.03	0.98±0.01	1.02±0.02	1.01±0.03	1.03±0.01	0.97±0.05	1.00±0.02^{b**}
30 °C	1.00±0.03	1.05±0.08	1.01±0.03	1.06±0.03	1.08±0.09	1.16±0.02	1.06±0.06^{a}
37 °C	1.00±0.03	1.06±0.09	0.99±0.02	1.08±0.01	1.08±0.01	1.26±0.04	1.08±0.10^{a}
เฉลี่ย	1.00±0.01^{c*}	1.03±0.04^{bc}	1.01±0.02^{c}	1.05±0.04^{b}	1.06±0.03^{b}	1.13±0.15^{a}	
ถุงชนิด Al.foil							
0 °C	1.00±0.03	0.99±0.01	1.02±0.01	1.02±0.02	1.09±0.01	0.99±0.01	1.02±0.04^{b**}
30 °C	1.00±0.03	0.92±0.09	1.05±0.01	1.07±0.04	0.98±0.05	1.15±0.08	1.03±0.08^{a}
37 °C	1.00±0.03	1.02±0.07	1.05±0.06	1.12±0.06	1.10±0.02	1.20±0.23	1.08±0.07^{a}
เฉลี่ย	1.00±0.01^{cd*}	0.98±0.05^{d}	1.04±0.02^{bc}	1.07±0.05^{ab}	1.06±0.07^{ab}	1.11±0.11^{a}	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

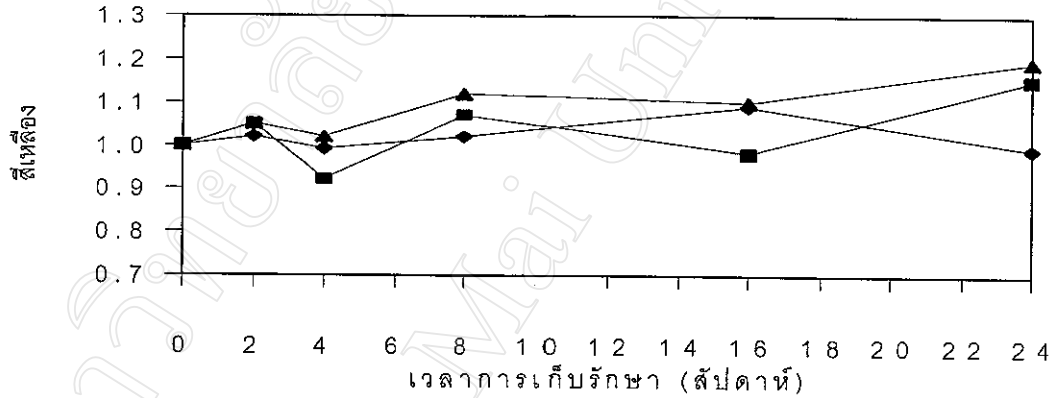
**** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05**

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

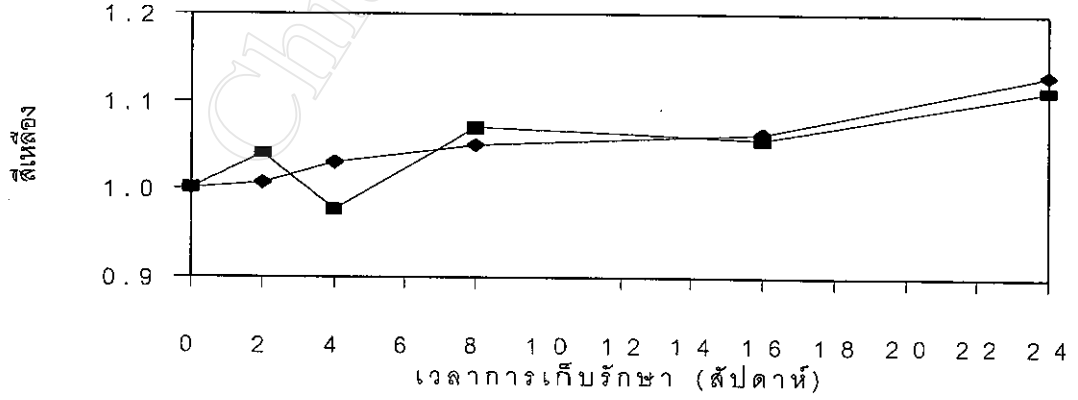
Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 7.73 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 7.74 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.75 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.73 และ 4.74 *อุณหภูมิ 0 °C* *อุณหภูมิ 30 °C* *อุณหภูมิ 37 ° C*

ภาพที่ 4.75 *บรรจุด้วยถุง OPP* *บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว*

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.49 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.76 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่ามากที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 4 และ16 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.77 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านความแข็งเช่นเดียวกัน โดยมีค่ามากที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 8 สัปดาห์ แต่การยอมรับด้านความแข็งมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์และมีค่าใกล้เคียงอุดมคติ แม้ว่าค่าทางกายภาพได้แก่ แรงเฉือนจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นแต่ผู้ทดสอบชิมสามารถแยกความแตกต่างได้ไม่มากนัก

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการยอมรับด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.78 และตารางที่ 4.50 พบว่าคะแนนการยอมรับด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง OPP มีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่อเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็น 4 ถึง 24 สัปดาห์ ยกเว้นที่เวลา 8 สัปดาห์ โดยทุกช่วงมีค่ามากกว่าอุดมคติเล็กน้อย นั่นคือมะม่วงที่บรรจุในถุง OPP มีความแข็งมากกว่า อย่างไรก็ตามพบว่าค่าคะแนนการยอมรับด้านความแข็งของทั้งสองมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันอย่างมาก

ตารางที่ 4.49 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

สภาวะการบรรจุ	ความแข็ง						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
<u>ถุงชนิด OPP</u>							
0 ^{o}C	1.01±0.04	1.09±0.01	1.08±0.01	1.03±0.04	1.01±0.02	1.02±0.02	1.04±0.04
30 ^{o}C	1.01±0.04	1.05±0.01	1.09±0.01	1.01±0.01	1.10±0.01	1.04±0.04	1.05±0.04
37 ^{o}C	1.01±0.04	1.02±0.01	1.08±0.02	1.00±0.01	1.12±0.03	1.06±0.02	1.05±0.05
เฉลี่ย	1.01±0.01^{c*}	1.05±0.04^{ab}	1.08±0.01^{a}	1.01±0.02^{c}	1.08±0.06^{a}	1.04±0.02^{bc}	
<u>ถุงชนิด Al.foil</u>							
0 ^{o}C	1.01±0.04	1.07±0.07	1.04±0.01	1.08±0.01	1.07±0.01	0.99±0.01	1.04±0.04
30 ^{o}C	1.01±0.04	1.01±0.02	1.05±0.01	1.06±0.03	1.00±0.06	1.00±0.01	1.02±0.03
37 ^{o}C	1.01±0.04	1.05±0.03	1.02±0.01	1.07±0.02	1.07±0.05	0.97±0.01	1.03±0.04
เฉลี่ย	1.01±0.01^{bc*}	1.04±0.03^{abc}	1.04±0.02^{abc}	1.07±0.01^{a}	1.05±0.04^{ab}	0.99±0.02^{c}	

* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

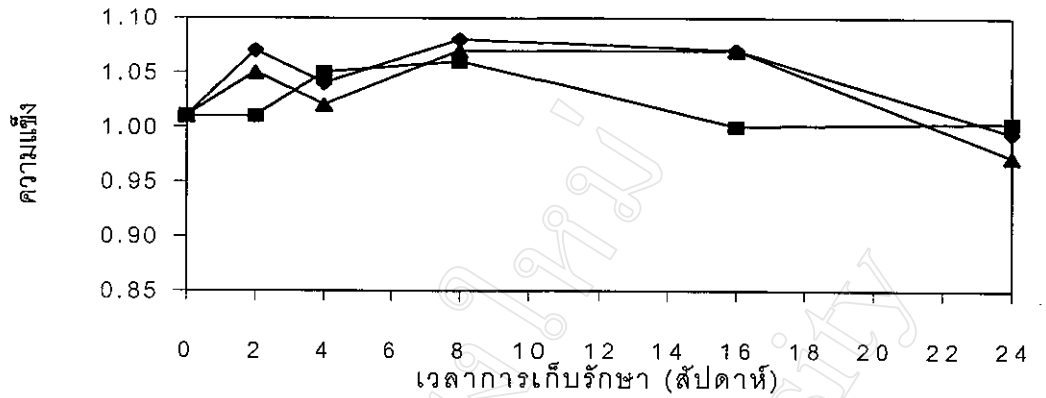
ตารางที่ 4.50 เปรียบเทียบคุณภาพด้านความแข็งของมะม่วงแก้วอบแห้งที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ความแข็ง	
	OPP	อลูมิเนียมเปลว
เริ่มต้น	1.01 ± 0.00	1.01 ± 0.00
2	1.05 ± 0.04	1.04 ± 0.03
4	1.08 ± 0.01[a]	1.04 ± 0.02[b]
8	1.01 ± 0.02[b]	1.07 ± 0.01[a]
16	1.08 ± 0.06	1.05 ± 0.04
24	1.03 ± 0.02[a]	0.99 ± 0.02[b]

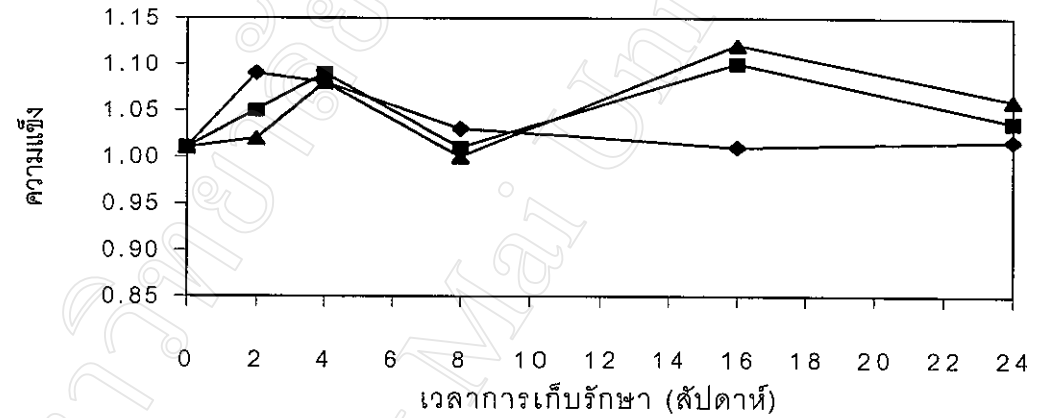
หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษา ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

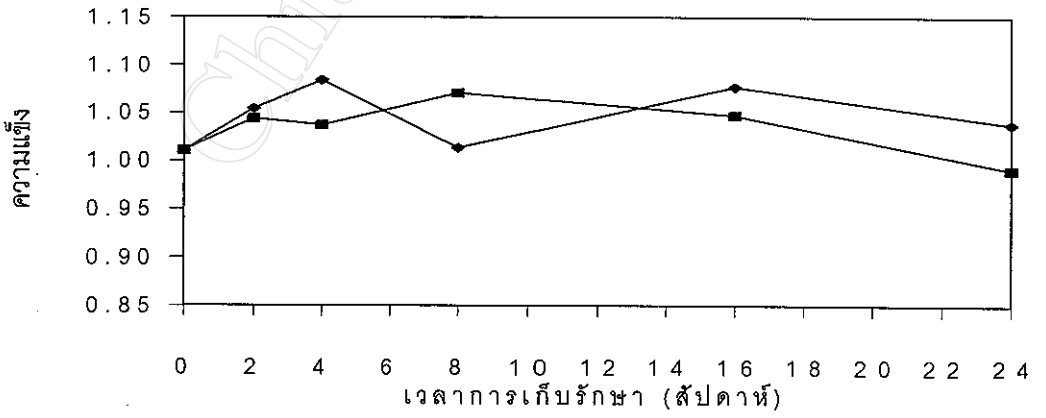
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ 4.76 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.77 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.78 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความแข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oreinted Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.77 และ 4.78 —◆— ***อุณหภูมิ 0 °C*** —■— ***อุณหภูมิ 30 °C*** —▲— ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.79 —◆— ***บรรจุด้วยถุง OPP*** —■— ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.51 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP และอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.79 และ 4.80 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าใกล้เคียงอุดมคติที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 4 และ 8 สัปดาห์ ลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลา 16 สัปดาห์และเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อเวลา 24 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านกลิ่นเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง นอกจากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารแล้วยังทำเกิดสารประกอบที่ให้กลิ่น (Aroma) ในขั้นตอนการเกิด Strecker degradation (Mottram, 2001) อย่างไรก็ตามการยอมรับด้านกลิ่นมีค่าเฉลี่ยต่างกันไม่มากนักตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและมีค่าใกล้เคียงอุดมคติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับด้านกลิ่นมะม่วงที่ลดลงเมื่อเวลา 16 สัปดาห์นั้นอาจเป็นผลมาจากคุณภาพของวัตถุดิบและกระบวนการแปรรูป

เมื่อเปรียบเทียบการยอมรับด้านกลิ่นระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.81 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.51 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่นมะม่วงของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

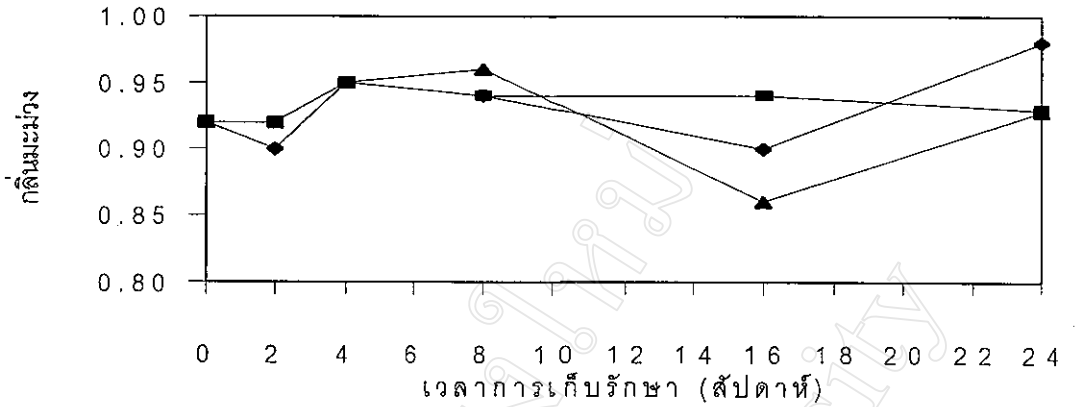
สภาวะการบรรจุ	กลิ่นมะม่วง						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	0.92±0.04	0.90±0.01	0.95±0.02	0.94±0.01	0.90±0.01	0.98±0.02	0.93±0.03
30 ^{0}C	0.92±0.04	0.92±0.02	0.95±0.01	0.94±0.01	0.94±0.04	0.93±0.01	0.93±0.01
37 ^{0}C	0.92±0.04	0.92±0.01	0.95±0.02	0.96±0.01	0.86±0.04	0.93±0.02	0.92±0.03
เฉลี่ย	**0.92±0.01^{ab*}**	**0.91±0.01^{abc}**	**0.95±0.01^{a}**	**0.95±0.01^{a}**	**0.90±0.04^{c}**	**0.95±0.03^{a}**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	0.92±0.04	0.90±0.05	0.96±0.01	0.94±0.01	0.93±0.04	0.97±0.03	0.94±0.03
30 ^{0}C	0.92±0.04	0.91±0.05	0.94±0.02	0.93±0.03	0.93±0.03	0.92±0.03	0.92±0.01
37 ^{0}C	0.92±0.04	0.90±0.02	0.94±0.02	0.99±0.03	0.93±0.05	0.82±0.01	0.92±0.06
เฉลี่ย	**0.92±0.01^{ab*}**	**0.90±0.01^{b}**	**0.95±0.03^{a}**	**0.95±0.03^{a}**	**0.93±0.01^{ab}**	**0.90±0.08^{b}**	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่** $P \leq 0.05$

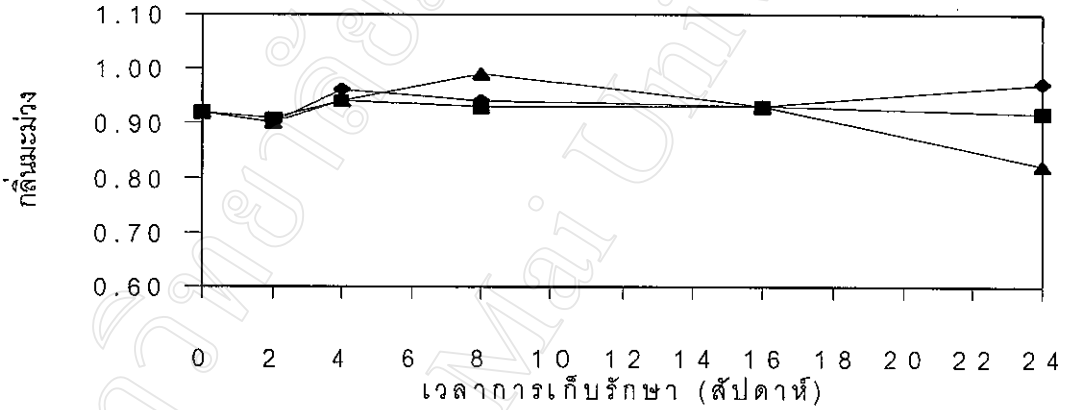
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

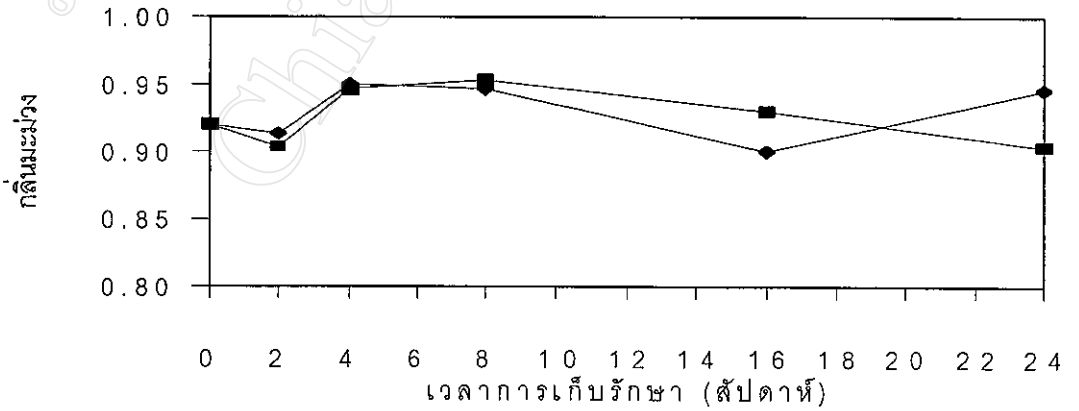
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.79 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่นมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.80 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่นมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.81 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่นมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oreinted Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.79 และ 4.80 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.81 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.52 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.82 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการการยอมรับด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่ามากที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 24 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.01 และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 2 สัปดาห์ การพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.83 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับด้านรสหวานโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงในอุดมคติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อเปรียบเทียบการยอมรับด้านรสหวานระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และถุงอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆนั้น ดังภาพที่ 4.84 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.52 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

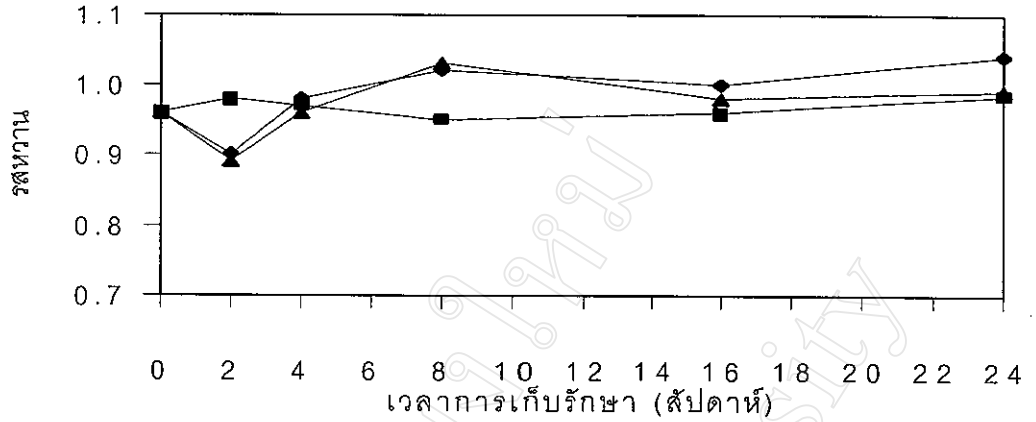
สภาวะการบรรจุ	รสหวาน						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{o}C	0.96±0.01	0.90±0.01	0.98±0.01	1.02±0.01	1.00±0.01	1.04±0.01	0.98±0.05
30 ^{o}C	0.96±0.01	0.98±0.07	0.97±0.02	0.95±0.04	0.96±0.03	0.98±0.03	0.97±0.01
37 ^{o}C	0.96±0.01	0.89±0.04	0.96±0.01	1.03±0.04	0.98±0.03	0.99±0.06	0.97±0.02
เฉลี่ย	**0.96±0.01^{b*}**	**0.92±0.05^{c}**	**0.98±0.01^{ab}**	**1.00±0.04^{a}**	**0.98±0.03^{ab}**	**1.01±0.03^{a}**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{o}C	0.96±0.01	0.94±0.02	1.00±0.01	0.99±0.04	0.90±0.05	0.98±0.03	0.96±0.04
30 ^{o}C	0.96±0.01	0.93±0.01	1.01±0.02	0.95±0.03	0.91±0.09	1.01±0.11	0.96±0.04
37 ^{o}C	0.96±0.01	0.97±0.02	0.98±0.01	0.97±0.05	0.96±0.01	1.02±0.03	0.97±0.03
เฉลี่ย	**0.96±0.01**	**0.93±0.06**	**1.00±0.02**	**0.97±0.01**	**0.92±0.03**	**1.00±0.02**	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่** $P \leq 0.05$

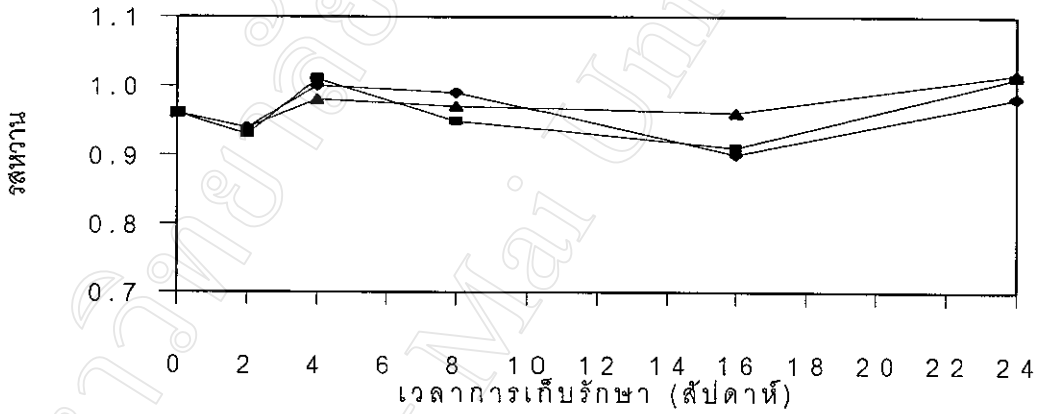
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

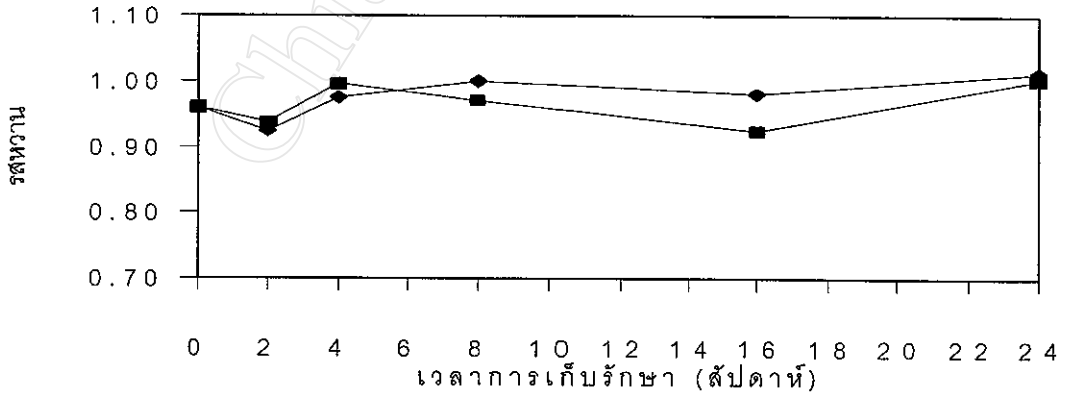
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.82 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.83 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.84 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และอลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.82 และ 4.83 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.84 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.53 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.85 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาและอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าใกล้เคียงอุดมคติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและทุกอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

ส่วนผลการพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.86 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยรสเค็มมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเวลา 2 และ 24 สัปดาห์ ส่วนที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อเริ่มต้น 4 , 8 และ 16 สัปดาห์ ได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสเค็มไม่แตกต่างกันและมีค่าใกล้เคียงอุดมคติ ซึ่งคะแนนการยอมรับที่ระดับต่ำสุดที่ระยะเวลา 2 และ 24 สัปดาห์ อาจเกิดเนื่องจากการแทรกซึมของเกลือที่แตกต่างกันบ้างในขั้นตอนออสโมติกดีไฮเดรชัน อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับด้านรสเค็มโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงอุดมคติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อเปรียบเทียบการยอมรับด้านรสเค็มระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และถุงอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.87 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.53 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

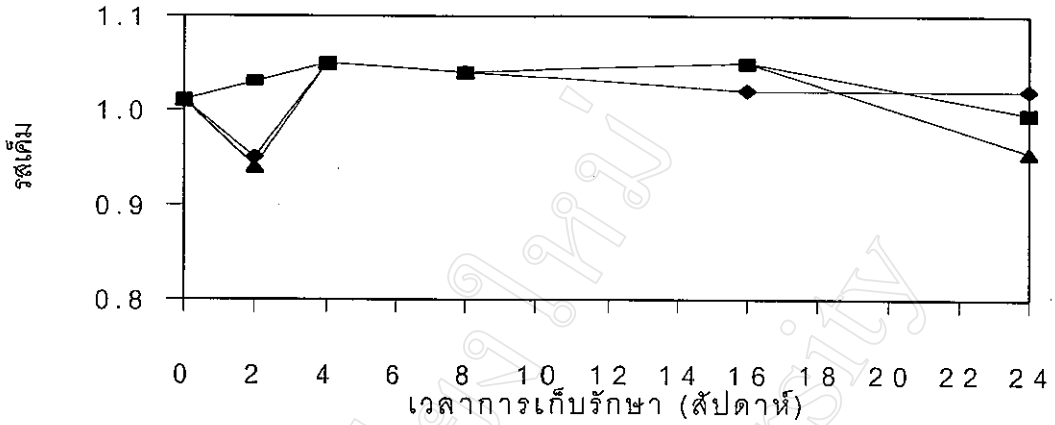
สภาวะการบรรจุ	รสเค็ม						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	0.96±0.03	0.90±0.04	1.00±0.01	0.99±0.03	0.97±0.01	0.97±0.01	**0.97±0.04**
30 ^{0}C	0.96±0.03	0.98±0.01	1.00±0.02	0.99±0.03	1.00±0.02	0.95±0.02	**0.98±0.02**
37 ^{0}C	0.96±0.03	0.89±0.01	1.00±0.01	0.99±0.02	1.00±0.01	0.90±0.01	**0.96±0.05**
เฉลี่ย	**0.96±0.01**	**0.92±0.05**	**1.00±0.01**	**0.99±0.01**	**0.99±0.02**	**0.96±0.02**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	0.96±0.03	0.94±0.06	0.99±0.01	0.98±0.01	1.01±0.01	0.96±0.01	**0.97±0.03**
30 ^{0}C	0.96±0.03	0.93±0.04	0.99±0.02	0.98±0.03	0.97±0.02	0.98±0.01	**0.97±0.02**
37 ^{0}C	0.96±0.03	0.97±0.10	0.99±0.01	1.00±0.04	0.97±0.05	0.91±0.01	**0.96±0.03**
เฉลี่ย	**0.96±0.01**^{a*}	**0.94±0.01**^{b}	**0.99±0.01**^{a}	**0.99±0.01**^{a}	**0.98±0.02**^{a}	**0.95±0.03**^{b}	

*** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่** $P \leq 0.05$

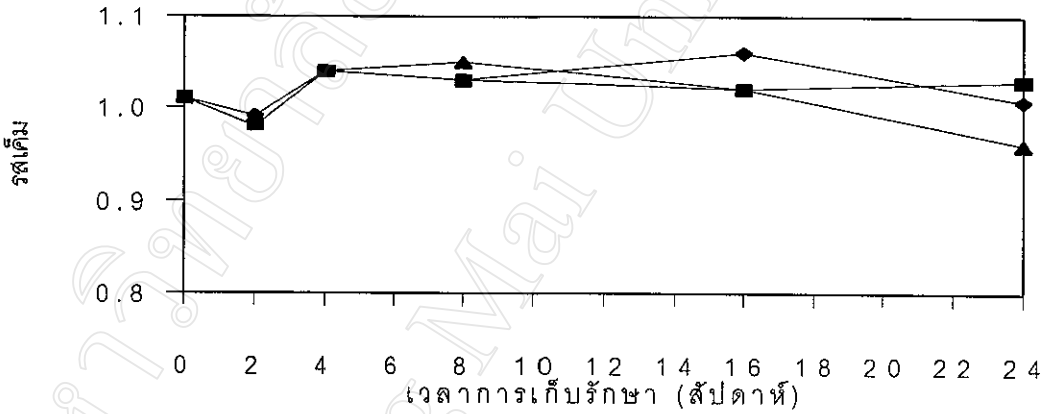
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

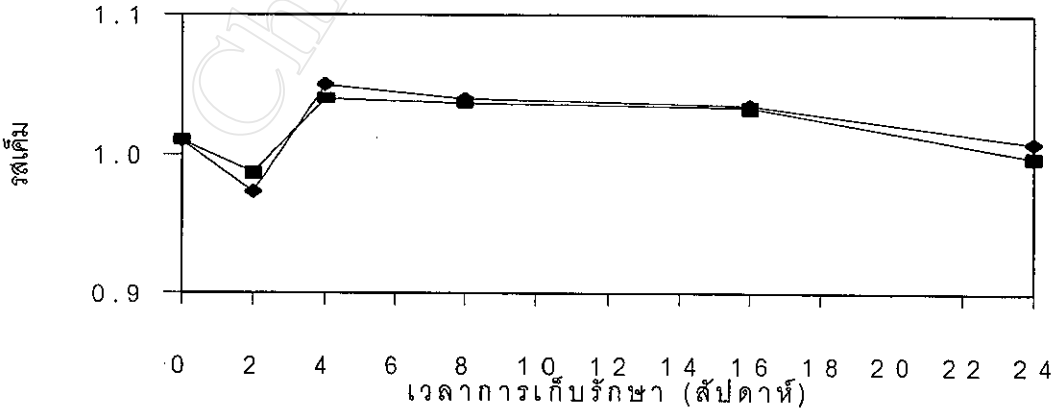
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.85 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเค็มระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.86 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเค็มระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.87 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเค็มระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.85 และ 4.86 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.87 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.54 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP ดังภาพที่ 4.88 นั้นระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนการการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่ามากที่สุดเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 2 สัปดาห์ และมีค่าต่ำที่สุดในวันเริ่มต้น ส่วนที่เวลา 4 , 8 , 16 และ 24 สัปดาห์ คะแนนการยอมรับด้านรสเปรี้ยวมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าใกล้เคียงอุดมคติ ส่วนอุณหภูมิมีผลต่อการยอมรับรสเปรี้ยว โดยมีค่าใกล้เคียงอุดมคติมากที่สุดที่อุณหภูมิ 0 และ 30 องศาเซลเซียส และมีค่าต่ำที่สุดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลว ดังภาพที่ 4.89 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และคะแนนการยอมรับด้านรสเปรี้ยวโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงในอุดมคติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อเปรียบเทียบการยอมรับด้านรสเปรี้ยวระหว่างการบรรจุด้วยถุง OPP และถุงอลูมิเนียมเปลวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ดังภาพที่ 4.90 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.54 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

สภาวะการบรรจุ	รสเปรี้ยว						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 °C	0.84±0.05	1.08±0.14	0.93±0.01	0.96±0.04	0.95±0.01	0.99±0.03	0.96±0.11^{ab**}
30 °C	0.84±0.05	1.10±0.01	1.00±0.03	0.95±0.15	0.97±0.03	1.01±0.03	0.98±0.13^{a}
37 °C	0.84±0.05	0.97±0.07	1.00±0.01	0.98±0.03	0.95±0.01	0.98±0.09	0.95±0.11^{b}
เฉลี่ย	**0.84±0.01^{c*}**	**1.05±0.07^{a}**	**0.97±0.05^{b}**	**0.96±0.02^{b}**	**0.96±0.01^{b}**	**1.00±0.01^{b}**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 °C	0.84±0.05	0.89±0.08	0.93±0.03	0.96±0.03	1.13±0.06	0.99±0.01	0.96±0.04
30 °C	0.84±0.05	0.93±0.04	0.98±0.02	1.07±0.15	1.06±0.01	1.06±0.09	0.99±0.04
37 °C	0.84±0.05	1.13±0.01	0.98±0.01	1.03±0.04	1.04±0.02	0.94±0.08	0.97±0.03
เฉลี่ย	**0.84±0.01**	**0.98±0.13**	**0.96±0.03**	**1.02±0.06**	**1.08±0.05**	**1.00±0.06**	

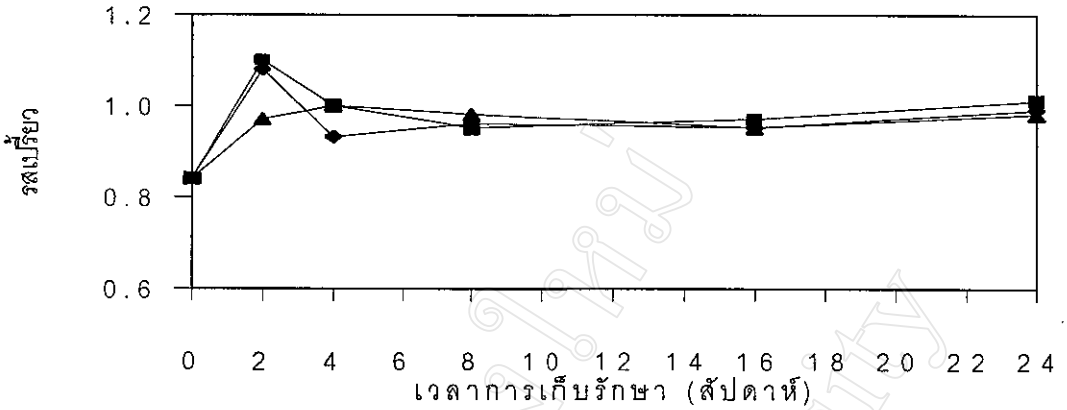
* ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

** ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P≤0.05

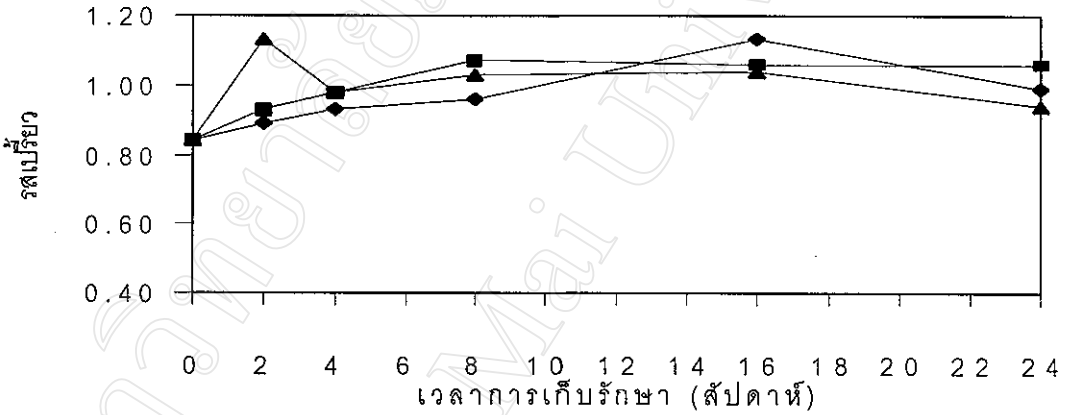
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

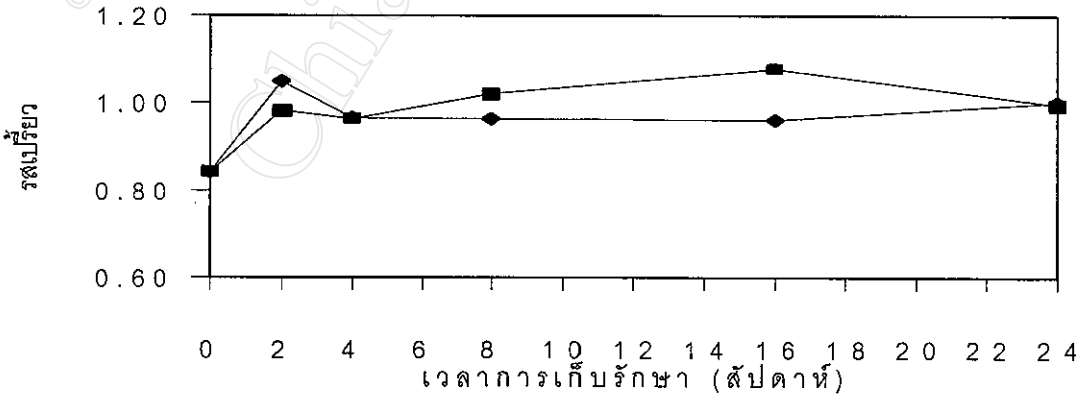
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.88 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเปรี้ยวระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.89 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเปรี้ยวระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.90 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสเปรี้ยวระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.88 และ 4.89 — ***อุณหภูมิ 0 °C*** — ***อุณหภูมิ 30 °C*** — ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.910 — ***บรรจุด้วยถุง OPP*** — ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

การเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งแสดงดังตารางที่ 4.55 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 4.91 และ 4.92

สำหรับชนิดของภาชนะบรรจุ พบว่า ไม่มีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 4.93

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ในสภาวะการเก็บรักษาต่างๆ พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำมากในระดับที่ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณเชื้อยีสต์และรามีค่าน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง ตลอดระยะเวลา 24 สปดาห์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งมีโอกาสที่จะเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์น้อยมากจึงสามารถเก็บรักษาได้นาน

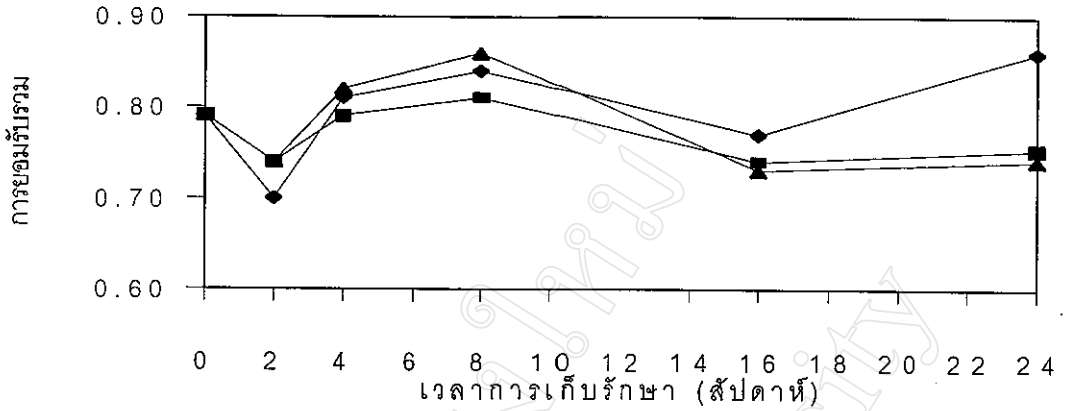
ตารางที่ 4.55 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

สภาวะการบรรจุ	การยอมรับโดยรวม						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ16 สัปดาห์	อายุการเก็บ 24 สัปดาห์	เฉลี่ย
ถุงชนิด OPP							
0 ^{0}C	0.79±0.01	0.70±0.04	0.81±0.06	0.84±0.02	0.77±0.02	0.86±0.01	0.80±0.06
30 ^{0}C	0.79±0.01	0.74±0.05	0.79±0.01	0.81±0.01	0.74±0.04	0.75±0.03	0.77±0.03
37 ^{0}C	0.79±0.01	0.74±0.01	0.82±0.01	0.86±0.03	0.73±0.01	0.74±0.01	0.78±0.05
เฉลี่ย	**0.79±0.01**	**0.73±0.02**	**0.81±0.01**	**0.83±0.03**	**0.76±0.02**	**0.81±0.08**	
ถุงชนิด Al.foil							
0 ^{0}C	0.79±0.01	0.76±0.08	0.82±0.01	0.85±0.07	0.69±0.02	0.89±0.02	0.80±0.07
30 ^{0}C	0.79±0.01	0.76±0.04	0.81±0.03	0.81±0.05	0.72±0.11	0.82±0.04	0.78±0.04
37 ^{0}C	0.79±0.01	0.69±0.01	0.79±0.04	0.78±0.01	0.74±0.02	0.67±0.06	0.74±0.05
เฉลี่ย	**0.79±0.01**	**0.74±0.13**	**0.81±0.02**	**0.81±0.04**	**0.72±0.03**	**0.79±0.11**	

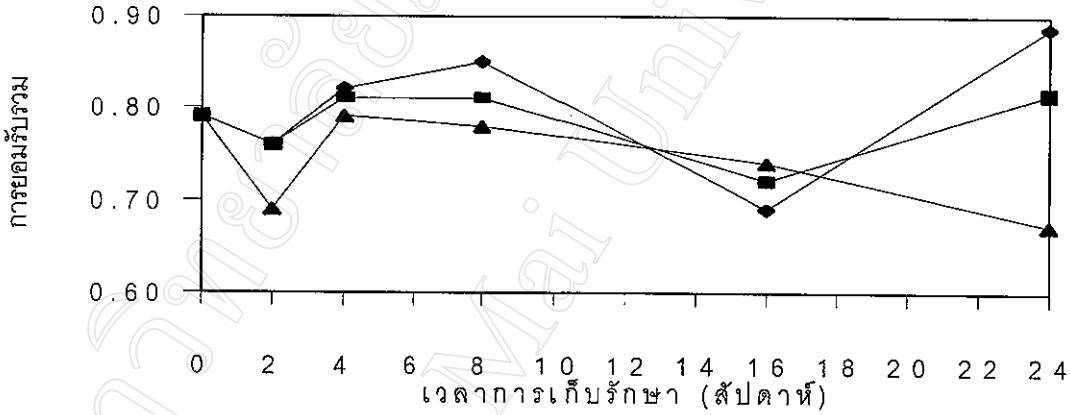
OPP คือ ถุง Oriented polypropylene

Al. Foil คือ ถุงอลูมิเนียมเปลว

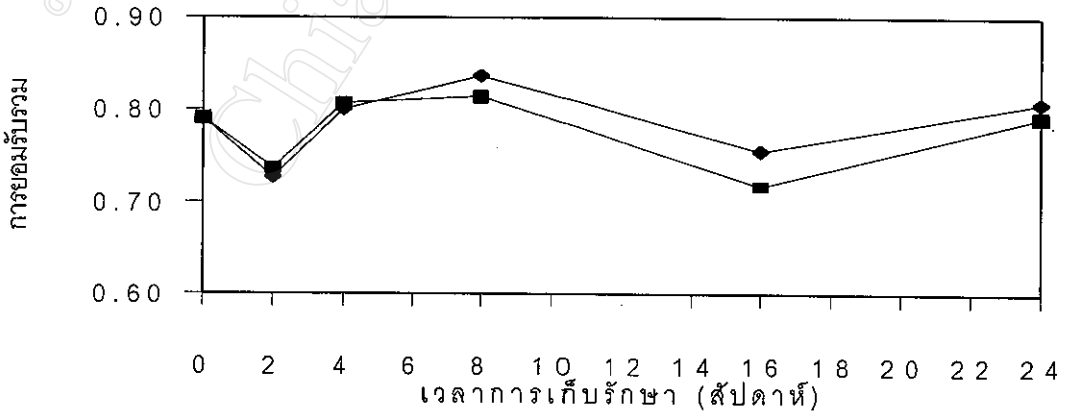
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.91 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวมระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง Oriented Polypropylene



ภาพที่ 4.92 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวมระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว



ภาพที่ 4.93 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวมระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงOriented Polypropylene และ อลูมิเนียมเปลว

ภาพที่ 4.91 และ 4.92 —◆— ***อุณหภูมิ 0 °C*** —■— ***อุณหภูมิ 30 °C*** —▲— ***อุณหภูมิ 37 ° C***

ภาพที่ 4.93 —◆— ***บรรจุด้วยถุง OPP*** —■— ***บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว***

สรุปผลของอุณหภูมิและชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

จากผลการทดลองตอนที่ 4.5 แสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ สี L และ สี b คุณภาพด้านเคมี ได้แก่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลซูโครส โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้คุณภาพด้านต่างๆดังกล่าวมีค่าลดลง ผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การยอมรับด้านสีเหลืองและรสเปรี้ยว ซึ่งเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นจะทำให้การยอมรับด้านสีเหลืองมีค่ามากกว่าอุดมคติเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวลดลงต่ำกว่าอุดมคติ ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ 0 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลให้การยอมรับลดน้อยลงตามลำดับ

สำหรับชนิดของภาชนะบรรจุ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยมาก พบว่า ผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ การยอมรับด้านความแข็งเท่านั้น โดยการยอมรับด้านความแข็งต่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP มีค่าสูงกว่าถุงอลูมิเนียมเปลว และมีค่ามากกว่าอุดมคติเล็กน้อย ดังนั้นชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ได้แก่ ถุงอลูมิเนียมเปลว

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจนกระทั่งไม่สามารถยอมรับได้เมื่อเก็บรักษาในสภาวะที่บรรจุด้วยถุง OPP และอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ โดยมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) เท่ากับ 1.26 ดังนั้นจึงถือว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลืองเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ และค่าเฉลี่ยสุดท้ายที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียมีค่าเท่ากับ 1.26

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ทำได้โดยศึกษาอัตราเร็วและอันดับของปฏิกิริยา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีขององค์ประกอบของอาหารมีชนิดของปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง คือ มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาเป็นแบบ Logarithmic ดังนั้นจึงสามารถหาอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ หรือค่า k ได้จากสมการของ Arrhenius (ดังแสดงในภาคผนวก ง) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.56

ตารางที่ 4.56 อัตราเร็วของปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงการยอมรับสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

ชนิดภาชนะบรรจุ	สภาวะการเก็บรักษา อุณหภูมิ (^{0}C)	อัตราเร็วของปฏิกิริยา (k ; 1/สัปดาห์)
ถุง OPP	0	0.0017
ถุง OPP	30	0.0090
ถุง OPP	37	0.0100
ถุงอลูมิเนียมเปลว	0	0.0015
ถุงอลูมิเนียมเปลว	30	0.0063
ถุงอลูมิเนียมเปลว	37	0.0099

ตารางที่ 4.56 แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) มีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ตามสมมติฐานที่ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นสองเท่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิทุก 10 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาอัตราเร็วของปฏิกิริยาระหว่างชนิดของภาชนะบรรจุพบว่า การใช้ถุง OPP มีอัตราเร็วในการเกิดการเสื่อมเสียสูงกว่าถุงอลูมิเนียมเปลวเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิการเก็บรักษาเท่ากัน

จากค่า k ที่ได้ เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k และ อุณหภูมิ$^{-1}$ ดังภาพที่ 4.94 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของปฏิกิริยา (k) การเปลี่ยนแปลงการยอมรับสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP และอลูมิเนียมเปลว ซึ่งแสดงว่า เมื่ออุณหภูมิสูง

ขึ้นค่า k จะเพิ่มขึ้น และเมื่อสร้างสมการถดถอย (Linear regression) เพื่อใช้คาดคะเนอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้สมการดังนี้

$k = 0.080 - 21.58\ (1/T)$ $\quad R^2 = 0.98\ (P \leq 0.10)$ .....(1)

$k = 0.073 - 19.85\ (1/T)$ $\quad R^2 = 0.96\ (P \leq 0.15)$ .....(2)

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

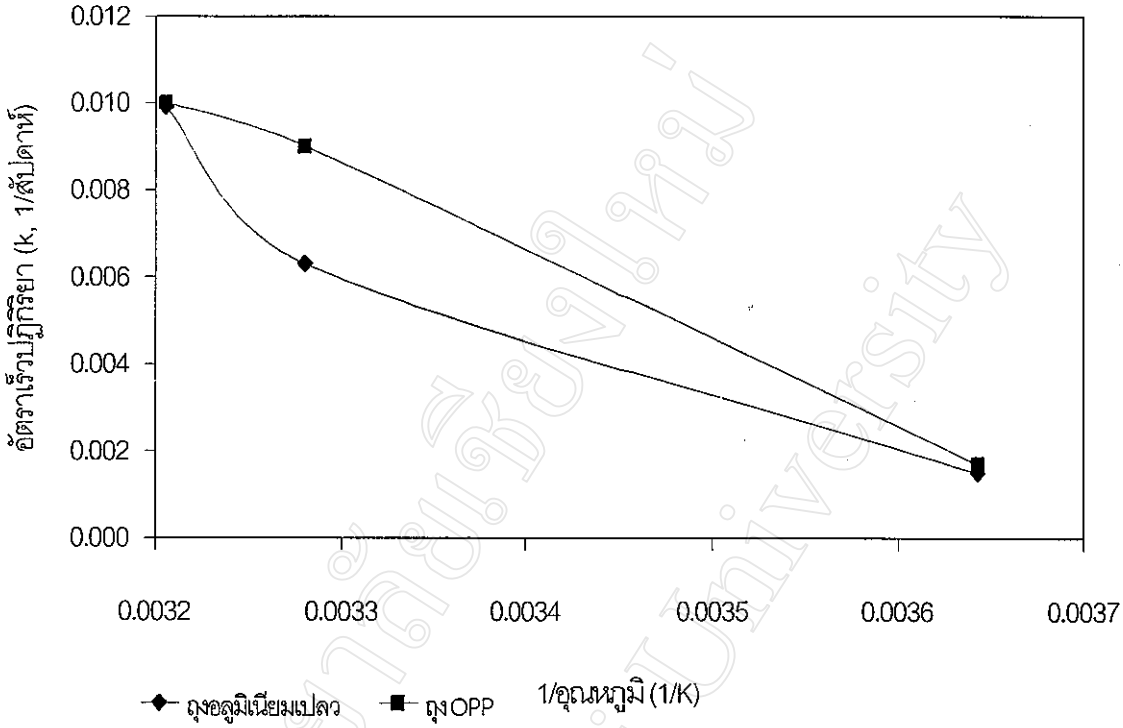
สมการที่ 1 หมายถึง อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ด้วยถุง OPP

สมการที่ 2 หมายถึง อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ด้วยถุงอลูมิเนียมเปลว

สมการถดถอยที่ได้ สามารถนำมาหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยการหาค่า k ที่อุณหภูมิใดๆ ที่ต้องการทราบอายุการเก็บรักษาจากสมการ 1 หรือ 2 จากนั้นแทนค่าลงในสมการของ Arrhenius เพื่อหาอายุการเก็บรักษา เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นและความเข้มข้นสุดท้ายของดัชนีบ่งชี้การเสื่อมเสีย (ค่าการยอมรับสีเหลือง) มีค่าเท่ากับ 1 และ 1.26 ตามลำดับ

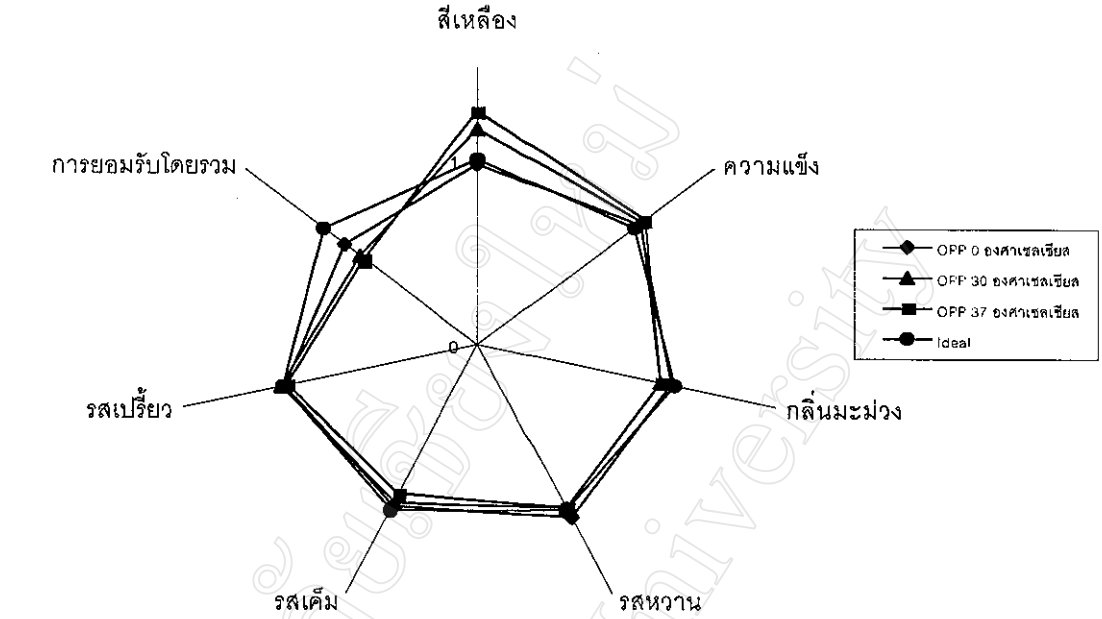
พบว่า อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมเปลวมีค่ามากกว่าถุง OPP และการเก็บที่อุณหภูมิสูงจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นกว่า สำหรับการเก็บผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นสภาวะการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในตลาดโดยทั่วไปมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 8 เดือน เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมเปลว และ 7 เดือน เมื่อบรรจุด้วยถุง OPP

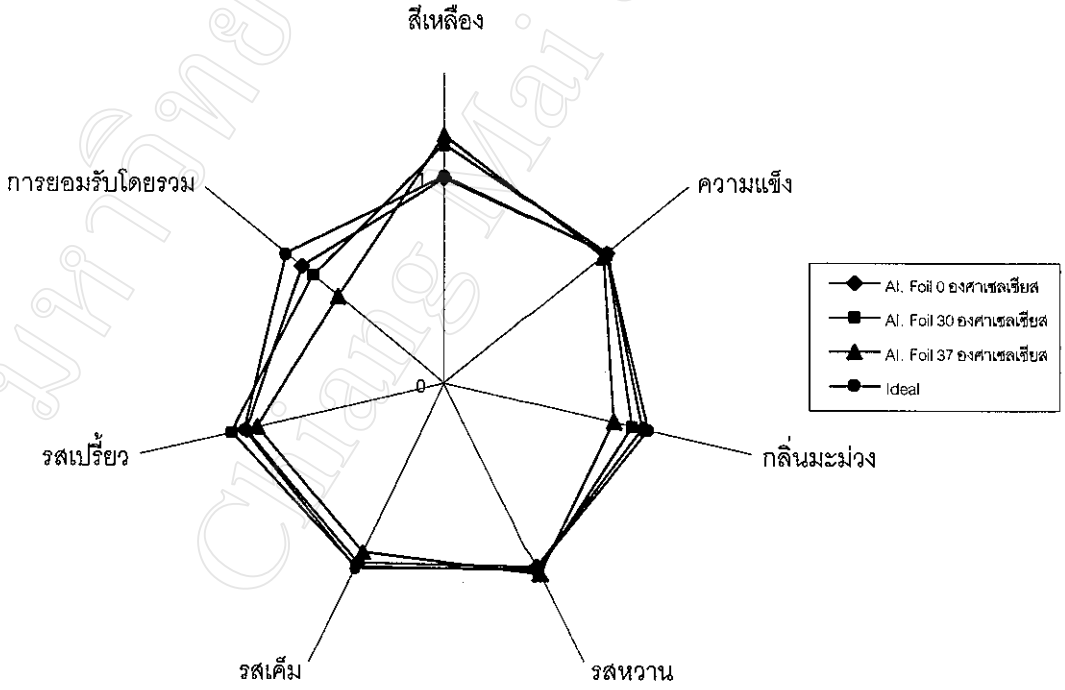
ภาพที่ 4.95 แสดงเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ จะเห็นว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะทำให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสุดและยังมีค่าใกล้เคียงกับอุดมคติไม่แตกต่างจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มต้น ส่วนชนิดของภาชนะบรรจุ พบว่า ถุงอลูมิเนียมเปลวได้รับการยอมรับโดยรวมสูงสุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ได้แก่ อลูมิเนียมเปลว และอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 0 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.94 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาการยอมรับด้านสีเหลืองกับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุง OPP และ ถุงอลูมิเนียมเปลว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University





ภาพที่ 4.95 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งเมื่อเวลาการเก็บรักษาเป็น 24 สัปดาห์