

ผลของพอลิไฮดรริกแอลกอฮอล์ต่อการทำแห้งและคุณภาพของแคนตาลูปแช่อบแห้ง

นายบุญฉัตร ศรีทองแท้

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF POLYHYDRIC ALCOHOL ON DRYING AND QUALITY OF OSMOTICALLY
DEHYDRATED-AIR DRIED CANTALOUPE

Mr. Burachat Saetongtae

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของพอลิไฮดรริกแอลกอฮอล์ต่อการทำแห้งและคุณภาพของ
แคนตาลูปแช่อบแห้ง

โดย

นายบุรฉัตร ศรีทองแท้

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางอาหาร

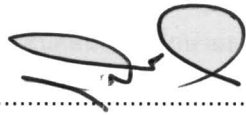
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

อาจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส)



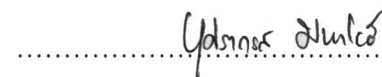
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช)



..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชาลิดา บรมพิชัยชาติกุล)



..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี)

นурฉัตร ศรีทองแท้ : ผลของพอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ต่อการทำแห้งและคุณภาพของแคนตาลูปแช่อบแห้ง. (EFFECTS OF POLYHYDRIC ALCOHOL ON DRYING AND QUALITY OF OSMOTICALLY DEHYDRATED-AIR DRIED CANTALOUPE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ. ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช, 140 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของพอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการอบแห้งของผลไม้สดจนถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา ขั้นตอนแรกศึกษาผลของพอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบแห้งโดยใช้พอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์สองชนิด คือ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้น 10% และ 15% (w/v) เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้พอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบที่มีการใช้น้ำตาลอินเวิร์ต 10% (v/v) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอล และชุดเปรียบเทียบมีค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (SG) สูงกว่า และมีค่าอัตราการสูญเสีย น้ำ (WL) ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลมีค่า SG ต่ำกว่า และมีค่า WL สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นจาก 10% เป็น 15% ค่า SG และ WL ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขั้นตอนที่สองศึกษาผลของการใช้พอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่ออุณหภูมิการอบแห้ง โดยนำแคนตาลูปที่ผ่านการอบแห้งมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C พบว่าชุดควบคุมมีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ ตามลำดับ เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์มีผลให้อัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง โดยแบบจำลองของ Page สามารถใช้ทำนายลักษณะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ที่ทั้งหตุการทดลองได้ดีกว่าแบบจำลองของ Henderson และ Pabis เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมพอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบมีแนวโน้มการลดลงของค่า a_w มากกว่า และการลดลงของปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับชุดควบคุม จากการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของน้ำด้วยเครื่อง NMR พบว่าความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์ที่ใช้พอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบ มีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ ความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลง จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสควบคู่กับอุณหภูมิการอบแห้ง จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล ที่ระดับความเข้มข้น 10% ชุดควบคุม และชุดเปรียบเทียบไปศึกษาขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนที่สามศึกษาผลของการใช้พอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อ moisture sorption isotherm ที่อุณหภูมิ 25 °C โดยใช้ BET model พบว่าชุดเปรียบเทียบมีค่า BET monolayer (m_0) สูงที่สุด รองลงมาเป็นกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และชุดควบคุม ตามลำดับ ขั้นตอนที่สี่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา โดยเก็บในถุง polypropylene เป็นเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าที่อุณหภูมิการเก็บ 30 °C เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น และค่า a_w ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ค่าการเกิดสีน้ำตาลมีแนวโน้มสูงขึ้น ค่าความแข็ง และค่างานในการตัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 °C แรงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนขึ้น

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่อนิสิต..... นุรฉัตร ศรีทองแท้
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์
ปีการศึกษา.....2551.....ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... ทัศนจันทร์ มหาวนิช

4872591223 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORDS : CANTALOUPE/ POLYHYDRIC ALCOHOL/ OSMOTICALLY DEHYDRATED-AIR DRIED
BURACHAT SAETONGTAE : EFFECTS OF POLYHYDRIC ALCOHOL ON DRYING AND
QUALITY OF OSMOTICALLY DEHYDRATED-AIR DRIED CANTALOUPE.

ADVISOR : KIATTISAK DUANGMAL, Ph.D., CO-ADVISOR : THANACHAN MAHAWANICH,
Ph.D., 140 pp.

The aims of this work were to study the effect of polyhydric alcohol on mass transfer during osmosis and drying kinetics as well as study quality changes of osmotically dehydrated-air dried cantaloupe during storage. Firstly, the effect of polyhydric (sorbitol or glycerol) partially replace sucrose at 10 and 15% (w/v) on mass transfer rate during osmosis was studied. The treatment with 0% polyhydric alcohol and the 10% (v/v) invert sugar replacement were set as a control and a reference, respectively. The treatment with sorbitol and reference showed significantly higher solid gain (SG) and lower water loss (WL) ($p \leq 0.05$) than the control. The treatment with glycerol presented significantly lower SG and higher WL ($p \leq 0.05$) than the control. Mass transfer rate increased with increasing concentration of polyhydric alcohol. Secondly, the osmosed cantaloupe was then dried in hot air drier at 60 °C. The rate of drying was as follows: control > sorbitol > glycerol > reference. The drying rate decreased as the concentration of polyhydric alcohol increased. Page's model showed a better fit with experimental data of all treatments than did the Henderson and Pabis model. During drying process, it was found that the treatment with polyhydric alcohol and reference resulted in the decreasing in a_w . Water mobility was monitored using NMR technique. The use of polyhydric alcohol and the reference resulted in decreasing of NMR relaxation time. Based on result from sensory analysis and drying kinetics, the product containing 10% sorbitol, 10% glycerol, the control and the reference were selected for further study. Thirdly, BET monolayer value (m_0) was calculated using BET equation. The m_0 of the products was as follows: reference > glycerol > sorbitol > control. Finally, the dried products, in polypropylene bag, were randomly selected for the study of quality changes during storage for over 20 weeks at temperature of 30 °C as storage time increased, moisture content and a_w of all treatments slightly decreased while hardness and cutting work increased. The result from sensory analysis showed that the product treated with sorbitol, glycerol and the reference had a significantly higher overall appearance acceptability score ($p \leq 0.05$), as compared to the control. The storage at 40 °C accelerated dramatic changes in product qualities.

Department :Food Technology.....Student's Signature : *Burachat Saetongtae*.....
Field of Study :Food Technology.....Advisor's Signature : *Kiattisak Duangmal*.....
Academic Year :2008.....Co-Advisor's Signature : *Thanachan Mahawanich*.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวณิช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ แนวความคิดหลักในการทำงาน และเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สุวรรณา สุภิมารส ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล และ ผศ.ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี ที่ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และได้สละเวลาให้คำแนะนำ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับเงินทุนในการวิจัย และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน ซึ่งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับกำลังใจ ความช่วยเหลือ และน้ำใจที่มีให้ และขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทุกท่าน สำหรับการอำนวยความสะดวกในการวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมถึงขอบคุณน้องสาว และญาติทุกท่าน สำหรับความรัก ความห่วงใย และกำลังใจดีเยี่ยมมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ด
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 แคนตาลูป.....	2
2.2 การทำแห้งโดยการออสโมซิส (osmotic dehydration)	3
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง.....	9
2.4 การใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ในการปรับปรุงผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง.....	13
2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....	15
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย.....	17
3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแคนตาลูป.....	19
3.2 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส.....	20
3.3 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง.....	21
3.4 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง.....	21
3.5 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง.....	21
3.6 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อ moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง.....	23

3.7	ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา....	23
4.	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	25
4.1	องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูป.....	25
4.2	ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการอบสโมซิท.....	26
4.3	ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง.....	30
4.4	ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง.....	40
4.5	ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง.....	46
4.6	ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อ moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง.....	52
4.7	ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....	55
5.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	80
	รายการอ้างอิง.....	83
	ภาคผนวก.....	90
	ภาคผนวก ก.....	91
	ภาคผนวก ข.....	102
	ภาคผนวก ค.....	105
	ภาคผนวก ง.....	121
	ภาคผนวก จ.....	137
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	140

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารต่อเนื้อแคนตาลูปที่รับประทานได้ 100 กรัม.....	3
4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูปสด.....	25
4.2 ค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และค่าอัตราการสูญเสีย น้ำของแคนตาลูปหลังการ อบสไมซิส.....	28
4.3 ความหนืดของสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ที่แปรอัตราส่วนของ ตัวถูกละลายชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	39
4.4 ค่าคงที่ที่ได้จากการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสไมซิสในสารละลายน้ำตาลต่างชนิด	34
4.5 สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้อธิบายพฤติกรรมการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง.....	36
4.6 ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองแบบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละชุดการทดลอง.....	39
4.7 ปริมาณความชื้น และค่า water activity ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	43
4.8 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสไมซิสใน สารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ.....	46
4.9 ปริมาณน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง.....	47
4.10 คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบเชิงพรรณนา ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสไมซิสในสารละลายน้ำตาล ชนิดต่าง ๆ	48
4.11 คะแนนผลการทดสอบการยอมรับ โดยใช้สเกลแบบ 9 ระดับ ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสไมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ.....	48
4.12 ค่า m_0 และค่าคงที่ C ที่คำนวณได้จาก BET model.....	55
4.13 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	57
4.14 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	58

ตารางที่	หน้า
4.29	
คะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	75
4.30	
คะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	75
4.31	
คะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการ เก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	76
4.32	
คะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการ เก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	77
4.33	
คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการ เก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	78
4.34	
คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการ เก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	78
ก.1	
การเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	100
ค.1	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า solid gain ในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่ม อบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง.....	105
ค.2	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดของสารละลายออสโมติกใน ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง.....	105
ค.3	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า water loss ในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่ม อบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง.....	105
ค.4	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์แคนตาลูป แช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง.....	105
ค.5	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ชั่วโม่งสุดท้ายในผลิตภัณฑ์แคนตาลูป แช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง.....	106
ค.6	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่ม อบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง.....	106
ค.7	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่ม อบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง.....	106

ตารางที่	หน้า
ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	107
ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	107
ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	108
ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	108
ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	109
ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	109
ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	110
ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	110
ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมม็อบแห้งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	111

ตารางที่	หน้า
ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดควบคุมในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	111
ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	112
ค.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	112
ค.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดเปรียบเทียบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	112
ค.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกัน ตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	113
ค.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดควบคุมในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	113
ค.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	114
ค.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	114
ค.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดเปรียบเทียบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	114

ตารางที่	หน้า
ค.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	115
ค.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	115
ค.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	116
ค.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	116
ค.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	117
ค.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	117
ค.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	118
ค.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	118
ค.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดเปรียบเทียบ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส.....	118

ตารางที่	หน้า
ค.35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	119
ค.36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	119
ค.37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	120
ค.38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	120
ค.39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดเปรียบเทียบ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส.....	120
ง.1 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสีย น้ำ ของแคนตาลูประหว่างการ อบสโมคในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ ณ เวลาต่าง ๆ.....	121
ง.2 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสีย น้ำระหว่างการอบสโมคใน สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดควบคุม ณ เวลา ต่าง ๆ.....	122
ง.3 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสีย น้ำระหว่างการอบสโมคใน สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้ ซอร์บิทอล 10% ณ เวลาต่าง ๆ.....	123
ง.4 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสีย น้ำระหว่างการอบสโมคใน สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้ ซอร์บิทอล 15% ณ เวลาต่าง ๆ.....	124
ง.5 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสีย น้ำระหว่างการอบสโมคใน สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้ กลีเซอรอล 10% ณ เวลาต่าง ๆ.....	125

ตารางที่	หน้า
ง.6 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสียน้ำระหว่างการอบสโมคิซิสใน สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้ กลีเซอรอล 15% ณ เวลาต่าง ๆ.....	126
ง.7 ปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อ100 กรัมของแข็ง) ของแคนตาลูปในแต่ละชุดการทดลอง ณ เวลาต่าง ๆ ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	127
ง.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้ง ของผลิตภัณฑ์ ชุดควบคุม ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	129
ง.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้ง ของผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	129
ง.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้ง ของผลิตภัณฑ์ที่ ใช้ซอร์บิทอล 15% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	130
ง.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้ง ของผลิตภัณฑ์ที่ ใช้กลีเซอรอล 10% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	130
ง.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้ง ของผลิตภัณฑ์ ที่ใช้กลีเซอรอล 15% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	131
ง.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้ง ของผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ชุดเปรียบเทียบ ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	131
ง.14 ค่า spin lattice relaxation time (T_1) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ ผ่านการอบสโมคิซิสในสารละลายซูโครสที่แปรอัตราส่วนของสารต่าง ๆ.....	132
ง.15 ค่าความชื้นสมดุล (กรัมน้ำต่อ100 กรัมของแข็ง) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบ อบแห้ง ในระบบที่มีสารละลายกลีเซอรอลตัวที่ให้ค่า a_w ต่าง ๆ	132
ง.16 ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	133
ง.17 ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	133
ง.18 ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	134
ง.19 ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	134

ตารางที่	หน้า
ง.20 ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	135
ง.21 ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	135
ง.22 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	136
ง.23 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	136

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสซีต.....	4
2.2 การแพร่ของน้ำและน้ำตาลในชั้นผลไม้ในระหว่างการออสโมซิส.....	4
2.3 กราฟอัตราการอบแห้ง.....	10
2.4 การเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง a_w ต่าง ๆ.....	13
2.5 อัตราของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวภาพของอาหารในช่วง a_w ต่าง ๆ.....	16
4.1 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งในระหว่างการแช่แคนตาลูปในสารละลายซูโครสเข้มข้น 40 และ 50 องศาบริกซ์ ตลอดระยะเวลาการออสโมซิส 48 ชั่วโมง.....	27
4.2 อัตราการสูญเสียน้ำในระหว่างการแช่แคนตาลูปในสารละลายซูโครสเข้มข้น 40 และ 50 องศาบริกซ์ ตลอดระยะเวลาการออสโมซิส 48 ชั่วโมง.....	27
4.3 กราฟการอบแห้ง (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ	32
4.4 กราฟอัตราส่วนความชื้น (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ	33
4.5 กราฟอัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ (a) แสดงในรูปอัตราการอบแห้งกับความชื้น (b) แสดงในรูปอัตราการอบแห้งกับค่าอัตราส่วนความชื้น.....	35
4.6 กราฟอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Page (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ.....	37
4.7 กราฟอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Henderson และ Pabis (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ.....	38
4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	41
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	43

ภาพที่	หน้า
4.10 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	44
4.11 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	45
4.12 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	45
4.13 ค่า spin lattice relaxation time (T_1) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่าน การอบสไมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ.....	51
4.14 Moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	53
4.15 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสไมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ.....	54
4.16 sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับ BET model ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	56
4.17 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บ รักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	61
4.18 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บ รักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	61
4.19 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บ รักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	62
4.20 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บ รักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	62
4.21 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บ รักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	63
4.22 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บ รักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	63

ภาพที่	หน้า
4.23 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab}) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	64
4.24 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab}) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	65
ก.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์.....	93
ก.2 ตัวอย่างลักษณะกราฟจากเครื่อง Instron universal testing materials machine.....	96
จ.1 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษา (0 สัปดาห์).....	137
จ.2 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	138
จ.3 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส.....	139

บทที่ 1

บทนำ

แคนตาลูปเป็นพืชตระกูลแตงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย เป็นผลไม้ที่มีรสหวาน กลิ่นหอม มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมด้วยวิตามินเอ และวิตามินซี จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ โดยในปี 2550 ประเทศไทยส่งออกแคนตาลูปมีมูลค่าสูงถึง 28.08 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2552) อย่างไรก็ตามในช่วงที่มีผลผลิตออกมาปริมาณมาก เกษตรกรจะต้องเผชิญกับปัญหาผลผลิตล้นตลาด และราคาตกต่ำ นอกจากนี้หลังการเก็บเกี่ยวแคนตาลูปจะมีอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 5-8 วัน (คานิ่ง คำอุดม, 2543) ทำให้ไม่สามารถกระจายสินค้าได้ทัน จึงเกิดปัญหาการเน่าเสีย และส่งผลกระทบต่อการตลาดของเกษตรกร ดังนั้นการนำแคนตาลูปมาแปรรูปจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ซึ่งนอกจากจะช่วยรองรับผลผลิตแคนตาลูปสดที่มีปริมาณมากแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์อีกด้วย

ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยในปี 2550 มีการส่งออกสินค้าผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง (รหัส HS:200600) ไปยังประเทศทั่วโลกมีมูลค่าสูงประมาณ 3,273 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2552) และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอนาคต อย่างไรก็ตามปัญหาด้านคุณภาพที่มักพบมากในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ได้แก่ รสชาติที่หวานจัด และลักษณะที่ไม่เป็นที่ต้องการต่างๆ เช่น เนื้อสัมผัสที่แห้งแข็ง เหี่ยวยุบ และเกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวหน้า จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้สารในกลุ่มพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์เข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต เนื่องจากสารในกลุ่มนี้มีระดับความหวานน้อยกว่าและมีสมบัติในการดูดความชื้นสูงกว่าซูโครส ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหวานลดลง มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มไม่แห้งแข็งเกินไป และช่วยลดค่า water activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์ลงได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาหาชนิด และปริมาณของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ ต่อการผลิตแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง โดยใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสในกระบวนการผลิต และศึกษาผลที่มีต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ในระหว่างการอบแห้ง และจลนพลศาสตร์การอบแห้งของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา โดยพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ที่นำมาศึกษามีสองชนิดคือ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับผลไม้แช่อิ่มอบแห้งชนิดอื่น ๆ ได้

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์

2.1 แคนตาลูป

แคนตาลูปเป็นพืชตระกูลแตง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* L. จัดอยู่ในวงศ์ *Cucurbitaceae* มีขนาดผลค่อนข้างใหญ่ โดยเฉลี่ยน้ำหนักมากกว่าหนึ่งกิโลกรัม เปลือกของผลหนา ผิวมีทั้งแบบเรียบและแบบมีร่องแห มีร่องเป็นทางยาวโดยรอบจากขั้วไปจนถึงส่วนก้น เนื้อมีสีส้มหรือสีเหลือง มีรสหวานและมีกลิ่นหอม มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ประเทศแถบอเมริกากลาง และเม็กซิโก (Parnell, Suslow and Harris, 2003) ส่วนในประเทศไทยปลูกมากในจังหวัดนครสวรรค์ ปราจีนบุรี และสระแก้ว พันธุ์แคนตาลูปที่ปลูกกันมากในประเทศไทย คือ พันธุ์ฮันนี่ พันธุ์ซันเลดี้ พันธุ์ฮันนี่ดีว ในงานวิจัยนี้เลือกใช้แคนตาลูปพันธุ์ซันเลดี้ เนื่องจากมีรสชาติหวาน กลิ่นหอม เป็นที่นิยมของผู้บริโภค และมีผลผลิตตลอดปี (คำนึ่ง คำอุดม, 2543; ยุพยงษ์ สุทธิธรรม, 2542)

แคนตาลูปมีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ โดยมีอายุตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวประมาณ 70-80 วัน แคนตาลูปที่อยู่ในระยะเก็บเกี่ยวนั้นสามารถสังเกตได้จากลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. รอยแยกของขั้วบริเวณรอยต่อระหว่างขั้วกับผล มีรอยร้าวสีน้ำตาลอ่อนเกิดขึ้น
2. สีของผลจะเปลี่ยนแปลงผิดกับเมื่ออยู่ในระยะผลอ่อนอย่างเห็นได้ชัด เช่น บางพันธุ์เปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีครีมเข้ม บางพันธุ์เปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีส้ม หรือสีนวล เป็นต้น
3. รอยนูนของร่องแหบริเวณรอบผล เมื่ออยู่ในระยะเก็บเกี่ยวจะแข็งและเห็นได้ชัดเจนขึ้น
4. กลิ่นของแคนตาลูป เมื่อสุกเต็มที่จะมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ
5. การทดสอบโดยวิธีทางเคมี เช่น วัดความหนาแน่นของเนื้อแตง และวัดปริมาณน้ำตาลในผล โดยแคนตาลูปที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ เมื่อนำเนื้อแตงมาคั้นน้ำ น้ำที่ได้ควรมีความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 1.04 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 10% (w/w)

การเก็บเกี่ยวแคนตาลูปควรเก็บเกี่ยวขณะผลสุกประมาณ 80% ซึ่งมีประโยชน์ในแง่การขนส่งสู่ตลาด เนื่องจากหลังจากนั้น 2-3 วัน ผลจะรับประทานได้พอดี (ธงชัย เนมขุนทด, 2531; คำนึ่ง คำอุดม, 2543)

องค์ประกอบของแคนตาลูปแตกต่างกันตามสายพันธุ์และระยะการสุก นอกจากนี้ แคนตาลูปยังเป็นแหล่งของสารอาหารโดยเฉพาะวิตามินเอ วิตามินซี (USDA, 2008) องค์ประกอบทางเคมี และสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อแคนตาลูป แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารต่อเนื้อแคนตาลูปที่รับประทานได้ 100 กรัม

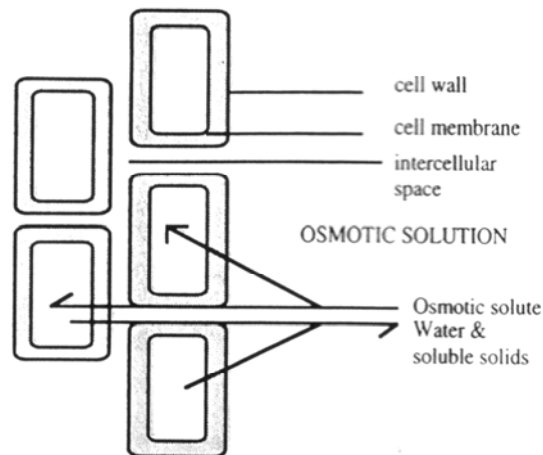
องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย (ต่อ 100 กรัม)
น้ำ (กรัม)	90.15
โปรตีน (กรัม)	0.84
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	0.19
เถ้า (กรัม)	0.65
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	8.16
เส้นใย (กรัม)	0.90
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	7.86
- ซูโครส (กรัม)	4.35
- กลูโคส (กรัม)	1.54
- ฟรักโทส (กรัม)	1.87
แร่ธาตุ (กรัม)	0.36
วิตามิน	
- วิตามินเอ (IU)	3382
- วิตามินซี (มิลลิกรัม)	36.70
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	34

ที่มา: ดัดแปลงจาก USDA Nutrient Database for Standard Reference (2008)

2.2 การทำแห้งโดยการออสโมซิส (osmotic dehydration)

การทำแห้งแบบออสโมซิส เป็นวิธีการกำจัดน้ำบางส่วนออกจากเนื้อเยื่อ โดยแช่ตัวอย่างในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นของสารละลายภายในเนื้อเยื่อ ความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ทำให้เกิดแรงขับ (driving force) และเกิดการถ่ายเทมวลสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า การถ่ายเทจะเกิดขึ้นในลักษณะทิศทางสวนกัน โดยน้ำภายในของประกอบในเนื้อเยื่อเคลื่อนที่ออกมาภายนอก ในขณะที่ตัวถูกละลายในสารละลายจะเคลื่อนที่เข้าไป และตัวถูกละลายบางส่วนในเนื้อเยื่อ เช่น น้ำตาล

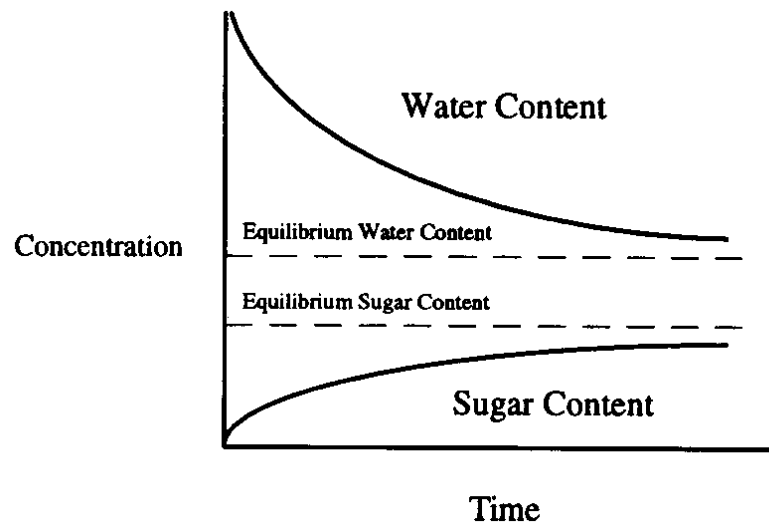
กรดอินทรีย์ เกลือแร่ วิตามิน แพร่ออกมาปริมาณเล็กน้อย (Raoult-Wack, 1994) การถ่ายเทมวลสารแสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส

ที่มา: Lazarides (2001)

การถ่ายเทมวลสารนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของการอบแห้ง จากนั้นอัตราการแพร่จะช้าลง และเข้าสู่ภาวะสมดุลในที่สุด (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 การแพร่ของน้ำและน้ำตาลในชิ้นผลไม้ในระหว่างการออสโมซิส

ที่มา: Baker (1997)

การกำจัดความชื้นบางส่วนด้วยวิธีการออสโมซิสก่อนเข้าสู่กระบวนการอบแห้งนั้น ช่วยลดการถูกทำลายของเนื้อเยื่อและสีของผักผลไม้ อันเนื่องมาจากความร้อน ลดการเปลี่ยนแปลงของสีจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่อาศัยเอนไซม์ นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียกลิ่น และวิตามินของผลไม้ได้ (Torreggiani and Bertolo, 2001)

กระบวนการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

2.2.1 ขั้นตอนการคัดเลือกและการเตรียมวัตถุดิบ

เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้นมีผลโดยตรงต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส และคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย จึงต้องมีการกำหนดปัจจัยด้านคุณภาพของวัตถุดิบ และมีการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา เช่น ชนิดหรือสายพันธุ์ ระดับความสุก ขนาดและรูปร่างของวัตถุดิบ Kowalska และ Lenart (2001) ศึกษาการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสของผลไม้ 3 ชนิด คือ แอปเปิล พักทอง และแครอท โดยแช่ในสารละลายซูโครสเข้มข้น 61.5 % นาน 3 ชั่วโมง พบว่าแอปเปิลมีอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งสูงกว่าพักทอง และแครอท ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างเนื้อเยื่อของแอปเปิลมีช่องว่างมากกว่าโครงสร้างของพักทอง และแครอท น้ำตาลจึงแพร่เข้าไปภายในชั้นแอปเปิลได้ง่ายกว่า

Antonio และคณะ (2004) ศึกษาผลของรูปทรงต่อการทำแห้งมะละกอด้วยวิธีการออสโมซิส โดยหั่นเป็นชิ้นยาวขนาด $5.5 \times 3.0 \times 0.5$ เซนติเมตร และแบบลูกเต๋าขนาดด้านละ 2.0 เซนติเมตร รูปทรงทั้งสองแบบมีน้ำหนักเท่ากัน จากนั้นแช่ในสารละลายซูโครสที่แปรความเข้มข้นเป็น 44, 55 และ 65 องศาบริกซ์ และแปรอุณหภูมิเป็น 30, 45 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ามะละกอกที่หั่นเป็นชิ้นยาวมีอัตราการสูญเสียน้ำ และมีน้ำหนักลดลงมากกว่าการหั่นเป็นลูกเต๋านในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าแบบลูกเต๋า จึงเกิดการสูญเสียน้ำและน้ำหนักลดลงมากกว่าการหั่นแบบลูกเต๋า

การเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการออสโมซิส สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และการใช้สารเคมี เช่น กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีการใช้แคลเซียมคลอไรด์เพื่อช่วยให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงขึ้น โดยแคลเซียมไอออนจะทำปฏิกิริยากับเพกติน เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพกเตต ซึ่งไม่ละลายน้ำ ช่วยให้ผนังเซลล์ของผลไม้มีความแข็งแรงมากขึ้น (Feeters and Tang, 1983) อافر ละออกอ (2547) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมของการใช้แคลเซียมคลอไรด์

ในช่วงการปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะละกอบ โดยแปรความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 5 ระดับ (0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 % (w/v)) แช่เป็นเวลา 7 วัน อัตราส่วนเนื้อต่อสารละลายเป็น 1:3 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มากขึ้น ปริมาณแคลเซียมที่ซึมเข้าไปในเนื้อมะละกอก็เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่งผลให้ค่าความแข็งของเนื้อมะละกอมิแวนโน้มสูงขึ้น และเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งของเนื้อมะละกอก็เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่แช่ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์สูงขึ้น มะละกอก็มีรสชาติแปลกปลอมมากขึ้น โดยการแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.5% นาน 5 วัน เป็นภาวะที่มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดทั้งในด้านสี ด้านรสชาติ ความแข็ง และความชอบโดยรวม

จิราพร กอศรีลบุตร (2549) หาภาวะที่เหมาะสมในการแช่แคนตาลูปในสารละลายผสมช่วงการ pretreatment โดยแปรระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 5 ระดับ (0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 % (w/v)) แช่จนปริมาณแคลเซียมในชิ้นแคนตาลูปมีค่าคงที่ พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ปริมาณแคลเซียมที่ซึมเข้าไปในชิ้นแคนตาลูปมีค่าเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มถึงประมาณวันที่ 4 ของการแช่ จากนั้นจะค่อนข้างคงที่ การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้ชิ้นแคนตาลูปมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น แต่การใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 1.5 และ 2.0% มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเซลล์ของแคนตาลูปมีลักษณะไม่แตกต่างกัน โดยมีลักษณะกลมรี และอยู่ชิดกันมากจนไม่เห็นช่องว่างของเซลล์ (intercellular space) โดยการใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1% นาน 6 วัน เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่าความแข็ง และมีลักษณะเซลล์ของแคนตาลูปไม่แตกต่างจากการใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.5 และ 2.0%

2.2.2 ขั้นตอนการอบสโมค

การถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบสโมค ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบสโมค เช่น

2.2.2.1 ชนิดของสารละลายอบสโมค

สารละลายอบสโมคแต่ละชนิดมีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบสโมคแตกต่างกัน ในการคัดเลือกสารละลายอบสโมคที่มีความเหมาะสมนั้นต้องพิจารณาถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ราคา และน้ำหนักโมเลกุลของสารที่จะนำมาใช้ โดยสารละลายอบสโมคที่นิยมใช้ได้แก่ ซูโครส กลูโคส โซเดียมคลอไรด์ ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล

(Cánovas and Mercado, 1996) Behnlian และ Spiess (2006) ศึกษาการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบสโมคซิสของแครอท โดยหั่นเป็นชิ้นลูกเต๋ารูปขนาดด้านละ 2 เซนติเมตร แช่ในสารละลายอบสโมคติกที่มีค่า a_w เท่ากัน ($a_w=0.91$) 4 ชนิด คือ ซูโครส กลูโคส ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าแครอทที่แช่ในสารละลายสารละลายกลูโคสมีอัตราการสูญเสียน้ำสูงสุด และเมื่อพิจารณาอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง พบว่ามีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล โดยกลีเซอรอลซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่สุด จะให้ค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งสูงที่สุด รองลงมาเป็นกลูโคส ซอร์บิทอล และซูโครส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีความสามารถในการแทรกผ่านผนังเซลล์ของแครอทได้ดีกว่าสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

El-Aouar และคณะ (2006) ศึกษาการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบสโมคซิสของมะละกอ ขึ้นขนาด 30 x 50 x 5 มิลลิเมตร โดยใช้สารละลายอบสโมคติก 2 ชนิด คือ ซูโครส และคอร์นไซรัป ที่แปรความเข้มข้นตั้งแต่ 44 ถึง 50% (w/w) แปรอุณหภูมิของสารละลายในช่วง 34 ถึง 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 120 ถึง 210 นาที พบว่าที่อุณหภูมิและความเข้มข้นเดียวกัน มะละกอที่แช่ในสารละลายซูโครสมีน้ำหนักที่ลดลง อัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งสูงกว่าเมื่อแช่ในคอร์นไซรัป ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายคอร์นไซรัปมีความหนืดสูงกว่าสารละลายซูโครส ส่งผลให้การถ่ายเทมวลสารเกิดได้น้อยลง โดยมะละกอที่แช่ในสารละลายคอร์นไซรัปมีค่าอัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งน้อยกว่าซูโครส ประมาณ 7-40% และ 53-56% ตามลำดับ

Rodrigues และ Fernandes (2007) ศึกษาผลของการใช้น้ำตาลชนิดอื่นทดแทนซูโครสบางส่วนในกระบวนการอบสโมคซิสแคนตาลูป โดยหั่นแคนตาลูปเป็นชิ้นลูกเต๋ารูปขนาดด้านละ 2 เซนติเมตร แช่ในสารละลายอบสโมคติกที่ประกอบด้วยซูโครสเข้มข้น 70% (w/w) และเกลือ NaCl เข้มข้น 5% (w/w) ที่อุณหภูมิ 42.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลอง และแปรปริมาณสารอบสโมคติกสองชนิดคือ กลูโคส และแมนนิทอล ลงไปแทนที่ซูโครสสองระดับคือ 0 และ 20% (w/w) พบว่าในสารละลายอบสโมคติกที่ประกอบด้วยกลูโคส 20% (w/w) มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสาร และอัตราการสูญเสียน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ แมนนิทอล 20% (w/w) และต่ำที่สุดคือในสารละลายอบสโมคติกที่ประกอบด้วยซูโครสเพียงชนิดเดียว ทั้งนี้เนื่องจากซูโครสมีน้ำหนักโมเลกุลสูง จึงเกิดการถ่ายเทมวลสารในอัตราที่ต่ำกว่ากลูโคส และแมนนิทอล ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า

2.2.2.2 ความเข้มข้นและอุณหภูมิของสารละลายออสโมติก

ระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิมีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส โดยการใส่สารละลายออสโมติกที่ระดับความเข้มข้นสูง มีผลให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในชั้นผลไม้กับสารละลายภายนอกสูง จึงเกิดการถ่ายเทมวลสารได้ดีกว่าการใช้สารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่ำ นอกจากนี้อุณหภูมียังเร่งให้การถ่ายเทมวลสารระหว่างภายใน และภายนอกชั้นผลไม้เข้าสู่สมดุลได้เร็วขึ้น (Azoubel and Murr, 2004) Kaymak-Ertekin and Sultanoğlu (2000) ศึกษาผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลายต่อการถ่ายเทมวลสารของแอปเปิล โดยหั่นแอปเปิลที่เจาะแกนกลางออกเป็นชิ้นวงแหวนหนา 5 ± 0.2 มิลลิเมตร แช่ในสารละลายซูโครสที่แปรความเข้มข้น 40-66% (w/w) สารละลายเด็กซ์โทรสที่แปรความเข้มข้น 30-50% (w/w) และสารละลายผสมระหว่างซูโครสกับเด็กซ์โทรส ที่แปรความเข้มข้น 60-70% (w/w) แปรอุณหภูมิของสารละลายเป็น 20-50 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ค่าอัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระดับความเข้มข้น มีผลให้เกิดแรงขับเคลื่อนของการถ่ายเทมวลสารระหว่างสารละลายกับชั้นผลไม้ได้ดีขึ้น และเมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น พบว่าค่าอัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงมีผลให้ผนังเซลล์ที่มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่านเสียหาย ทำให้ตัวถูกละลายแพร่เข้าไปภายในชั้นผลไม้ และสูญเสียน้ำออกมาภายนอกได้สูง

Falade และ Aworh (2005) ศึกษาการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสของมะเฟือง และมะม่วง โดยแช่มะเฟืองในสารละลายซูโครส ที่แปรความเข้มข้นเป็น 44 52 และ 60 องศาบริกซ์ แปรอุณหภูมิเป็น 27 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และแช่มะม่วงในสารละลายซูโครส ที่แปรความเข้มข้นเป็น 52 60 และ 68 องศาบริกซ์ แปรอุณหภูมิเป็น 27 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่าเมื่อความเข้มข้นและอุณหภูมิของสารละลายซูโครสสูงขึ้น ค่าอัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง ของผลไม้ทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลให้แรงดันออสโมติกสูงขึ้น ในขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิมิมีผลเร่งให้เกิดการแพร่ของน้ำได้ดีขึ้น และพบว่ามะเฟืองที่แช่ในซูโครสความเข้มข้น 52 องศาบริกซ์ และมะม่วงที่แช่ในซูโครสความเข้มข้น 52 และ 60 องศาบริกซ์ ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่สูงขึ้น จะเคลือบเป็นชั้นบาง ๆ โดยรอบชั้นผลไม้ ทำให้อัตราการแพร่ของรงควัตถุลดลง

Falade, Igbeka และ Ayanwuyi (2007) ศึกษาผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลายต่อค่าอัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งในระหว่างการอบสโมคซิสแห้งโม ที่หั่นเป็นชิ้นขนาด 30×50 มิลลิเมตร และแปรความหนาเป็น 10 20 และ 30 มิลลิเมตร แขนในสารละลายซูโครสที่แปรความเข้มข้นเป็น 40 50 และ 60 องศาบริกซ์ แปรอุณหภูมิของสารละลายเป็น 20 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าที่ขนาดของชิ้นแห้งโมเท่ากัน เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลาย ค่าอัตราการสูญเสียน้ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีแรงดันออสโมติกสูงขึ้น ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิมีผลให้ความหนืดของสารละลายลดลง และยังเป็นกรไลอากาศที่อยู่ในโครงสร้างของเนื้อเยื่อ ทำให้การกำจัดน้ำด้วยแรงดันออสโมติก และการเคลื่อนที่ของของแข็งเข้าไปในเนื้อแห้งโมดีขึ้น

นอกจากปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในขั้นต้น ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น การกวนขณะการอบสโมคซิส การนำสารละลายเก่ากลับมาใช้ซ้ำ อัตราส่วนระหว่างเนื้อต่อสารละลาย และการใช้ความดันสุญญากาศ เป็นต้น ซึ่งล้วนมีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการอบสโมคซิส และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกปัจจัยต่างๆ ในระหว่างการอบสโมคซิสนั้นต้องพิจารณาถึงต้นทุน และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และมีต้นทุนในการผลิตที่เหมาะสม

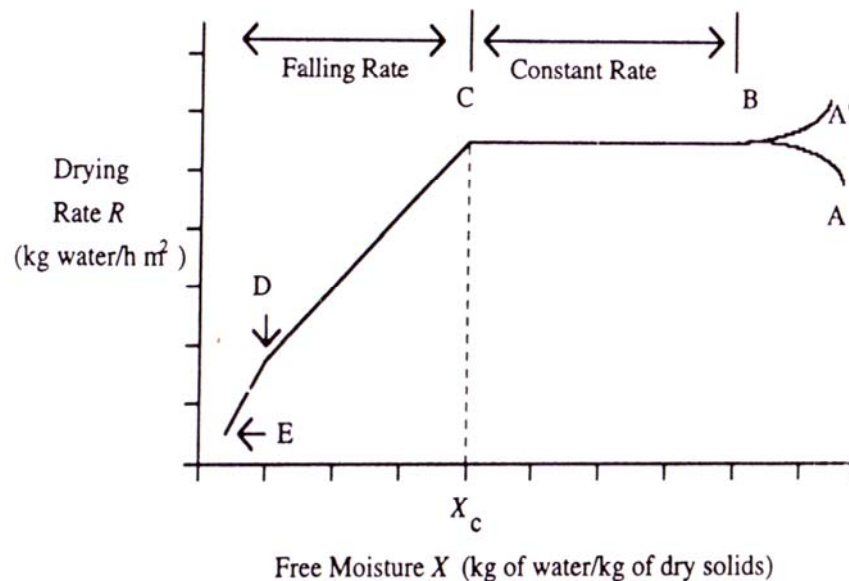
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ การลดปริมาณความชื้นของอาหารโดยการใช้ความร้อน จนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญของจุลินทรีย์ได้ คือมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.65 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นานขึ้น (Mossel, 1975) อาหารแห้งแต่ละชนิดนั้นมีปริมาณความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน โดยผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งต้องมียุทธปริมาณความชื้นต่ำกว่า 18% (โดยน้ำหนักเปียก) และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.65 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2532) นอกจากเป็นการถนอมอาหารแล้ว การอบแห้งยังช่วยลดปริมาตรและน้ำหนักของอาหาร ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและการขนส่งได้ กระบวนการอบแห้งอาหารโดยทั่วไป แบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (constant rate period) ในช่วงแรกของการอบแห้ง เป็นช่วงที่อุณหภูมิผิวหน้าของอาหารมีการปรับตัวเข้าสู่สมดุลกับอุณหภูมิภายในตู้อบ (ช่วง A/B หรือ AB ในภาพที่ 2.3) โดยทั่วไปจะใช้เวลาด้านมาก จากนั้นจะเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (ช่วง BC ในภาพที่ 2.3) ซึ่งเป็นช่วงที่มีการระเหยของความชื้นบริเวณผิวหน้าของอาหาร และมีการเคลื่อนที่ของ

ความชื้นจากด้านในขึ้นอาหารขึ้นมาทดแทนด้วยอัตราเร็วเท่ากับความชื้นที่ระเหยออกจากผิวหน้า โดยผิวหน้าจะยังมีลักษณะเปียกอยู่ ซึ่งอัตราการอบแห้งในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วของลมร้อน เป็นต้น

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (falling rate period) (ช่วง CE ในภาพที่ 2.3) เกิดขึ้นเมื่อความชื้นของอาหารลดต่ำกว่าความชื้นวิกฤต (จุด X_c ในภาพที่ 2.3) เป็นช่วงที่การเคลื่อนที่ของน้ำภายในขึ้นอาหารขึ้นมาทดแทนที่ผิวหน้าของการระเหยได้ลดลง เนื่องจากปริมาณความชื้นในขึ้นอาหารเหลือน้อย น้ำจึงเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลงมาก จนอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารมาอยู่ที่ผิวหน้าการระเหยต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำไปยังอากาศโดยรอบ อัตราการอบแห้งจึงลดลง โดยเมื่อผิวหน้าของการระเหยแห้งสนิท (จุด D ในภาพที่ 2.3) ระนาบของการระเหย (plane of evaporation) จะเคลื่อนที่เข้าไปด้านในของอาหาร ความชื้นจะต้องแพร่ผ่านชั้นของแข็งที่ผิวหน้าอาหาร ดังนั้นอัตราการอบแห้งจึงลดลงต่ำกว่าในช่วงแรก ซึ่งในบางครั้งอาจไม่พบความแตกต่างของอัตราการอบแห้งที่ลดลงในช่วงแรกและช่วงที่สอง



ภาพที่ 2.3 กราฟอัตราการอบแห้ง

ที่มา: Cánovas and Mercado(1996)

อัตราการอบแห้งของอาหารนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อ

การอบแห้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีคุณภาพตามต้องการ ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ผ่านการอบสโมซิท ได้แก่

2.3.1 ธรรมชาติของอาหาร โดยอาหารเนื้อโปร่งจะมีช่องว่างของเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบ ๆ จึงเกิดแรงดันขึ้นตามท่อ น้ำจะมีการเคลื่อนที่เป็นแบบไหลผ่านช่องแคบ (capillary flow) ซึ่งการเคลื่อนที่ของน้ำเกิดขึ้นได้สะดวก จึงมีอัตราการอบแห้งสูง ในขณะที่อาหารเนื้อแน่นไม่มีช่องว่างของเซลล์ที่ต่อเนื่องกัน น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้า และมีอัตราการอบแห้งต่ำกว่าอาหารเนื้อโปร่ง

2.3.2 ตำแหน่งของอาหารในตู้อบ อาหารที่อยู่ในบริเวณที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า จะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าอาหารที่อยู่ในบริเวณสัมผัสกับลมร้อนได้ไม่ดี และถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารจะสัมผัสลมร้อนไม่ทั่วถึง มีผลให้อัตราการอบแห้งต่ำลง

2.3.3 อุณหภูมิและความเร็วของลมร้อน กรณีที่อากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศ ส่วนการเพิ่มความเร็วมช่วยทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปจากอาหารได้ดีขึ้น ส่งผลให้อัตราการอบแห้งสูง

Doymaz และ Pala (2002) ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งองุ่นพันธุ์ไร้เมล็ดในตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่แปรอุณหภูมิ 50 55 60 และ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตรต่อวินาที โดยเปรียบเทียบองุ่นที่ผ่านการแช่สารละลาย traditional potassium carbonate (POTAS) และ alkaline emulsion of ethyl oleate (AEEO) กับองุ่นที่ไม่ได้ผ่านการแช่ พบว่าองุ่นที่ผ่านการแช่ในสารละลาย POTAS และ AEEO ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าองุ่นที่ไม่ผ่านการแช่ ทั้งนี้เนื่องจาก POTAS และ AEEO ทำให้ wax ที่เคลือบที่ผิวหน้าหลุดออก น้ำจึงระเหยได้ดีขึ้น โดยองุ่นที่ผ่านการแช่ใน AEEO ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด และเมื่อนำข้อมูลการอบแห้งที่ได้มาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองของ Page และแบบ Exponential พบว่าแบบจำลองของ Page มีความเหมาะสมกว่าแบบจำลองแบบ Exponential ในทุกชุดการทดลอง เนื่องจากแบบจำลองของ Page มีค่า r^2 สูงกว่า (0.995-0.999) แบบจำลองแบบ Exponential (0.973-0.995)

El-Aouar, Azoubel และ Murr (2003) ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งมะละกอที่ผ่านการอบสโมซิทในสารละลายซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิ 40 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.25 และ 3.25 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบกับมะละกอที่ไม่ผ่านการ

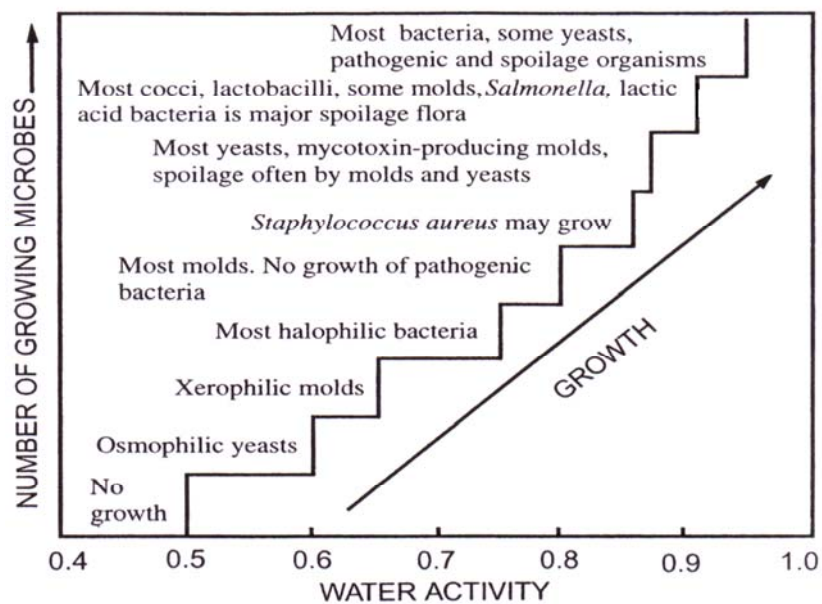
ออสโมซิส พบว่ามะละกอที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมะละกอที่ผ่านการออสโมซิส ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลที่แพร่เข้าไปในชั้นมะละกอจากขั้นตอนการออสโมซิส เกิดการตกลึกและขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำในระหว่างการอบแห้ง อัตราการอบแห้งจึงลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและความเร็วลมในระหว่างการอบแห้ง พบว่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการอบแห้งสูงขึ้น โดยมะละกอที่ไม่ผ่านการออสโมซิส มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเพิ่มจาก 1.72×10^{-9} เป็น 4.78×10^{-9} เมตรต่อวินาที ส่วนมะละกอที่ผ่านการออสโมซิสจะมีค่าเพิ่มจาก 1.03×10^{-9} เป็น 1.78×10^{-9} เมตรต่อวินาที

Mandala, Anagnostaras และ Oikonomou (2005) ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งแอปเปิลที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายกลูโคส หรือซูโครส ที่ความเข้มข้นสองระดับคือ 30% และ 45% (w/w) แช่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้งโดยใช้แบบจำลองของ Page พบว่าในช่วงเวลา 90 นาทีแรกของการอบแห้ง ความชื้นในชั้นผลไม้ที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายกลูโคสจะลดลงอย่างรวดเร็วเร็วกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการออสโมซิส แต่หลังจากช่วงเวลานี้อัตราการลดลงของความชื้นจะช้าลง สำหรับแอปเปิลที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครสพบว่าช่วงเวลา 40-50 นาทีแรกของการอบแห้ง ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นอัตราการลดลงของความชื้นจะช้าลงเช่นเดียวกัน โดยแอปเปิลที่ผ่านการแช่ที่ระดับความเข้มข้น 45% มีอัตราการลดลงของความชื้นน้อยที่สุด เนื่องจากในช่วงการออสโมซิสมีการสูญเสียน้ำสูง ทำให้น้ำที่เหลือถูกกำจัดออกไปในช่วงการอบแห้งได้ยากขึ้น

Riva และคณะ (2005) ศึกษาหาอัตราการอบแห้งของขึ้นแบริคอป ที่หั่นเป็นชิ้นลูกเต๋าด้านละ 14 มิลลิเมตร หลังผ่านการออสโมซิสในสารละลายสามชนิด คือ สารละลายซูโครสเข้มข้น 60% สารละลายซอร์บิทอลเข้มข้น 60% และสารละลายไอโซโทนิค (ซูโครส 13%) นาน 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบอัตราการอบแห้งหลังผ่านการออสโมซิสในซูโครสกับซอร์บิทอลพบว่าช่วงที่ขึ้นแบริคอปมีความชื้นมากกว่า 1.5 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง อัตราการอบแห้งจะใกล้เคียงกัน แต่หลังจากช่วงนี้อัตราการอบแห้งของแบริคอปที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครสจะลดลงต่ำกว่าเมื่อผ่านการแช่ในสารละลายซอร์บิทอล เนื่องจากซูโครสเกิดการตกลึกและขัดขวางการระเหยของน้ำในระหว่างการอบแห้ง

2.4 การใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ในการปรับปรุงคุณภาพผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง

ในการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งนิยมใช้น้ำตาลหรือเกลือเป็นส่วนประกอบในสารละลายออสโมติก เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้น หรือค่า a_w ที่เหมาะสม และมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ (Raoult-Wack, 1994) แต่เนื่องจากน้ำตาลและเกลือมีขีดจำกัดในการใช้ เพราะหากใช้มากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสหวานหรือเค็มมากเกินไป และผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหี่ยวยุบเนื่องจากการสูญเสียน้ำมากเกินไป การใช้สารในกลุ่มพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับน้ำตาลเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารในกลุ่มนี้มีรสหวานน้อยกว่าซูโครส และยังมีสมบัติในการลดค่า a_w มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w กับการเจริญของจุลินทรีย์แสดงดังภาพ 2.4 สารในกลุ่มพอลิไฮดริก-แอลกอฮอล์ที่นิยมใช้เป็นสารดูดความชื้นในอาหาร ได้แก่ propylene glycol, glycerol, polyethylene glycol และ sorbitol เป็นต้น (ไพโรจน์ วิริยะจारी, 2539; Gustavo et al.,2007)



ภาพที่ 2.4 การเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง a_w ต่างๆ

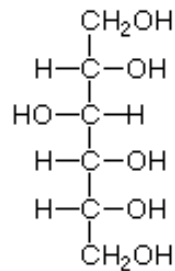
ที่มา: Roos (2001)

พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์หมายถึง สารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น กลีเซอรอล และน้ำตาลแอลกอฮอล์ เป็นต้น โดยน้ำตาลแอลกอฮอล์หมายถึงความถึงอนุพันธ์ของน้ำตาลที่หมู่คีโตน หรือหมู่แอลดีไฮด์ ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล สามารถแบ่งเป็นสามกลุ่มตามโครงสร้างทางเคมี คือ โมโนแซ็กคาไรด์แอลกอฮอล์ ได้แก่ ซอร์บิทอล แมนนิทอล และไซลิทอล

ซึ่งได้มาจาก กลูโคส แมนโนส และไซโลส ตามลำดับ ไดแซ็กคาไรด์แอลกอฮอล์ ได้แก่ มอลติทอล แลคทิทอล ซึ่งได้มาจากมอลโทสและแลคโทส ตามลำดับ ไอโซมอลที่ได้มาจาก α -D-กลูโคไพราโนซิล-[1-6]-D-ซอร์บิทอล (GPS) และ α -D-กลูโคไพราโนซิล-[1,6]-D-แมนนิทอล ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 และพอลิแซ็กคาไรด์แอลกอฮอล์ ได้มาจากไฮโดรจีเนตพอสตารซ์ไฮโดรไลเซต (HSHS) (Wolever et al., 2002)

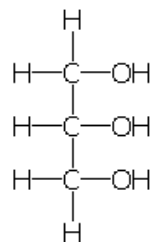
สารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่

ซอร์บิทอล (หรือ D-กลูซิทอล) มีสูตรเคมี $C_6H_{14}O_6$ จัดเป็นสารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวน 6 หมู่ มีสูตรโครงสร้างดังนี้



ในทางอุตสาหกรรมผลิตได้จากการไฮโดรจีเนชันของกลูโคส ซอร์บิทอลมีลักษณะเป็นผงสีขาว มีความสามารถในการละลายน้ำ และความสามารถในการดูดความชื้นได้สูง ทนความร้อนได้สูง มีระดับความหวานประมาณ 0.5-0.6 เท่าของซูโครส จัดอยู่ในรายชื่อประเภท GRAS (generally recognized as safe) นอกจากนี้ซอร์บิทอลยังให้พลังงานต่ำ โดยให้ค่าพลังงานเพียง 2 ใน 3 ของซูโครส (2.6 กิโลแคลอรีต่อกรัม) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำมาใช้กับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน รวมทั้งนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทไส้กรอก (ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์, 2550)

กลีเซอรอล มีสูตรเคมี $C_3H_8O_3$ จัดเป็นสารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ มีสูตรโครงสร้างดังนี้



กลีเซอรอลมีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้ดี มีจุดหลอมเหลว 17.8 องศาเซลเซียส จุดเดือด 290 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 1.261 มีความสามารถในการ

การดูดความชื้นและลดค่า a_w ได้ดี มีความหนืดสูง และเป็น plasticizer ช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงความนุ่มนวล และมีความยืดหยุ่นที่ดี นิยมใช้ทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม เช่น ช่วยให้เค้กคงความชุ่มชื้น ช่วยลดการเกิดปัญหา staling ควบคุมการระเหยของน้ำและการตกผลึกของน้ำตาล ในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่ม (วิภา สุโรจนเมธากุล, 2546)

Torreggiani และคณะ (1995) ศึกษาผลของการใช้ซอร์บิทอลร่วมกับ hydrolyzed lactose syrup (HLS) ต่อคุณภาพของพริกหยวกแช่อิ่มอบแห้ง โดยใช้สารละลายผสมซอร์บิทอลกับ HLS ในอัตราส่วน 1:1 เปรียบเทียบกับการใช้ HLS เพียงชนิดเดียว อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่าพริกแดงที่ผ่านการแช่ในสารละลายซอร์บิทอลมีค่า a_w ต่ำกว่า ในขณะที่มีปริมาณความชื้นสูงกว่าการไม่เติมซอร์บิทอล เมื่อเปรียบเทียบที่ค่า a_w เดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ซอร์บิทอลช่วยให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีความอ่อนนุ่มกว่าเมื่อไม่เติมซอร์บิทอล ทั้งนี้เนื่องจากซอร์บิทอลมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี จึงลดค่า a_w และคงความชุ่มชื้นของผลิตภัณฑ์ไว้ได้

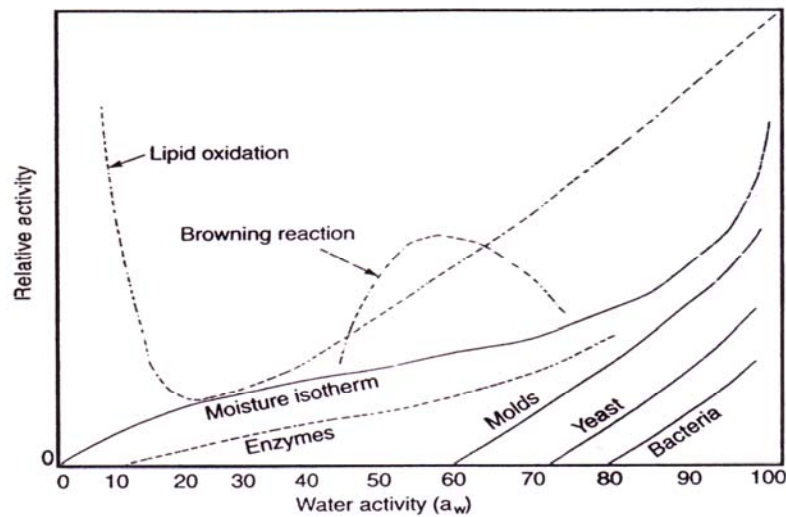
Guzman และ Hegarty (2000) ศึกษาการใช้กลีเซอรอลในการช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกเกด โดยมีการเพิ่มความชื้นให้ลูกเกดโดยการแช่ในน้ำอุ่น ที่อุณหภูมิ 130-180 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 1-2 นาที จากนั้นนำลูกเกดที่ได้มาบรรจุในถังสำหรับการแพร่ (infusion vessel) โดยให้มีความสูงประมาณ 6 ฟุต คลุกเคล้ากับกลีเซอรอลบริสุทธิ์ปริมาณ 18-23% (w/w) มีการกวนทุก 3 นาที พบว่าการใช้อุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง มีผลให้กลีเซอรอลแพร่เข้าไปในเนื้อของลูกเกดได้ดีที่สุด ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีความอ่อนนุ่มและมีความชื้นสูง ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี

Marcollis และ Peter (2005) ศึกษาความสามารถของไดออลชนิดต่าง ๆ ในการลดค่า a_w ของสารละลาย โดยไดออลที่นำมาศึกษานั้นมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 2-7 อะตอม พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเท่ากัน ไดออลที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย (อัตราส่วนของหมู่ไฮดรอกซิลต่อจำนวนคาร์บอนสูง) จะลดค่า a_w ของสารละลายลงได้ต่ำกว่าไดออลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (อัตราส่วนของหมู่ไฮดรอกซิลต่อจำนวนคาร์บอนต่ำ) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลที่มากขึ้นจะเป็นการเพิ่ม hydrophobicity ของสายโซ่ของไดออลให้สูงขึ้น

2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากจะขึ้นกับกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันแล้ว ภาวะแวดล้อมในการเก็บ เช่น ปริมาณ

ความชื้นของอากาศ อุณหภูมิ แสง และปริมาณออกซิเจน ล้วนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของอาหาร รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ ซึ่งส่งผลให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพด้านลักษณะทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ (Yan, Sousa-Gallagher and Oliveira, 2008) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวภาพของอาหารนั้นเกิดได้ดีในช่วง a_w แตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 อัตราของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวภาพของอาหารในช่วง a_w ต่าง ๆ
ที่มา: Baker (1997)

Valle, Cuadros และ Aguilera (1998) ศึกษาการหดตัวของผลิตภัณฑ์แอปเปิลแช่แข็งอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา โดยแช่แอปเปิลที่หั่นเป็นชิ้นรูปทรงกระบอก ยาว 23.7 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.8 มิลลิเมตร ในสารละลายซูโครสที่แปรความเข้มข้นเป็น 25 50 และ 70% (w/w) มอลโทสที่แปรความเข้มข้นเป็น 25 และ 50% (w/w) และสารละลายแล็กโทสเข้มข้น 25% (w/w) อบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 80 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 20%) และที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 5-10%) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ทุกชุดการทดลองมีลักษณะการหดตัวมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายอยู่ในสถานะ rubbery state (T_g ต่ำกว่า -50 องศาเซลเซียส) โดยที่อุณหภูมิการอบแห้งเดียวกัน เมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะการหดตัวน้อยลง ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งมีผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเกิดหดตัวมากขึ้น แต่แอปเปิลที่ผ่านการแช่สารละลายกลูโคส และมอลโทส ที่ระดับความชื้น 50% นั้นมีปริมาตรมากกว่าแอปเปิลที่ไม่ได้ผ่านการแช่ประมาณ 20-65%

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

วัตถุดิบ

แคนตาลูปที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศ (*Cucumis melo* L.) ที่อยู่ในระยะพัฒนาเต็มที่ (รอยร้าวบริเวณซ้่วมากกว่า 50%) ซึ่งจากตลาดมหานาค กรุงเทพมหานคร (ในช่วงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2550 ถึง กันยายน ปี พ.ศ. 2551)

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ

Acetic acid	Merck, Germany	A. R. grade
Ammonium molybdate	Univar, Australia	A. R. grade
Barium chloride	Univar, Australia	A. R. grade
Copper sulfate pentahydrate	Univar, Australia	A. R. grade
D-(+)-glucose	Merck, Germany	A. R. grade
Lithium chloride	Unilab, Australia	A. R. grade
Magnesium chloride	Univar, Australia	A. R. grade
Magnesium nitrate	Unilab, Australia	A. R. grade
Phenolphthalein	Merck, Germany	A. R. grade
Potassium acetate	Univar, Australia	A. R. grade
Potassium carbonate	Rankem, India	A. R. grade
Potassium chloride	Univar, Australia	A. R. grade
Potassium iodide	Univar, Australia	A. R. grade
Potassium sodium tartrate	Univar, Australia	A. R. grade
Sodium bromide	Unilab, Australia	A. R. grade
Sodium chloride	Univar, Australia	A. R. grade
di-Sodium hydrogen arsenate heptahydrate	Sigma, Germany	A. R. grade
di-Sodium hydrogen phosphate anhydrous	Carlo Erba, France	A. R. grade
Sodium hydroxide	Univar, Australia	A. R. grade
Sodium sulphate anhydrous	Carlo Erba, France	A. R. grade
Strontium chloride	Univar, Australia	A. R. grade

Sulfuric acid Carlo Erba, France A. R. grade

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

Peptone Univar, Australia A. R. grade

Plate count agar Himedia, India A. R. grade

Potato dextrose agar Himedia, India A. R. grade

Tartaric acid Univar, Australia A. R. grade

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต

น้ำตาลทรายขาว (Food grade) บริษัทมิตรผล จำกัด, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

Calcium chloride (Food grade) Tokuyama, Tokyo, Japan

Citric acid (Food grade) Foodchem International corporation, Shanghai, China

Glycerol (Food grade) CPL chemical, Johor Bahru, Malaysia

Sodium metabisulfite (Food grade) BASF The Chemical company, Ludwigshafen, Germany

Sorbitol (Food grade) Tokuyama, Tokyo, Japan

อุปกรณ์

Hand refractometer (Atago รุ่น 2210-w06, Tokyo, Japan)

เครื่อง pH meter (Eutech รุ่น Cyber Scan pH 1000 Bench, Singapore)

เครื่อง Spectrophotometer (Thermo Spectronic[®] รุ่น Genesys 10UV, Waltham, Massachusetts, USA)

เครื่องวัดสี ColorFlex (HunterLab Reston รุ่น 45/0-s, Reston, Virginia, USA)

เครื่อง AquaLab (Decagon Devices รุ่น AquaLink 3.0, Pullman, Washington, USA)

เครื่อง Instron universal testing materials machine (Instron Corporation รุ่น 5565, Canton, Massachusetts, USA)

เครื่อง Scanning Electron Microscope (JEOL รุ่น JSM-5410LV, Tokyo, Japan)
(วิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

เครื่อง nuclear magnetic resonance spectrometer (Varian รุ่น Inova, Palo Alto, California, USA) (วิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

เครื่องปั่นผสม (OTTO รุ่น BE-120, Beijing, China)

เครื่อง Vortex (Labnet รุ่น VX100, Woodbridge, New Jersey, USA)

เครื่อง Stomacher (Seward stomacher รุ่น 400, London, England)

เครื่องฆ่าเชื้อ (Tomy Autoclave รุ่น SS832, Tokyo, Japan)

ตู้อบลมร้อน 60 องศาเซลเซียส (Yeo heng, Bangkok, Thailand)

ตู้อบ 105 องศาเซลเซียส (WTB Binder รุ่น 78532, Tuttingen, Germany)

ตู้อบฆ่าเชื้อ 200 องศาเซลเซียส (Mettler รุ่น 600, Schwabach, Germany)

ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (WTB Binder รุ่น 7200, Tuttingen, Germany)

ตู้ควบคุมความชื้น (F.G.E., Bangkok, Thailand)

ตู้บ่มเชื้อ 37 องศาเซลเซียส (Mettler รุ่น 500, Schwabach, Germany)

เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ (Sartorius รุ่น BP 310s, Bradford, Germany)

เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด (Sartorius รุ่น ED 224s, Bradford, Germany)

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแตงตาลูป

ทำความสะอาดแตงตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศที่อยู่ในระยะพัฒนาเต็มที่ (รอยแตกที่ขั้วมากกว่า 50%) น้ำหนักผลประมาณ 1.5–1.8 กิโลกรัม ปอกเปลือก เอาไว้ในออก ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ดังต่อไปนี้

- 3.1.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2006) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1
- 3.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (total soluble solids) โดยใช้ hand refractometer
- 3.1.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธี Nelson-Somogyi (Nelson, 1944; Somogyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2
- 3.1.4 ปริมาณความเป็นกรดในรูปกรดซิตริก (titratable acidity) (A.O.A.C., 2006) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.3
- 3.1.5 อัตราส่วนปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณกรด โดยคำนวณค่าจากข้อ 3.1.2 และ 3.1.4
- 3.1.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งโดยใช้เครื่อง Instron universal testing materials machine ใช้หัววัดใบมีด Noodle Shear Blade วัดตัวอย่างแตงตาลูปที่

หั่นเป็นชิ้นตามความยาวของผล กว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร โดยหั่นด้านที่อยู่ติดกับเปลือกไปทางฝั่งซ้าย วัดตัวอย่างละ 1 ครั้ง จำนวนทั้งหมด 15 ตัวอย่าง หาค่า peak force (N) จากกราฟซึ่งจะบ่งบอกถึงความแข็งแรงของเนื้อแคนตาลูป รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4

3.1.7 ค่าสี ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ด้วยเครื่อง Color Flex แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมการมอง 10° วัดตัวอย่างละ 10 ครั้ง โดยวัดทั้งหมด 3 ตัวอย่าง รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.5

นำผลที่ได้มาพิจารณาเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกวัตถุดิบของการทดลองแต่ละครั้ง ให้มีความสม่ำเสมอ

3.2 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับชูโครสต่อการถายเทมวูลสารในระหว่างการออสโมซิส

เลือกแคนตาลูปที่มีสมบัติทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกันเป็นวัตถุดิบโดยใช้เกณฑ์ในข้อ 3.1 ปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นตามความยาวผล กว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร นำมาผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยแช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วย กรดซิตริก 1.0% (w/v) โซเดียมเมแทไบซัลไฟต์ 0.5% (w/v) และแคลเซียมคลอไรด์ 1.0% (w/v) นาน 6 วัน อัตราส่วนของเนื้อแคนตาลูปต่อสารละลายผสมเป็น 1:3 (w/v) (จิราพร กอศรีรัตนบุตร, 2549) ล้างน้ำและต้มในน้ำเดือด 10 นาที อัตราส่วนเนื้อแคนตาลูปต่อน้ำเป็น 1:3 (w/v) จากนั้นแช่ในสารละลายออสโมติก (สารละลายชูโครส) เข้มข้น 40 บริกซ์ และ 50 บริกซ์ ที่อุณหภูมิห้อง ความเข้มข้นละ 24 ชั่วโมง อัตราส่วนผลไม้ต่อสารละลายเป็น 1:3 (w/v) โดยที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก 50 บริกซ์ ทดแทนชูโครสบางส่วนด้วยพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์สองชนิด คือ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ที่ระดับความเข้มข้น 10% และ 15% (w/v) เปรียบเทียบกับการไม่ใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ (ชุดควบคุม) และการใช้น้ำตาลอินเวิร์ต 10% (v/v) (ชุดเปรียบเทียบ) (น้ำตาลอินเวิร์ตที่ใช้ในการทดลองเตรียมโดยเติมกรดซิตริก 5% (w/v) ในสารละลายชูโครสความเข้มข้น 50 บริกซ์ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน)

ติดตามอัตราการถายเทมวูลสารตลอดช่วงของการออสโมซิส โดยพิจารณาอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (solid gain) และอัตราการสูญเสียน้ำ (water loss) ตลอดระยะเวลาการออสโมซิส รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ก.6 วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลองสามซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้

Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

นำแคนตาลูปทั้ง 6 ชุดการทดลองที่ผ่านการอบสโมคซิซจากข้อ 3.2 มาอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.3 เมตรต่อวินาที บันทึกน้ำหนักของแคนตาลูปตลอดช่วงเวลาของการอบแห้ง ตั้งแต่เริ่มอบแห้งจนผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีน้ำหนักคงที่ ทดลองสองซ้ำ เลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้ง โดยใช้แบบจำลองของ Page และของ Henderson และ Pabis เพื่อใช้ในการทำนายลักษณะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์

3.4 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ใ้หมอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง

เลือกข้อมูลจากกราฟการอบแห้งที่ได้จากข้อ 3.3 ให้ครอบคลุมตลอดช่วงการอบแห้ง โดยใช้ค่าความชื้นเริ่มต้น ความชื้นวิกฤติ และความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่า 21.95% (โดยน้ำหนักแห้ง) (มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2532) เป็นตัวกำหนดเพื่อเลือกเวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ในแต่ละช่วงของการอบแห้ง ดังต่อไปนี้

3.4.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2006) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.1

3.4.2 water activity (a_w) โดยเครื่อง AquaLab รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.7

3.4.3 ค่าสี ด้วยเครื่อง Color Flex ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมการมอง 10° รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.5

ทำการทดลองสองซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลและหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์กับเวลาในการอบแห้ง

3.5 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง

ตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้งของทั้ง 6 ชุดการทดลอง โดยตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.5.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (hardness) ความเหนียว (adhesiveness) และค่างานในการตัด (cutting work) โดยใช้เครื่อง Instron universal materials testing machine ใช้หัววัดใบมีด Noodle Shear Blade วัดตัวอย่างแคนตาลูปโดยหันด้านที่อยู่ติดกับเปลือกไปทาง

ฝั่งซ้าย วัดตัวอย่างละ 1 ครั้ง จำนวนทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ทดลองสามซ้ำ รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.4

3.5.2 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ดัดแปลงวิธีการของ Ranganna (1977) ทดลองสามซ้ำ รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.8

3.5.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้งโดยใช้แบบทดสอบ 2 ชนิด

การทดสอบเชิงพรรณนา โดยใช้สเกลเส้นตรงระดับความเข้ม 0-10 (descriptive analysis with scaling) โดยประเมินลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ความคงรูปหรือการหดตัว ลักษณะเนื้อสัมผัส และรสชาติของผลิตภัณฑ์ (แบบทดสอบการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา แสดงดังภาคผนวก ข.1) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน โดยเป็นนิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทดลองสองซ้ำ

การทดสอบการยอมรับ (acceptance test) โดยใช้สเกลแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยประเมินลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ความคงรูปหรือการหดตัว ลักษณะเนื้อสัมผัส รสของผลิตภัณฑ์ในด้านรสหวาน และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ (แบบทดสอบ acceptance test แสดงดังภาคผนวก ข.2) ใช้ผู้ทดสอบประเภทไม่ฝึกฝนจำนวน 50 คน ประกอบด้วยนิสิตและบุคลากร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน และบุคคลทั่วไปที่อาศัยอยู่ในเขตดินแดง จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ทดลองหนึ่งซ้ำ

3.5.4 ส่งตัวอย่างวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งด้วยเครื่อง nuclear magnetic resonance spectrometer (NMR) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.9

3.5.5 ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานของเซลล์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งด้วยเครื่อง scanning electron microscopie (SEM) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.10

วางแผนการทดลองแบบ CRD ในข้อ 3.5.1-3.5.2 และวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ในข้อ 3.5.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นคัดเลือกภาวะการผลิตที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากอัตราการอบแห้งจากข้อ 3.3 และคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

3.6 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อ moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

ศึกษาลักษณะ moisture sorption isotherm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง โดยนำผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการคัดเลือกจากข้อ 3.5 มาใส่ใน equilibrium chamber ที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัวในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 10-90% (ภาคผนวก ก.11) บันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จนมีน้ำหนักคงที่ นำข้อมูลที่ได้มาแทนในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ BET model (Basu, Shivhare and Mujumdar, 2006) และคำนวณค่า BET monolayer ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

3.7 ศึกษาผลของการใช้สารพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้ภาวะการผลิตที่เลือกได้จากข้อ 3.5 เก็บแคนตาลูปที่ได้ในถุง polypropylene (PP) ขนาด 15×25 เซนติเมตร ถุงละ 5 ชิ้น น้ำหนักรวมประมาณ 50 กรัม ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ $65.7 \pm 4.2\%$ และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $41.4 \pm 1.4\%$ สุ่มตัวอย่างทุก 4 สัปดาห์ เป็นเวลา 20 สัปดาห์ (ยกเว้นข้อ 3.7.3 สุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ และข้อ 3.7.6 สุ่มตัวอย่างทุก 10 สัปดาห์) โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ดังนี้

3.7.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2006) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.1

3.7.2 water activity (a_w) โดยเครื่อง AquaLab รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก. 7

3.7.3 ค่าสี ด้วยเครื่อง Color Flex ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมการมอง 10° (วัดทุก 2 สัปดาห์) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.5 และคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab}) ดังสูตร ต่อไปนี้

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

โดยที่

ΔL^* = ค่า L^* ของแคนตาลูปหลังผ่านการเก็บรักษา - ค่า L^* ของแคนตาลูปเริ่มต้น

Δa^* = ค่า a^* ของแคนตาลูปหลังผ่านการเก็บรักษา - ค่า a^* ของแคนตาลูปเริ่มต้น

Δb^* = ค่า b^* ของแคนตาลูปหลังผ่านการเก็บรักษา - ค่า b^* ของแคนตาลูปเริ่มต้น

3.7.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (hardness) ความเหนียว (adhesiveness) และค่างานในการตัด (cutting work) โดยใช้เครื่อง Instron universal materials testing machine ใช้หัววัดใบมีด Noodle Shear Blade วัดตัวอย่างแคนตาลูปที่หั่นเป็นชิ้นตามความยาวของผลหนา 1.5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร วัดตัวอย่างละ 1 ครั้ง โดยวัดทั้งหมด 15 ตัวอย่าง รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.4

3.7.5 การเกิดสารสีน้ำตาล (Baloch, Buckle and Edwards, 1973) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.12

3.7.6 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์ และรา (Harrigan and McCance, 1976) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.13 และ ก.14 (วัดทุก 10 สัปดาห์)

3.7.7 คุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ acceptance test โดยใช้สเกลแบบ 9-point hedonic scale ประเมินลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ความคงรูป หรือการหลุดตัว การเกิดผลึกน้ำตาล ความชุ่มน้ำ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบประเภทไม่ฝึกฝนจำนวน 50 คน ประกอบด้วยนิสิตและบุคลากร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน และบุคคลทั่วไปที่อาศัยอยู่ในเขตดินแดง จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ทดลองหนึ่งซ้ำ (แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสดังแสดงในภาคผนวก ข.3)

วางแผนการทดลองแบบ CRD ในข้อ 3.7.1–3.7.6 ทำการทดลองสามซ้ำ และวางแผนการทดลองแบบ RCBD ในข้อ 3.7.7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูป

แคนตาลูปที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นพันธุ์ชั้นเลิศที่อยู่ในระยะพัฒนาเต็มที่ (รอยร้าวบริเวณซั้วมากกว่า 50%) น้ำหนักผลประมาณ 1.5-1.8 กิโลกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร ที่ผ่านการปอกเปลือก และนำไปแช่ในน้ำแล้ว ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแคนตาลูป แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูปสด

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย ¹ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ปริมาณความชื้น (%น้ำหนักเปียก)	91.61 ± 0.78
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	10.20 ± 0.22
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (g/100g)	3.79 ± 0.06
ค่าความเป็นกรด (%as citric acid)	0.07 ± 0.01
*ค่า sugar:acid ratio	129:1 - 145:1
ค่าความแข็ง (hardness, N)	14.25 ± 0.81
ค่าสีของเนื้อแคนตาลูป	
L*	68.08 ± 0.91
a*	10.00 ± 0.74
b*	27.56 ± 0.67

¹ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

* คำนวณจากค่าเฉลี่ยของแต่ละซ้ำของการทดลอง

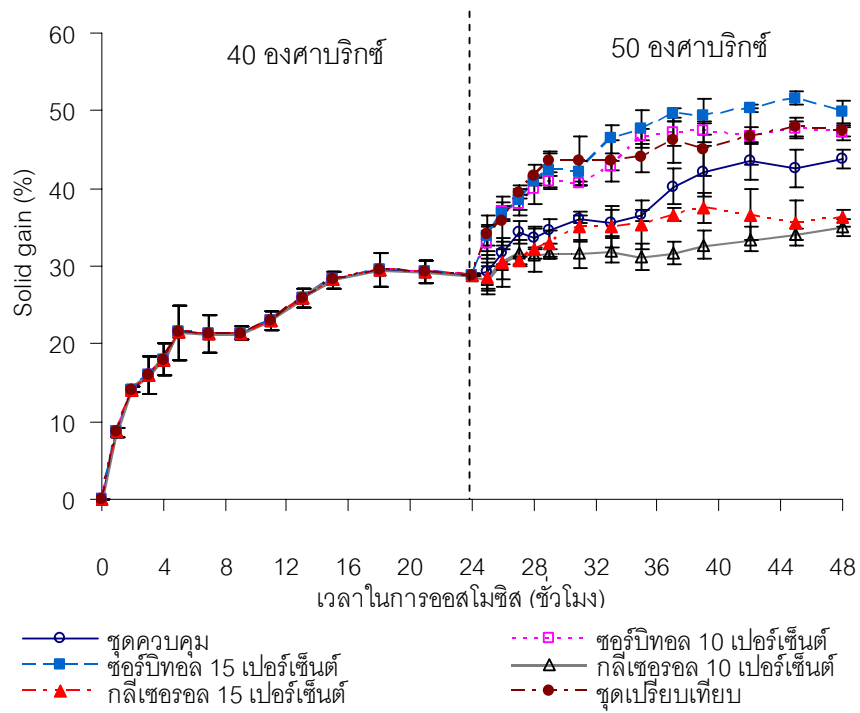
จากการวิเคราะห์พบว่าแคนตาลูปมีปริมาณความชื้นประมาณ 91% (โดยน้ำหนักเปียก) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ประมาณ 3.7-3.8% โดยมีค่าใกล้เคียงกับองค์ประกอบของแคนตาลูปสดที่รายงานโดย USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2008) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ประมาณ 10% ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าสีที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Saftner และ Lester (2009) ที่ศึกษาคุณภาพและองค์ประกอบของแคนตาลูปพันธุ์ฮันนี่ดีว พบว่าแคนตาลูปที่อยู่ในระยะสุกเต็มที่พร้อมบริโภคนั้นจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่

ละลายได้ในช่วง 8.51-12.10% (w/w) และมีค่าความสว่าง (L^*) ของผิวด้านนอกของเนื้ออยู่ในช่วง 66.05-67.67 แคนตาลูปสดโดยทั่วไปจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดในช่วง 7-17% ส่วนในทางการค้าจะยอมรับแคนตาลูปสดที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ไม่น้อยกว่า 9% (Hodges, 2005) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด ค่า sugar:acid ratio ค่าความแข็ง และค่าสี สามารถใช้บ่งบอกถึงระดับความสุกของผลไม้ได้ (Dhatt and Mahajan, 2007) ดังนั้นจึงนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกวัตถุดิบแคนตาลูปเริ่มต้นให้อยู่ในเกณฑ์เดียวกันตลอดการทดลอง ในงานวิจัยนี้เลือกเกณฑ์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในช่วง 10-11% (w/w) ค่าความเป็นกรดในช่วง 0.06-0.07% (ในรูป citric acid) ค่าอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดในช่วง 129-145 ค่าความแข็งของเนื้อในช่วง 13-15 N เป็นระดับคุณภาพในการคัดเลือกวัตถุดิบในการทดลองแต่ละครั้ง

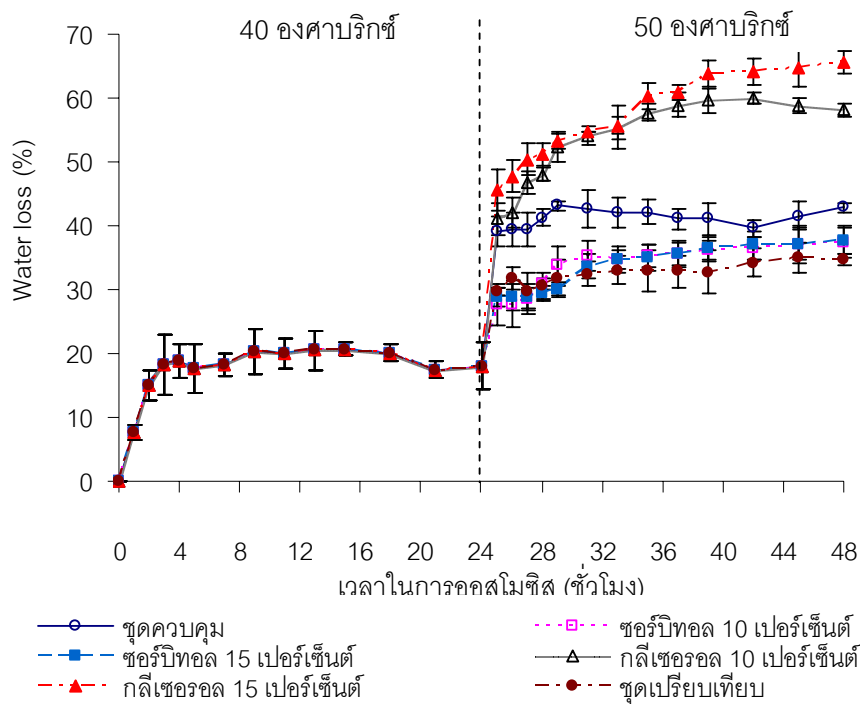
4.2 ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส

ผลการถ่ายเทมวลสารในรูปของอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (SG) และอัตราการสูญเสีย น้ำ (WL) แสดงดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.1 พบว่าค่า SG ของแคนตาลูปที่แช่ในสารละลายซูโครสเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 5 ชั่วโมงแรก จากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นจะช้าลง แล้วค่อนข้างคงที่จนถึงชั่วโมงที่ 24 ของการออสโมซิส และเมื่อเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของสารละลายเป็น 50 องศาบริกซ์ พบว่าการใช้ซอร์บิทอล และซูดเบรียบเทียบ (น้ำตาลอินเวิร์ต 10%) มีค่า SG เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงชั่วโมงที่ 30 จากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นจะช้าลง และค่อนข้างคงที่จนถึงชั่วโมงที่ 48 ของการออสโมซิส ส่วนซูดควบคุม (พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ 0%) จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า SG น้อยกว่าการใช้ซอร์บิทอล และซูดเบรียบ โดยค่า SG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงชั่วโมงที่ 42 จากนั้นจะมีแนวโน้มคงที่ ในขณะที่การใช้กลีเซอรอล ค่า SG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงชั่วโมงที่ 30 จากนั้นจะมีแนวโน้มคงที่จนถึงชั่วโมงที่ 48 ของการออสโมซิส เมื่อพิจารณาค่า SG ที่ชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 4.2) ของการออสโมซิส พบว่าการใช้ซอร์บิทอล 10% ซอร์บิทอล 15% และซูดเบรียบเทียบ ทำให้ค่า SG สูงกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า SG ที่เพิ่มขึ้นนี้มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล เพราะซอร์บิทอล และน้ำตาลอินเวิร์ต มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าซูโครสจึงแพร่ผ่านเนื้อเยื่อของแคนตาลูปได้ดีกว่า ส่งผลให้มีค่า SG สูงกว่าซูดควบคุม (Behnlian and Spiess, 2006) แต่การใช้กลีเซอรอล 10% และกลีเซอรอล 15% มีผลให้ค่า SG ต่ำกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.1)



ภาพที่ 4.1 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งในระหว่างการแช่แคนตาลูปในสารละลายซูโครสเข้มข้น 40 และ 50 ongsabarikhi ตลอดระยะเวลาการออสโมซิส 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.2 อัตราการสูญเสียน้ำในระหว่างการแช่แคนตาลูปในสารละลายซูโครสเข้มข้น 40 และ 50 ongsabarikhi ตลอดระยะเวลาการออสโมซิส 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.2 ค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และค่าอัตราการสูญเสียของแคนตาลูปหลังการ
อบสโมค

ช่วงการอบสโมค	ชุดการทดลอง	ค่า solid gain (%)	ค่า water loss (%)
ชั่วโมงที่ 24 ของการอบสโมค			
ในสารละลายอบสโมค	-	28.89 ^e ±0.15	18.08 ^e ±3.72
เข้มข้น 40 °Brix			
	ชุดควบคุม	43.78 ^c ±1.14	42.86 ^c ±0.81
ชั่วโมงที่ 48 ของการอบสโมค	ซอร์บิทอล 10%	47.13 ^b ±0.85	37.43 ^d ±2.41
ในสารละลายอบสโมค	ซอร์บิทอล 15%	49.84 ^a ±1.39	37.72 ^d ±2.22
เข้มข้น 50 °Brix			
	กลีเซอรอล 10%	34.98 ^d ±1.01	58.12 ^b ±1.05
	กลีเซอรอล 15%	36.26 ^d ±1.11	65.66 ^a ±1.77
	ชุดเปรียบเทียบ	47.45 ^b ±0.64	34.74 ^d ±0.85

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีลักษณะเป็นของเหลวข้นและเหนียว จึงทำให้สารละลายอบสโมคมีความหนืดกว่าการไม่ใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.2) ผลการวิเคราะห์ความหนืดของสารละลายอบสโมคแสดงดังตารางที่ 4.3 โดยความหนืดของสารละลายอบสโมคที่เพิ่มขึ้นนี้มีผลให้การแพร่ผ่านของตัวถูกละลายเข้าไปในโครงสร้างส่วนที่เป็นรูพรุนของชิ้นผลไม้ได้น้อยลง การใช้กลีเซอรอลจึงมีค่า SG ต่ำกว่าชุดควบคุมซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับรายงานของ Guillemín และคณะ (2008) ที่ศึกษาผลของความหนืดของสารละลายอบสโมค ต่อการแพร่ของตัวถูกละลายเข้าไปในชิ้นแอปเปิลในระหว่างการอบสโมคพบว่าเมื่อสารละลายอบสโมคมีความหนืดเพิ่มขึ้น ตัวถูกละลายจะแพร่เข้าไปในโครงสร้างส่วนที่เป็นรูพรุนของแอปเปิลได้น้อยลง

จากภาพที่ 4.2 พบว่าค่า WL ของแคนตาลูปที่แช่ในสารละลายซูโครสเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 4 ชั่วโมงแรก จากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นจะช้าลงและค่อนข้างคงที่ จนถึงชั่วโมงที่ 24 ของการอบสโมค และเมื่อเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของสารละลายเป็น 50 องศาบริกซ์ ค่า WL ของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงแรก จากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นจะช้าลง และค่อนข้างคงที่จนถึงชั่วโมงที่ 48 ของการอบสโมค โดยการใช้กลีเซอรอลมีผลให้ค่า WL มีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าชุดควบคุม

ในขณะที่การใช้ซอร์บิทอลและซูดเปรียบเทียบ ค่า WL จะมีแนวโน้มต่ำกว่าซูดควบคุม เมื่อพิจารณาค่า WL ที่ชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 4.2) จะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล 10% ซอร์บิทอล 15% และซูดเปรียบเทียบ มีผลให้ค่า WL ต่ำกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.3) เนื่องจากในระหว่างการออกซิเดชัน ซอร์บิทอล และน้ำตาลอินเวิร์ตซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ดีสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในชั้นผลไม้ได้สูง สืบเนื่องจากค่า SG ที่สูงกว่าซูดควบคุม และจับกับน้ำไว้จึงขัดขวางการแพร่ของน้ำภายในชั้นแคนตาลูป ดังนั้นค่า WL จึงน้อยกว่าซูดควบคุม แต่การใช้กลีเซอรอล 10% และกลีเซอรอล 15% มีค่า WL สูงกว่าซูดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติก โดยที่กลีเซอรอลเป็นสารที่มีค่า a_w ต่ำ มีผลให้แรงดันออสโมติกของสารละลายมีค่าสูง จึงเกิดแรงขับให้น้ำแพร่ออกมาภายนอกสูงกว่าซูดควบคุม (El-Aouar et al., 2006)

ตารางที่ 4.3 ความหนืดของสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ที่แปรอัตราส่วนของตัวถูกละลายชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ซูดการทดลอง	ความหนืด (cP)
ซูดควบคุม	44.9 ^e ±0.1
ซอร์บิทอล 10%	47.1 ^c ±0.3
ซอร์บิทอล 15%	45.4 ^d ±0.0
กลีเซอรอล 10%	74.1 ^b ±0.2
กลีเซอรอล 15%	102.2 ^a ±0.0
ซูดเปรียบเทียบ	38.9 ^f ±0.1

a,b,c...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ที่เติมร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า SG และ WL พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์จาก 10% เป็น 15% ค่า SG และ WL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงดันออสโมติกของสารละลายมีค่าสูงขึ้น ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Ooizumi และคณะ (2000) ที่ศึกษาการทำแห้งด้วยวิธีการออกซิเดชันในเนื้อปลาแมกเคอเรล โดยแช่เนื้อปลาที่มีขนาดเท่ากัน (1x1x6 เซนติเมตร) ในสารละลายพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์สามชนิดคือ มอลติทอล ซอร์บิทอล และกลีเซอรอลที่แปรความเข้มข้น 1.0-4.0 M ซอร์บิทอลที่แปรความเข้มข้น 0.5-2.0 M และมอลติทอลที่แปรความเข้มข้น 0.25-1.0 M ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 3-48 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ส่งผลให้ค่า WL และ SG สูงขึ้น เนื่องจากแรงดัน

ออสโมติกมีค่าสูงขึ้น โดยค่า WL และ SG จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกจากนั้นจะช้าลงในช่วงหลัง

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Moreira และคณะ (2007) ที่ศึกษาการทำแห้งเกาลัดด้วยวิธีการออสโมซิสในสารละลายกลีเซอรอล โดยแช่เกาลัดในสารละลายกลีเซอรอลที่แปรระดับความเข้มข้นเป็น 25 35 และ 60% (w/w) และแปรระดับการกวนเป็น 0 40 และ 110 รอบต่อวินาที พบว่าที่การกวนระดับเดียวกัน เมื่อระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลสูงขึ้น ค่า SG และ WL ของเกาลัดมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ a_w ของสารละลายมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลให้แรงดันออสโมติกมีค่าเพิ่มขึ้นจึงเกิดการถ่ายเทมวลสารได้ดีขึ้น และกลีเซอรอลยังมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระของสารละลายลดลง นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาอัตราส่วนค่า WL/SG ของเกาลัดที่แช่ในสารละลายกลีเซอรอลเปรียบเทียบกับ การแช่ในสารละลายซูโครสและกลูโคส พบว่าเกาลัดที่แช่ในสารละลายกลีเซอรอลมีค่า WL/SG สูงกว่าการแช่ในสารละลายซูโครสและกลูโคส แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรอลมีความสามารถในการกำจัดน้ำออกจากเกาลัดในระหว่างการออสโมซิสดีกว่าซูโครสและกลูโคส ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของตัวทำละลายมีผลทำให้ความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในและภายนอกขึ้นผลไม่มีค่ามากขึ้น ทำให้การถ่ายเทมวลสารเกิดได้ดีขึ้น (Fernandes et al., 2006)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าชนิดและความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ในสารละลายออสโมติก รวมถึงความหนืดของสารละลาย ส่งผลโดยตรงต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส โดยพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นจะส่งผลให้การถ่ายเทมวลสารเกิดได้ดีขึ้น

4.3 ผลของการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

นำแคนตาลูปที่ผ่านการออสโมซิส ทั้งหกชุดการทดลอง (ชุดควบคุม ซอร์บิทอล 10% ซอร์บิทอล 15% กลีเซอรอล 10% กลีเซอรอล 15% และชุดเปรียบเทียบ) ไปอบแห้งตามวิธีการในข้อ 3.3 นำข้อมูลน้ำหนักที่บันทึกได้ในระหว่างการอบแห้งมาคำนวณเป็นปริมาณความชื้นและสร้างกราฟการอบแห้ง ศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้ง และเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายลักษณะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมอบแห้ง

จากกราฟการอบแห้งที่ได้ (ภาพที่ 4.3) พบว่าเมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของทุกชุดการทดลองมีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จากนั้นจะช้าลงจนมีปริมาณความชื้นคงที่ในช่วงท้ายของการอบแห้ง เนื่องจากปริมาณความชื้นเริ่มต้นของแต่ละชุด

การทดลองมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการสูญเสียไอน้ำในระหว่างการอบสโมคที่แตกต่างกัน โดยชุดควบคุม ซอร์บิทอล 10% ซอร์บิทอล 15% กลีเซอรอล 10% กลีเซอรอล 15% และ ชุดเปรียบเทียบ มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 140.85 146.10 144.29 108.02 111.41 และ 133.42 กรัม/น้ำต่อ 100 กรัมของแข็ง ตามลำดับ ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบการลดลงของปริมาณความชื้นในแต่ละชุดการทดลองได้ จึงนำข้อมูลปริมาณความชื้นที่ได้มาคำนวณเป็นค่าอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) ตามสมการที่ 4.1 เพื่อให้แต่ละชุดการทดลองมีค่าความชื้นเริ่มต้นเท่ากัน ซึ่งสูตรการคำนวณอ้างอิงมาจาก Mandala, Anagnostaras และ Oikonomou (2005)

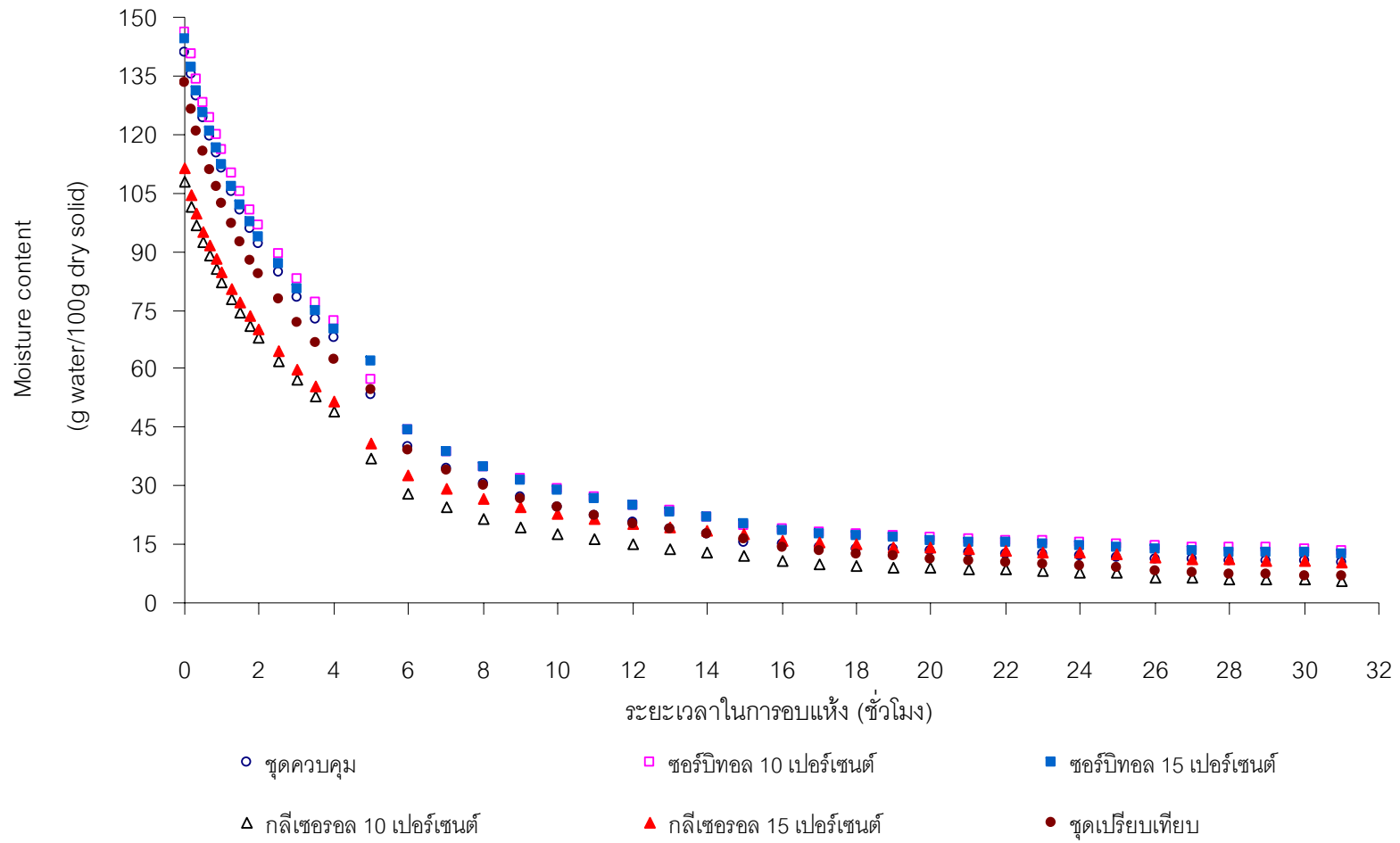
$$MR = \frac{(M_t - M_o)}{(M_o - M_e)} \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

เมื่อ MR = อัตราส่วนความชื้น
 M_t = ปริมาณความชื้นที่เวลาใด ๆ (โดยน้ำหนักแห้ง)
 M_o = ปริมาณความชื้นที่เริ่มต้น (โดยน้ำหนักแห้ง)
 M_e = ปริมาณความชื้นที่สมดุล (โดยน้ำหนักแห้ง)

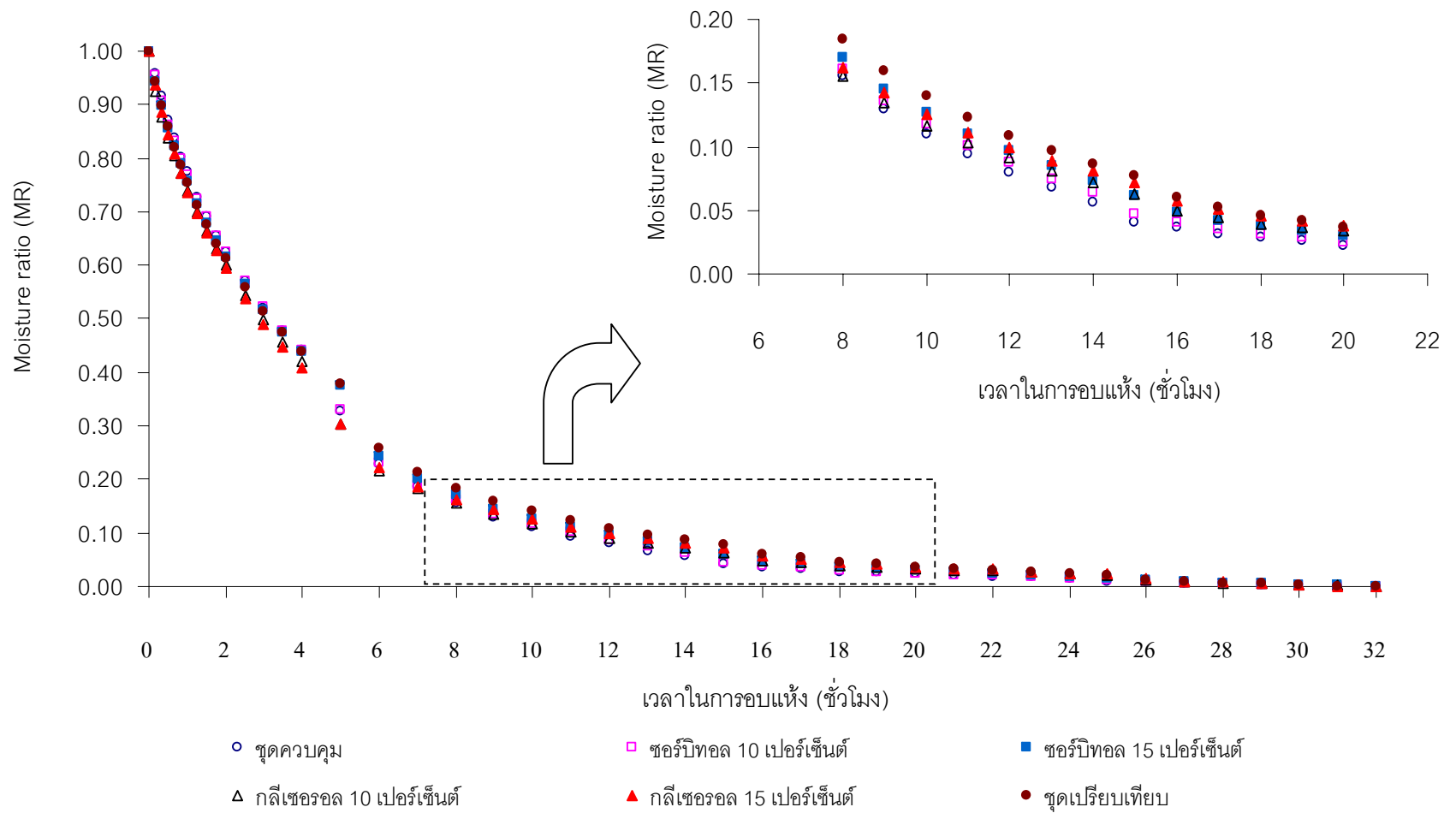
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งแสดงดังภาพที่ 4.4 นำค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้มาคำนวณหาอัตราเร็วในการอบแห้ง เนื่องจากกราฟอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นแบบ exponential จึงสมมุติให้ใช้สมการ exponential อย่างง่ายเพื่อใช้ดูแนวโน้มของอัตราการอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง และคำนวณหาอัตราการอบแห้งในรูปอนุพันธ์ของค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง ดังสมการที่ 4.2 ซึ่งสูตรการคำนวณอ้างอิงมาจาก Doymaz และ Pala (2002)

$$\begin{aligned} \text{Drying rate} &= -d(MR)/dt \text{ .dry solid} \\ &= -d[\exp(-kt)]/dt \text{ .dry solid} \\ &= k \cdot \exp(-kt) \text{ .dry solid} \quad \dots\dots\dots(4.2) \end{aligned}$$

เมื่อ MR = อัตราส่วนความชื้น
 t = เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)
 k = ค่าคงที่ของการอบแห้ง (1/ชั่วโมง)



ภาพที่ 4.3 กราฟการอบแห้ง (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ผ่านการออกซิซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ



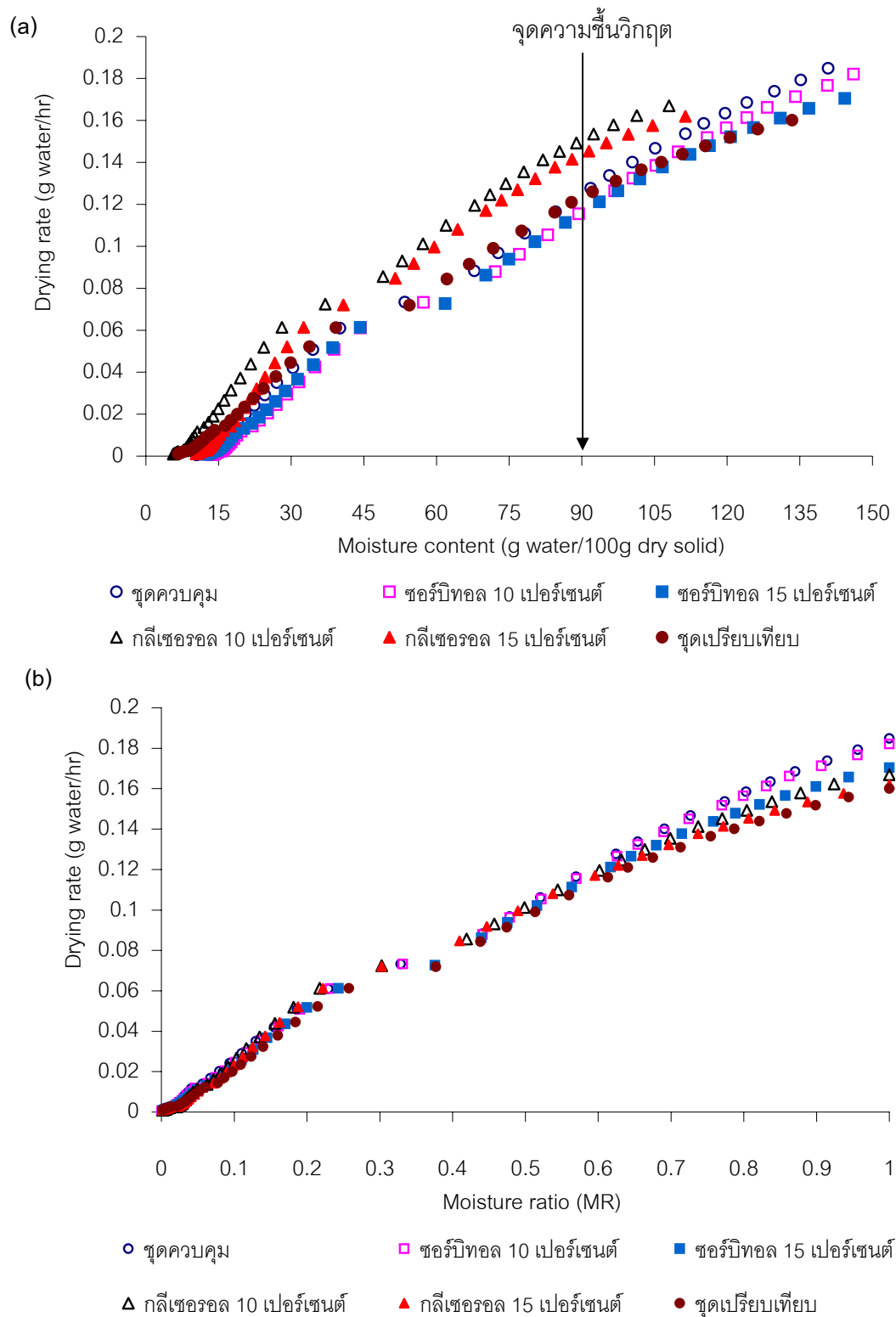
ภาพที่ 4.4 กราฟอัตราส่วนความชื้น (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ผ่านการอบสโมกในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

นำข้อมูลอัตราการอบแห้งที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (4.2) มาแสดงในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราเร็วในการอบแห้งกับความชื้น และค่า MR (ภาพที่ 4.5) และหาค่าคงที่การอบแห้ง (ค่าคงที่) ของการทดลองจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln MR$ กับเวลาในการอบแห้ง พบว่าค่าคงที่ที่ได้จากการทดลอง (ตารางที่ 4.4) จะแปรผันตามกับอัตราการอบแห้งที่แสดงอยู่ในรูปอัตราการอบแห้งกับค่าอัตราส่วนความชื้น (ภาพที่ 4.5 b) โดยชุดควบคุมมีอัตราการอบแห้งสูงสุด รองลงมาเป็นซอร์บิทอล 10%, ซอร์บิทอล 15%, กลีเซอรอล 10%, กลีเซอรอล 15% และชุดเปรียบเทียบ ตามลำดับ โดยพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อแปรระดับความเข้มข้นสูงขึ้นอัตราการอบแห้งจะต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์และน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี จะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการอบแห้ง โดยสารเหล่านี้จะจับกับน้ำได้ดีกว่าซูโครส ทำให้การระเหยของน้ำในระหว่างการอบแห้งเกิดได้ช้า มีผลมีให้อัตราการอบแห้งลดลง (Cánovas and Mercado, 1996)

ตารางที่ 4.4 ค่าคงที่ที่ได้จากการทดลองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ผ่านการอบสโมคซิลในสารละลายน้ำตาลชนิดต่างๆ

ชุดการทดลอง	ค่าคงที่ (h^{-1})	R^2
พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ 0%	0.1849	0.9927
ซอร์บิทอล 10%	0.1821	0.9229
ซอร์บิทอล 15%	0.1705	0.9935
กลีเซอรอล 10%	0.1669	0.9820
กลีเซอรอล 15%	0.1619	0.9800
น้ำตาลอินเวิร์ต 10%	0.1601	0.9898

เลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลการอบแห้งที่ได้จากการทดลอง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Page และของ Henderson และ Pabis (ตารางที่ 4.5) คำนวณหาค่า Least Square โดยใช้ฟังก์ชัน Solver ในโปรแกรม Microsoft Office Excel[®] 2003 และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการทำนายลักษณะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งทุกชุดการทดลอง



ภาพที่ 4.5 กราฟอัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมมersion ที่ผ่านการอบสโมคในสารละลายน้ำตาลชนิดต่างๆ (a) แสดงในรูปอัตราการอบแห้งกับความชื้น (b) แสดงในรูปอัตราการอบแห้งกับค่าอัตราส่วนความชื้น

ตารางที่ 4.5 สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้อธิบายพฤติกรรมกรอบแห่งผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้ง

แบบจำลองของ	สมการ แบบจำลอง	เอกสารอ้างอิง
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	El-Aouar et al., 2003; Mandala, Anagnostaras and Oikonomou, 2005; Dissa et al., 2008
Henderson และ Pabis	$MR = a.\exp(-kt)$	Dissa et al., 2008; Doymaz, 2008

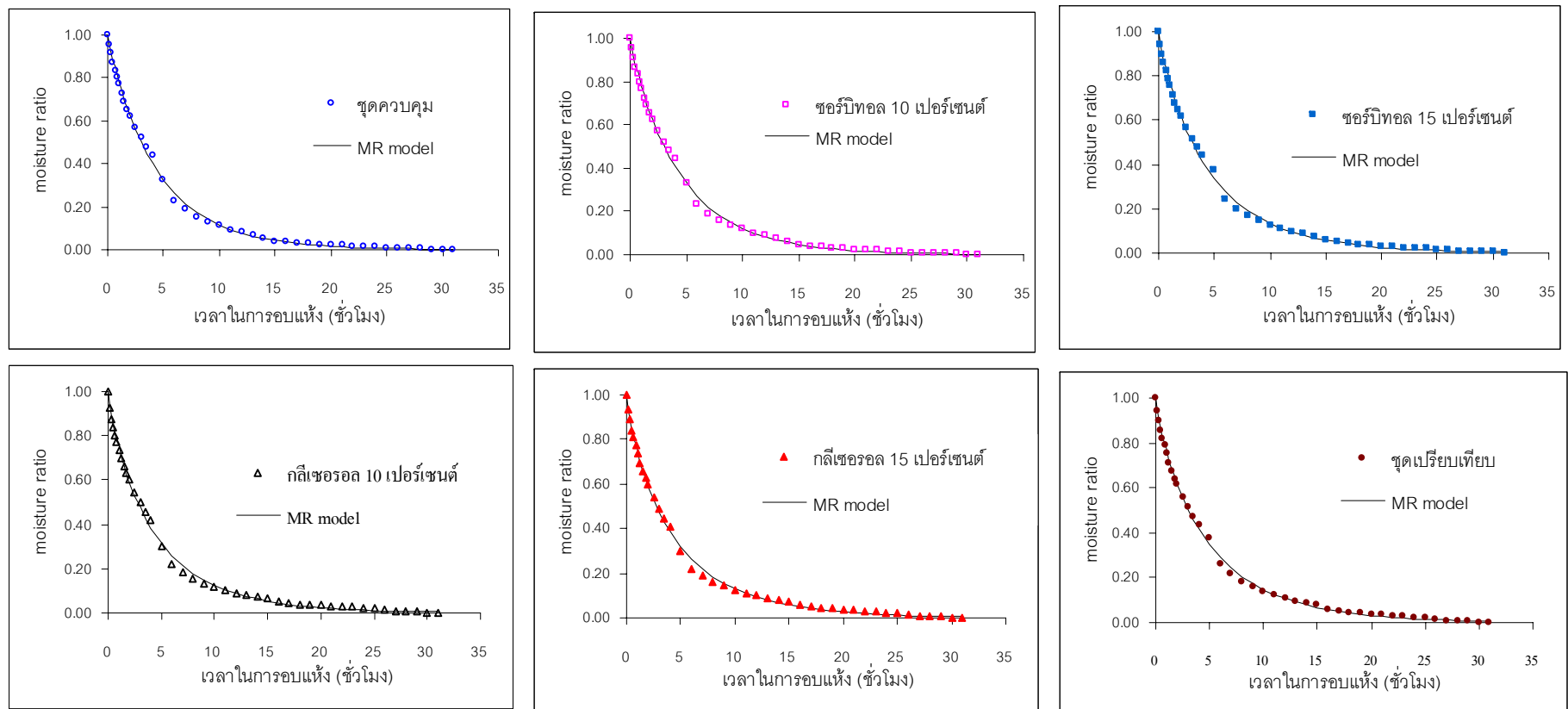
แบบจำลองที่เหมาะสมจะต้องให้ค่า r สูง ค่า MRS และค่า RMSE ต่ำ (Menges and Ertekin, 2006; Vega et al., 2007) ซึ่งค่า MRS และค่า RMSE คำนวณตามสมการ (4.3) และ (4.4) ตามลำดับ

$$MRS = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pre},i})^2}{N - 1} \dots\dots\dots(4.3)$$

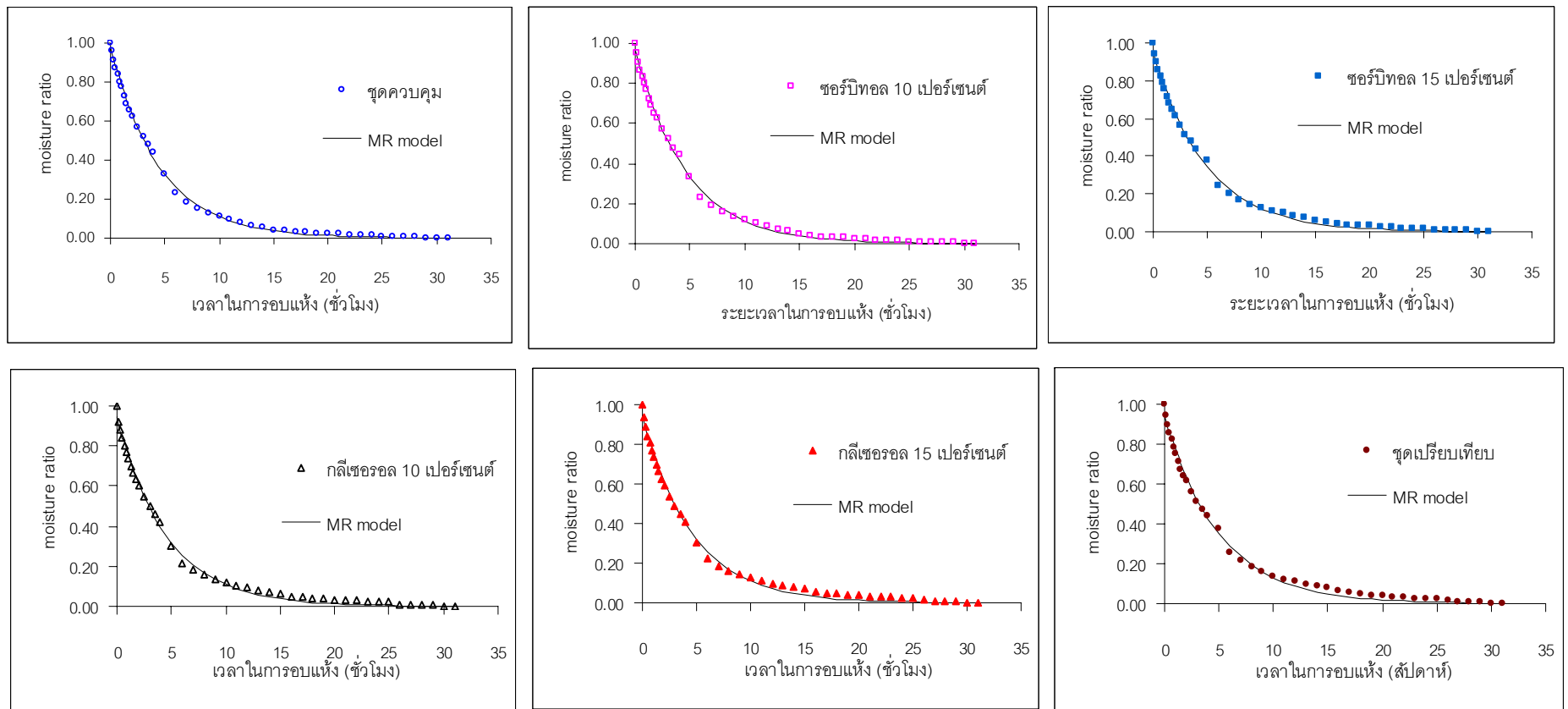
$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{\text{pre},i} - MR_{\text{exp},i})^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(4.4)$$

- เมื่อ
- MRS = Mean Residue Least Square
 - RMSE = Root Mean Square Error
 - $MR_{\text{exp},i}$ = MR ที่ได้จากการทดลองของข้อมูลชุดที่ i
 - $MR_{\text{pre},i}$ = MR ที่ได้จากแบบจำลองของข้อมูลชุดที่ i
 - N = จำนวนข้อมูลการทดลอง

เมื่อนำค่า MR ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ MR ที่คำนวณได้จากแบบจำลองของ Page (ภาพที่ 4.6) และแบบจำลองของ Henderson และ Pabis (ภาพที่ 4.7) พบว่า MR ที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกับ MR ที่ได้จากการทดลอง โดยเมื่อพิจารณาค่า MRS, RMSE และค่า r ที่ได้จากการคำนวณ (ตารางที่ 4.6) พบว่าแบบจำลองของ Page ให้ค่า r ที่สูง และค่า MRS และ RMSE ที่ต่ำกว่า แบบจำลองแบบ Henderson and Pabis ในทุกชุดการทดลอง ดังนั้นแบบจำลองของ Page จึงมีความเหมาะสมในการทำนายลักษณะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าแบบจำลองของ Henderson และ Pabis



ภาพที่ 4.6 กราฟอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Page (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 4.7 กราฟอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Henderson และ Pabis (ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปเชื่อมอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองแบบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	แบบจำลองของ	ค่าสัมประสิทธิ์	MRS	RMSE	r
ชุดควบคุม	Page	n=0.9437 k=0.2458	1.56×10^{-4}	1.23×10^{-2}	0.9993
	Henderson และ Pabis	a=0.9779 k=0.2194	1.70×10^{-4}	1.29×10^{-2}	0.9993
ซอร์บิทอล 10%	Page	n=0.9229 k=0.2512	1.61×10^{-4}	1.25×10^{-2}	0.9993
	Henderson และ Pabis	a=0.9704 k=0.2149	1.96×10^{-4}	1.38×10^{-2}	0.9992
ซอร์บิทอล 15%	Page	n=0.8785 k=0.2647	1.79×10^{-4}	1.32×10^{-2}	0.9992
	Henderson และ Pabis	a=0.9531 k=0.2058	2.95×10^{-4}	1.70×10^{-2}	0.9988
กลีเซอรอล 10%	Page	n=0.8516 k=0.2923	2.18×10^{-4}	1.46×10^{-2}	0.9990
	Henderson และ Pabis	a=0.9419 k=0.2172	3.81×10^{-4}	1.93×10^{-2}	0.9986
กลีเซอรอล 15%	Page	n=0.8350 k=0.2979	1.66×10^{-4}	1.27×10^{-2}	0.9992
	Henderson และ Pabis	a=0.9417 k=0.2163	4.93×10^{-4}	2.19×10^{-2}	0.9983
ชุดเปรียบเทียบ	Page	n=0.8470 k=0.2721	1.30×10^{-4}	1.13×10^{-2}	0.9994
	Henderson และ Pabis	a=0.9437 k=0.1979	4.02×10^{-4}	1.98×10^{-2}	0.9985

ผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Doymaz (2007) ซึ่งศึกษาลักษณะการอบแห้งของมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส คัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Page เปรียบเทียบกับแบบจำลองของ Henderson และ Pabis พบว่าแบบจำลองของ Page มีความเหมาะสมในการทำนายลักษณะการอบแห้งได้ดีกว่าแบบจำลองของ Henderson และ Pabis โดยให้ค่า R^2 สูงกว่า และให้ค่า λ^2 ต่ำกว่า แบบจำลองของ Henderson และ Pabis ทุกชุดการทดลอง

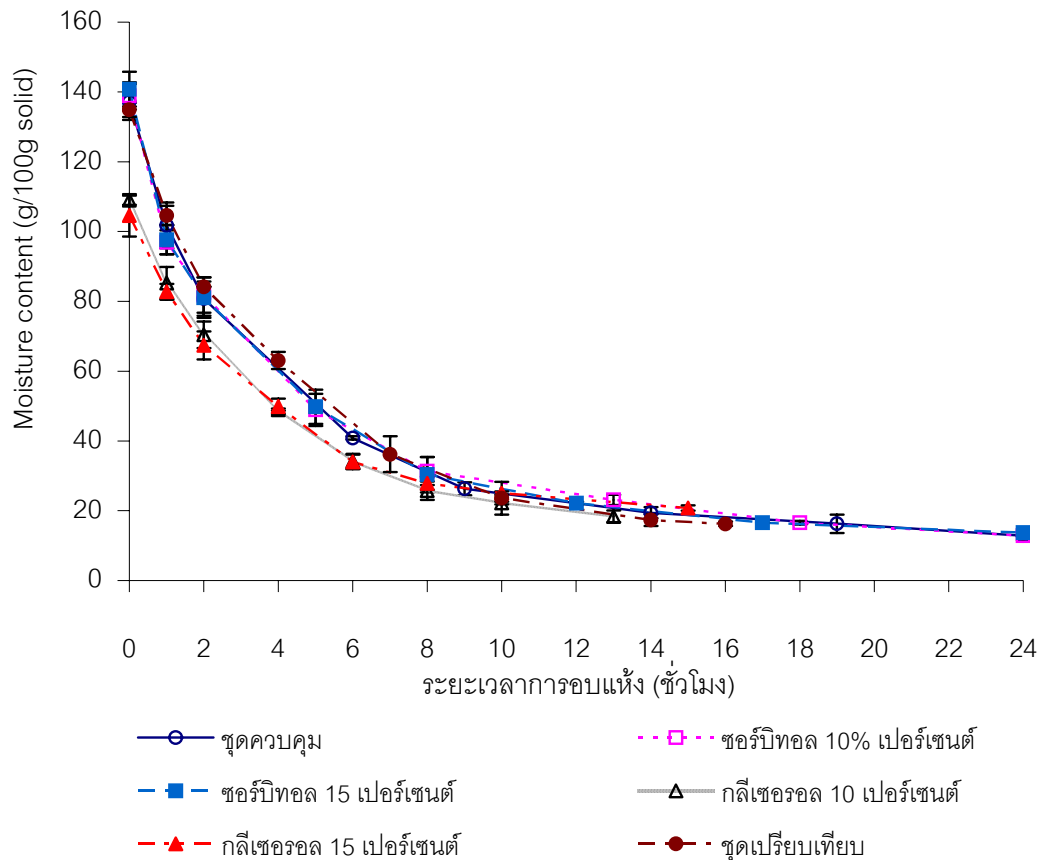
4.4 ผลของการใช้สารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการอบแห้ง

คัดเลือกข้อมูลจากกราฟอัตราการอบแห้งที่ได้จากข้อ 4.3 (ภาพที่ 4.5) ให้ครอบคลุมตลอดช่วงการอบแห้ง เพื่อนำมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านปริมาณความชื้น ค่า a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้ง จากกราฟอัตราการอบแห้งพบว่าจุดความชื้นวิกฤต ซึ่งเป็นจุดที่ความชื้นของกราฟอัตราการอบแห้งของทั้งหกชุดการทดลองลดลงอย่างรวดเร็ว อยู่ที่ความชื้นประมาณ 90% (โดยน้ำหนักแห้ง) ดังนั้นจึงใช้จุดนี้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลเพื่อสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ โดยจุดที่สุ่มตัวอย่างมาศึกษา ได้แก่ จุดความชื้นเริ่มต้น จุดก่อนความชื้นวิกฤต จุดความชื้นวิกฤต จุดหลังความชื้นวิกฤต และจุดความชื้นสุดท้ายที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 21.95% (โดยน้ำหนักแห้ง) โดยแต่ละชุดการทดลองจะสุ่มตัวอย่างออกมาจำนวน 8 จุด ที่เวลาแตกต่างกันดังนี้ คือ ชุดควบคุม สุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 6, 9, 14, 19, และ 24 ซอร์บิทอล 10% สุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 5, 8, 13, 18, และ 24 ซอร์บิทอล 15% สุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 5, 8, 12, 17 และ 24 กลีเซอรอล 10% สุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 และ 13 กลีเซอรอล 15% สุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 และชุดเปรียบเทียบ สุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 4, 7, 10, 14 และ 16 ตามลำดับ

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นที่ช่วงต่างๆ ในระหว่างการอบแห้ง (ภาพที่ 4.8) พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับกราฟการอบแห้ง (ภาพที่ 4.3) กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จากนั้นจะช้าลงในช่วงหลัง เนื่องจากในช่วงแรกของการอบแห้งมีการเคลื่อนที่ของน้ำมายังที่ผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดการระเหยของน้ำได้ดี ต่อมาอัตราการลดลงของปริมาณ

ความชื้นจะต่ำลง เนื่องจากน้ำเคลื่อนที่มายังผิวหน้าไม่ทันต่อการระเหย ทำให้การระเหยเกิดขึ้นได้ต่ำลง (Baker, 1997) โดยทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการลดลงของปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่ใช้กลีเซอรอลนั้นใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 4.7) ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถลดความชื้นในช่วงการอบแห้งได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น ทำให้ช่วยประหยัดเวลาในการอบแห้งได้



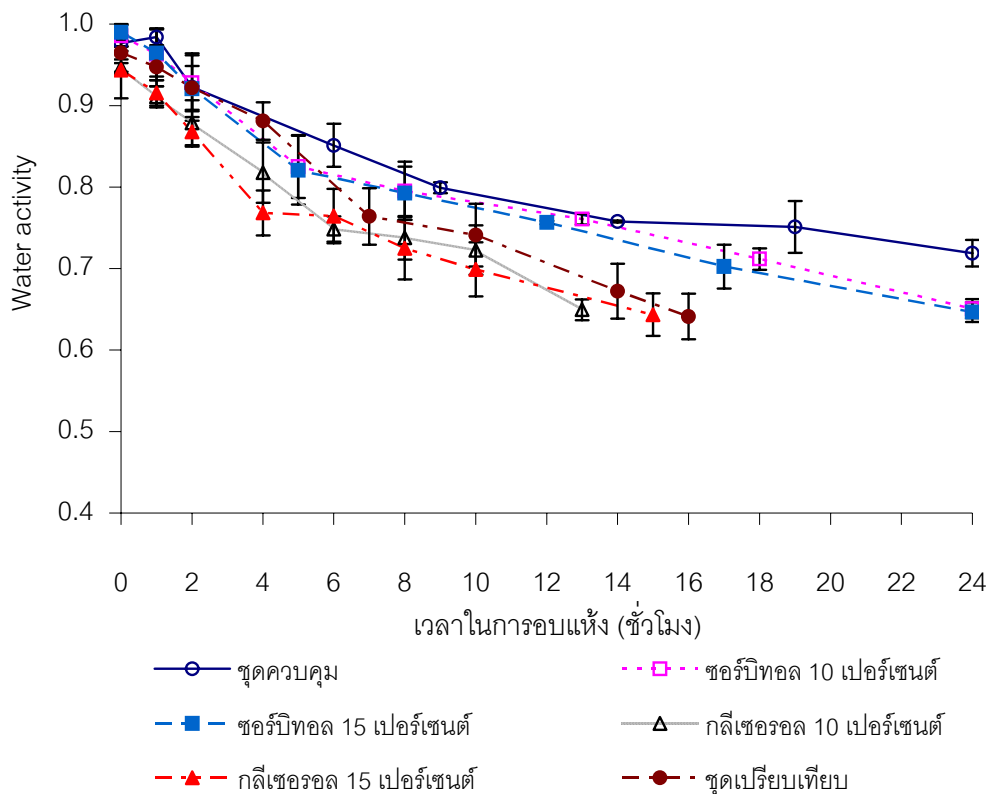
ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณความชื้นสุดท้ายของชุดการทดลองที่มีการใช้พอลิไฮดริก-แอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบมีแนวโน้มสูงกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากพอลิไฮดริก-แอลกอฮอล์ และน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้นสูง (Ponte, 1990; Saulo, 2005) โดยพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อแปรระดับความเข้มข้นจาก 10% เป็น 15% พบว่าปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.4) เนื่องจากการเพิ่มระดับความเข้มข้นส่งผลให้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์แพร่ผ่านเข้าไปในชิ้นแคนตาลูปในระหว่างการอบแห้งได้ดีขึ้น (ภาพที่ 4.2) และจับกับน้ำได้สูงขึ้น ดังนั้นการใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ที่ระดับความเข้มข้น 15% จึงมีปริมาณความชื้นสุดท้ายสูงกว่าการใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ที่ระดับความเข้มข้น 10% และที่ระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์เท่ากัน พบว่าปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการอบแห้ง

จากภาพที่ 4.9 พบว่า ค่า a_w ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบแห้งนานขึ้น โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการลดลงของปริมาณความชื้นคือ ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และช้าลงในช่วงหลัง โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบมีอัตราการลดลงของค่า a_w สูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ และน้ำตาลอินเวิร์ตมีอัตราส่วนของจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลต่อจำนวนคาร์บอน (OH:C) สูงกว่าซูโครส ทำให้มีส่วนที่เป็น hydrophilic มากกว่าและสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลกับโมเลกุลของน้ำได้มากกว่าซูโครส จึงสามารถลดปริมาณน้ำอิสระลงได้ต่ำกว่าการใช้ซูโครส (Sagiv and Marcus, 2003; Marcolli and Peter, 2005) โดยกลีเซอรอล และซอร์บิทอลมีอัตราส่วน OH:C เป็น 1:1 น้ำตาลอินเวิร์ตซึ่งประกอบด้วย กลูโคส กับ ฟรุคโทส มีอัตราส่วน OH:C เป็น 0.83:1 และซูโครสมีอัตราส่วน OH:C เป็น 0.67:1ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นว่า การใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อแปรระดับความเข้มข้นจาก 10% เป็น 15% ส่งผลให้อัตราการลดลงของค่า a_w เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำถูกจับไว้มากขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริก-แอลกอฮอล์เท่ากัน พบว่าอัตราการลดลงของค่า a_w ในระหว่างการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล มีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล โดยค่า a_w ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ใช้พอลิไฮดริก-

แอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบมีค่า a_w ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.5) แสดงดังตารางที่ 4.7



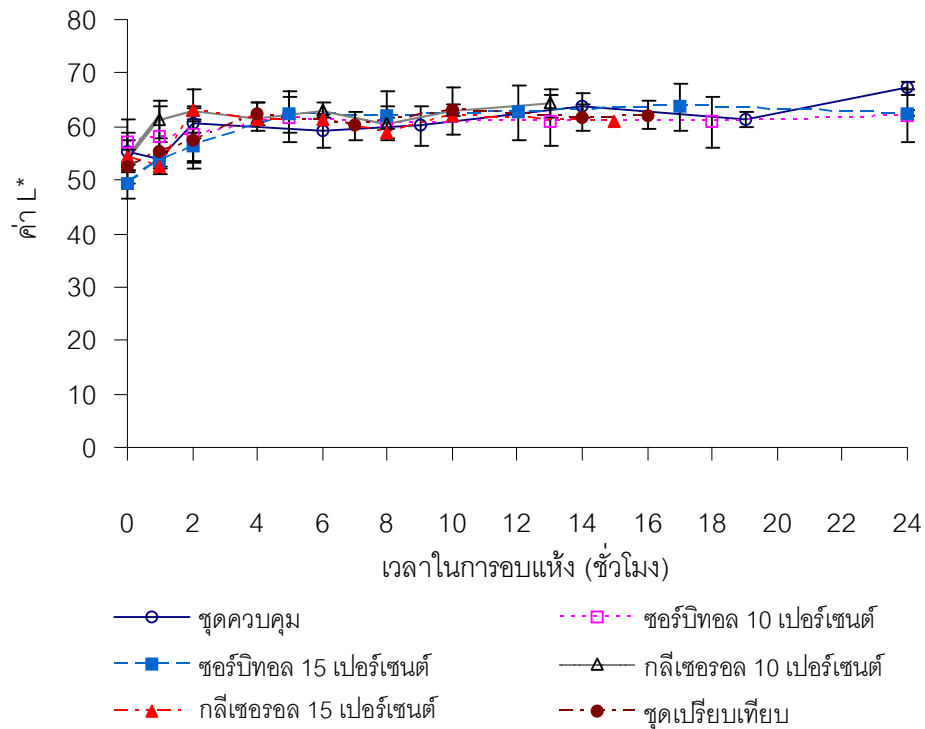
ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความชื้น และค่า water activity ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งภายหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

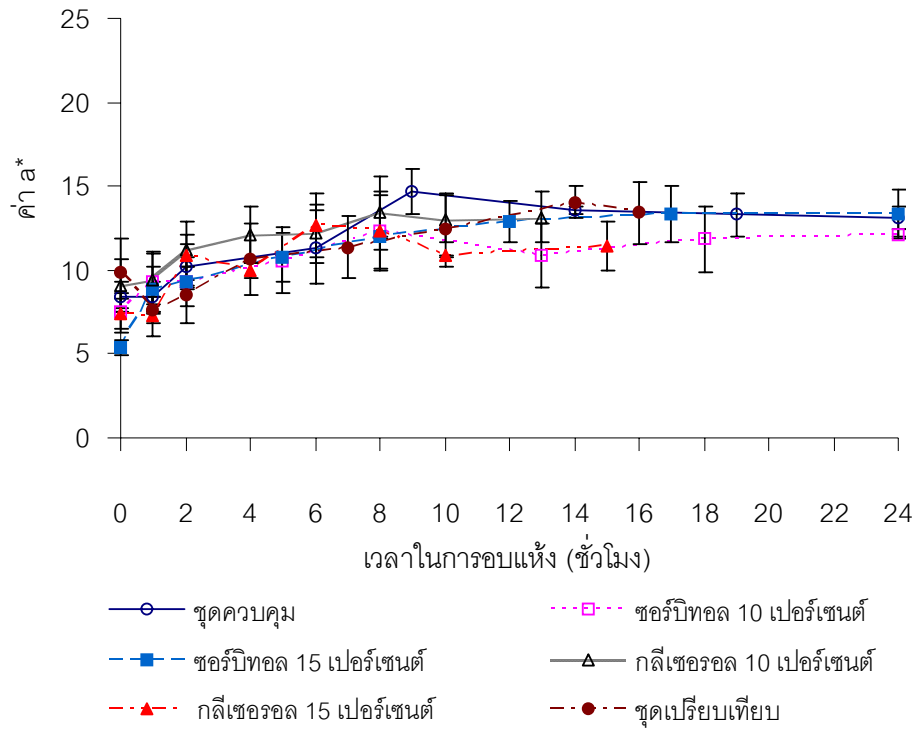
ชุดการทดลอง	ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนักเปียก)	ปริมาณความชื้น (%โดยน้ำหนักแห้ง)	water activity	เวลาในการ อบแห้ง (ชม.)
ชุดควบคุม	11.39 ^d ±0.10	12.85 ^d ±0.13	0.719 ^a ±0.016	24
ซอร์บิทอล 10%	11.42 ^d ±1.12	12.89 ^d ±1.42	0.651 ^b ±0.012	24
ซอร์บิทอล 15%	12.07 ^{cd} ±0.79	13.74 ^{cd} ±1.02	0.647 ^b ±0.012	24
กลีเซอรอล 10%	15.54 ^{ab} ±1.20	18.41 ^{ab} ±1.65	0.650 ^b ±0.013	13
กลีเซอรอล 15%	17.23 ^a ±0.54	20.82 ^a ±0.79	0.644 ^b ±0.026	15
ชุดเปรียบเทียบ	13.99 ^{bc} ±0.47	16.27 ^{bc} ±0.64	0.641 ^b ±0.028	16

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

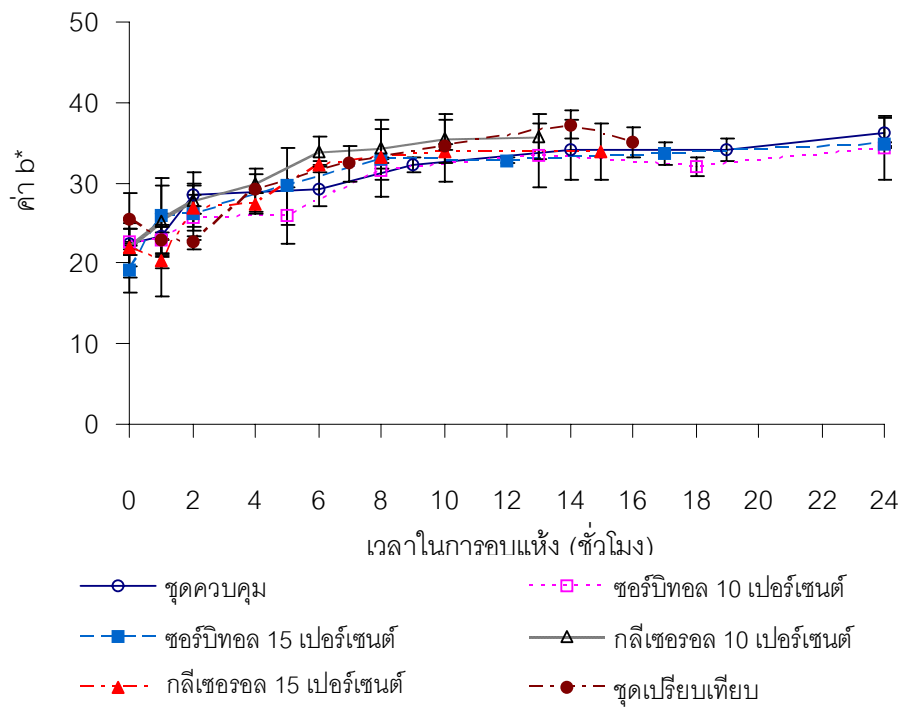
4.4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง จากภาพที่ 4.10 4.11 และ 4.12 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* a^* และค่า b^* ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และชุดเปรียบเทียบมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับ ชุดควบคุม ตลอดช่วงการอบแห้งโดยค่า L^* และค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ทั้งหกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมงแรกของการอบแห้ง จากนั้นจะค่อนข้างคงที่จนครบเวลาการอบแห้ง ส่วนค่า b^* ของผลิตภัณฑ์ทั้งหกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการอบแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการกำจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบแห้งมีผลให้รงควัตถุภายในขึ้นผลไม่มีความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลให้ค่า L^* a^* และค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Falade, Igbeka and Ayanwuyi, 2007)



ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

4.5 ผลของการใช้สารพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง

4.5.1 ผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง

จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งทั้งหกชุดการทดลอง โดยวัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (adhesiveness) และค่างานในการตัด (cutting work) โดยค่าความแข็งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงแรงที่ใช้ในการกัดผลิตภัณฑ์ให้ขาดออกจากกัน ส่วนค่าความเหนียวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเหนียวติดฟัน และงานที่ใช้ในการตัดเป็นค่าที่บ่งบอกถึงงานที่ใช้ในการเคี้ยวผลิตภัณฑ์ ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	ซอร์บิทอล 15%	กลีเซอรอล 10%	กลีเซอรอล 15%	ชุดเปรียบเทียบ
ความแข็ง (N)	9.35 ^A ±0.12	8.26 ^B ±0.33	7.77 ^{BC} ±0.28	8.05 ^{BC} ±0.25	7.68 ^C ±0.43	8.16 ^{BC} ±0.34
ความเหนียว (N.mm)	7.98 ^B ±0.30	8.18 ^B ±0.39	8.29 ^B ±0.30	8.51 ^{AB} ±0.30	9.08 ^A ±0.42	8.47 ^B ±0.13
ค่างานในการตัด (N.mm)	42.74 ^A ±1.38	40.49 ^{AB} ±1.59	39.75 ^{BC} ±1.30	39.42 ^{BC} ±1.46	37.74 ^C ±1.13	40.26 ^A ±1.70

A, B, C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่าความแข็งและค่างานในการตัดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบมีแนวโน้มต่ำกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบมีปริมาณความชื้นสูงกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 4.7) ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่า ส่วนค่าความเหนียวพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ มีแนวโน้มสูงกว่าชุดควบคุม โดยการใช้กลีเซอรอล 15% ผลิตภัณฑ์จะมีความเหนียวสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลีเซอรอล 10% อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.6) โดยพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกัน เมื่อแปรระดับความเข้มข้นสูงขึ้น ค่าความแข็ง และค่างานในการตัดจะมีแนวโน้มต่ำลง ในขณะที่ค่าความเหนียวมีแนวโน้มสูงขึ้น

4.5.2 ผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง

ปริมาณน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งทั้งหกชุดการทดลอง โดยวัดในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลรีดิวซ์ที่อยู่ในรูปของน้ำตาลอินเวิร์ต ซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

ปริมาณน้ำตาล	ชุดควบคุม (pH*=7.12±0.83)	ซอร์บิทอล 10% (pH*=7.09±0.62)	ซอร์บิทอล 15% (pH*=7.18±0.31)	กลีเซอรอล10% (pH*=6.73±0.22)	กลีเซอรอล15% (pH*=6.13±0.14)	ชุดเปรียบเทียบ (pH*=2.44±0.11)
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	13.09 ^B ±0.10	13.11 ^B ±0.30	13.22 ^B ±0.62	12.89 ^B ±0.15	13.42 ^B ±0.39	19.53 ^A ±0.52
น้ำตาลรีดิวซ์ในรูปของ น้ำตาลอินเวิร์ต (%) ^{ns}	30.98±0.28	30.71±0.33	30.58±0.28	30.44±0.38	30.44±0.45	30.89±0.04
ซูโครส (%)	16.99 ^A ±0.24	16.72 ^{AB} ±0.17	16.49 ^{AB} ±0.38	16.68 ^{AB} ±0.51	16.17 ^B ±0.42	10.79 ^C ±0.46
น้ำตาลทั้งหมด(%) ^{ns}	30.08±0.27	29.83±0.33	29.71±0.29	29.57±0.3	29.59±0.44	30.32±0.06

A, B, C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* pH ของสารละลายออสโมติกก่อนการออสโมซิส

จากตารางที่ 4.9 พบว่าชุดเปรียบเทียบมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.7) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ต ประกอบด้วยกลูโคส และฟรักโทส ซึ่งมีสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ จึงทำให้ชุดเปรียบเทียบที่มีการใช้น้ำตาลอินเวิร์ต มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ส่วนการใช้ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.7) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อยู่ในรูปของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ได้จากการย่อยด้วยกรดมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.7) ชุดเปรียบเทียบมีปริมาณซูโครสต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในสารละลายออสโมติกของชุดเปรียบเทียบมีค่า pH ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากในขั้นตอนการเตรียมมีการย่อยด้วยกรด ดังนั้นน้ำตาลซูโครสบางส่วนในสารละลายจึงอินเวิร์ตไปเป็นกลูโคส และฟรักโทส ทำให้ปริมาณซูโครสต่ำลงในขณะที่น้ำตาลรีดิวซ์มีปริมาณสูงชันกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ส่วนการใช้ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล มีปริมาณซูโครสไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.7) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณที่แปรลงไปทดแทนซูโครสมีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก

4.5.3 ผลต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้ง

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายทั้งหกชุดการทดลอง ด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive analysis with scaling) โดยประเมินลักษณะด้านสี ความคงรูป หรือการหดตัว ความแข็ง ความเหนียว และความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ รสของผลิตภัณฑ์ในด้าน รสหวาน และรสแปลกปลอม ได้ผลดังตารางที่ 4.10 และการประเมินการยอมรับโดยใช้แบบทดสอบแบบ 9-point hedonic scale โดยประเมินลักษณะด้านสี ความคงรูป ลักษณะเนื้อสัมผัส รสหวาน และการยอมรับโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสโมคซิลในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล	ซอร์บิทอล	กลีเซอรอล	กลีเซอรอล	ชุดเปรียบเทียบ
		10%	15%	10%	15%	
สี ^{ns}	6.31 ± 0.76	6.57 ± 0.85	6.61 ± 0.99	6.36 ± 0.91	6.38 ± 1.05	6.35 ± 0.92
ความคงรูป	5.58 ^C ± 0.89	5.68 ^C ± 1.03	5.82 ^{BC} ± 0.85	6.41 ^B ± 0.92	7.57 ^A ± 0.81	5.85 ^{BC} ± 0.72
ความแข็ง	5.87 ^A ± 0.86	5.61 ^A ± 0.88	5.41 ^{AB} ± 0.83	4.84 ^{BC} ± 0.59	4.63 ^C ± 0.78	5.58 ^A ± 0.70
ความเหนียว	3.43 ^B ± 0.82	3.92 ^B ± 0.77	3.98 ^B ± 0.78	3.93 ^B ± 0.77	5.05 ^A ± 0.92	4.04 ^B ± 0.83
ความชุ่มน้ำ	5.63 ^E ± 0.69	6.52 ^D ± 0.70	7.11 ^{BC} ± 0.87	7.56 ^{AB} ± 0.74	7.70 ^A ± 0.74	6.69 ^{CD} ± 0.92
รสหวาน ^{ns}	5.96 ± 0.85	5.67 ± 0.86	5.41 ± 0.68	5.70 ± 0.77	5.67 ± 1.05	5.56 ± 0.82
รสแปลกปลอม ^{ns}	1.09 ± 0.20	1.08 ± 0.25	1.05 ± 0.20	1.13 ± 0.27	1.18 ± 0.14	1.05 ± 0.20

A, B, C, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.11 คะแนนผลการทดสอบการยอมรับโดยใช้สเกลแบบ 9 ระดับ ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสโมคซิลในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล	ซอร์บิทอล	กลีเซอรอล	กลีเซอรอล	ชุดเปรียบเทียบ
		10%	15%	10%	15%	
สี ^{ns}	6.96 ± 1.28	7.02 ± 1.24	7.10 ± 1.28	6.68 ± 1.15	7.06 ± 1.32	6.88 ± 1.06
ความคงรูป	6.40 ^B ± 1.05	6.48 ^B ± 1.18	6.60 ^B ± 1.20	6.56 ^B ± 1.15	7.14 ^A ± 1.47	6.78 ^{AB} ± 1.13
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.84 ^B ± 1.67	6.46 ^A ± 1.51	6.36 ^{AB} ± 1.74	6.06 ^{AB} ± 1.65	5.90 ^B ± 1.78	6.48 ^A ± 1.72
รสหวาน ^{ns}	6.04 ± 1.71	6.06 ± 1.66	6.14 ± 1.68	5.96 ± 1.50	6.02 ± 1.61	6.42 ± 1.93
การยอมรับโดยรวม	6.26 ^{BC} ± 1.37	6.48 ^{AB} ± 1.42	6.32 ^{BC} ± 1.58	6.06 ^{BC} ± 1.41	5.94 ^C ± 1.75	6.78 ^A ± 1.50

A, B, C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏภายนอกทางด้านสีและความคงรูป พบว่าคะแนนด้านสีจากการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (ตารางที่ 4.10) ซึ่งบ่งบอกถึงระดับความเข้มของสีที่ผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบมีคะแนนด้านสีสูงกว่าซูดควบคุม นั่นคือมีสีออกไปทางสีส้มเข้มมากขึ้น ส่วนพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลให้คะแนนด้านสีของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบมีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นกว่าซูดควบคุม และจากการทดสอบการยอมรับด้านสี (ตารางที่ 4.11) พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหกซูดการทดลองได้รับการยอมรับด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบมีผลให้คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นกว่าซูดควบคุม โดยพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้น ผลิตภัณฑ์จะมีคะแนนการยอมรับด้านสีสูงขึ้น

จากการทดสอบด้านความคงรูปของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (ตารางที่ 4.10) ซึ่งบ่งบอกถึงลักษณะการหดตัวหลังการอบ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบมีแนวโน้มที่จะมีความคงรูปสูงขึ้นกว่าซูดควบคุม โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล 15% มีความคงรูปสูงกว่าซูดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) และจากผลทดสอบชี้ให้เห็นว่าความคงรูปผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ ทั้งนี้เนื่องจากซอร์บิทอล กลีเซอรอล และน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งไม่สูญเสียน้ำมากเกินไป และมีปริมาณความชื้นสุดท้ายสูงกว่าซูดควบคุม (ตารางที่ 4.7) จึงมีลักษณะการหดตัวน้อย และมีความคงรูปสูง

เมื่อพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทางด้านความแข็งและความเหนียวด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (ตารางที่ 4.10) พบว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบมีแนวโน้มลดลงกว่าซูดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากซอร์บิทอล กลีเซอรอล และน้ำตาลอินเวิร์ตช่วยให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้งมีความชื้นสูงกว่าซูดควบคุม (ตารางที่ 4.7) ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะที่อ่อนนุ่มกว่าซูดควบคุม ในทางตรงกันข้ามการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบทำให้คะแนนด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อพิจารณาควบคู่กับระดับความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์จากการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (ตารางที่ 4.10) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบมีระดับความชุ่มน้ำสูงกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) และระดับความชุ่มน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ จึงทำให้เมื่อเคี้ยวผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบจึงมีความรู้สึกเหนียวติดฟันมากกว่าซูด

ควบคุม โดยผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความแข็งและความเหนียว จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับผลที่ได้จากการวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสจากข้อ 4.5.1

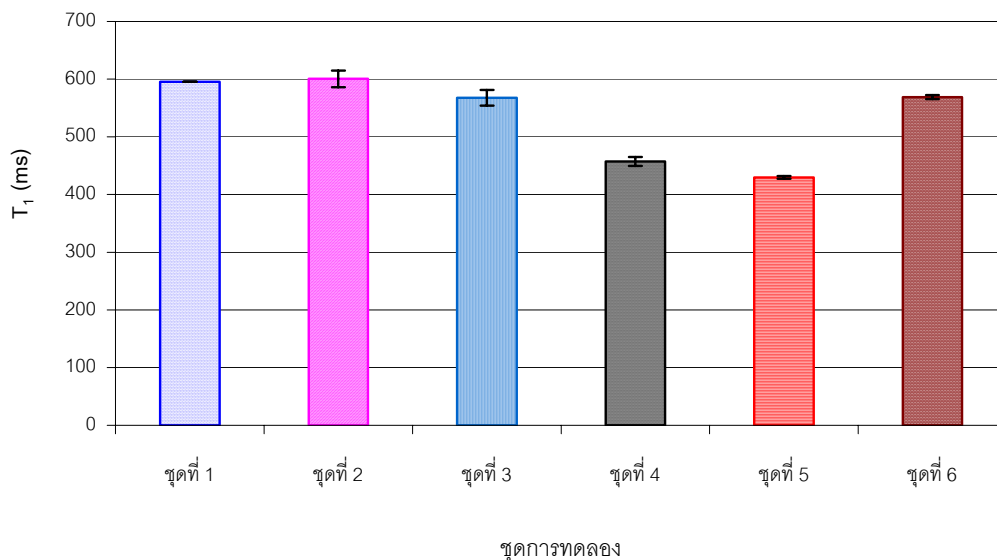
เมื่อพิจารณารสของผลิตภัณฑ์ทางด้านรสหวาน และรสแปลกปลอมจากการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (ตารางที่ 4.10) พบว่าค่ารสหวานซึ่งบ่งบอกระดับความหวานของผลิตภัณฑ์ทั้งหกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอลมีแนวโน้มลดความหวานของผลิตภัณฑ์ลงได้ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกลีเซอรอล และซอร์บิทอลมีระดับความหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส คือมีระดับความหวานประมาณ 60% ของน้ำตาลซูโครส (Kearsley and Deis, 2006) ส่วนน้ำตาลอินเวิร์ตแม้มีระดับความหวานสูงกว่าน้ำตาลซูโครส (Marov and Dowling, 1990) แต่เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมมีการใช้กรดซิตริกในการไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครส เพื่อให้ได้น้ำตาลกลูโคส และฟรุคโทส ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวของกรดซิตริกเข้ามาร่วมด้วย ผู้ทดสอบจึงรับรู้รสหวานได้น้อยกว่าความเป็นจริง ส่วนรสแปลกปลอมจากการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (ตารางที่ 4.10) นั้นผู้ทดสอบรับรู้ได้ในระดับต่ำมาก และไม่สามารถแยกความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลองได้ โดยคะแนนด้านรสแปลกปลอมของทั้งหกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และจากการทดสอบการยอมรับด้านรสหวาน (ตารางที่ 4.11) พบว่าทั้งหกชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านรสหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากทั้งหกชุดการทดลองมีระดับความหวานที่ใกล้เคียงกัน และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.9) แต่จะเห็นได้ว่าพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้น คะแนนการยอมรับด้านรสหวานจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีระดับความหวานมีแนวโน้มลดลง

และเมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับโดยรวม (ตารางที่ 4.11) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล และชุดเปรียบเทียบ มีแนวโน้มได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงขึ้นกว่าชุดควบคุมในทางตรงกันข้ามการใช้กลีเซอรอลมีแนวโน้มได้คะแนนการยอมรับโดยรวมลดลง โดยพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้น มีผลให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ขึ้นและเหนียวเกินไป

4.5.4 ผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้ง

การเคลื่อนที่ของน้ำ (water mobility) ในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งจากการติดตามด้วยเทคนิค NMR โดยวัดค่า spin lattice relaxation time (T_1) ของโปรตอนของน้ำซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำ ถ้าค่า T_1 สูง โมเลกุลของน้ำจะมีความสามารถในการเคลื่อนที่สูง แสดงว่าโมเลกุลของน้ำมีความเป็นอิสระมาก แต่ถ้าค่า T_1 ต่ำ

โมเลกุลของน้ำจะมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ต่ำ แสดงว่าโมเลกุลของน้ำมีความเป็นอิสระน้อย เนื่องจากโมเลกุลของน้ำมีการสร้างพันธะกับสารต่างๆ (Cornillon and Salim, 2000; Kuo et al., 2001) จากภาพที่ 4.13 พบว่าค่า T_1 ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบเทียบ มีแนวโน้มต่ำกว่าซูดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจาก ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบ มีอัตราส่วน OH:C สูงกว่าซูดควบคุม ดังนั้นจึงมีส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) มากกว่าซูดควบคุม และจับกับโมเลกุลของน้ำได้อย่างแข็งแรง ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำเกิดได้น้อยลง มีผลให้ค่า T_1 ต่ำลง และเมื่อพิจารณาการใช้พอลิไฮดริก-แอลกอฮอล์ชนิดเดียวกัน เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลให้ค่า T_1 ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำถูกจับไว้มากขึ้น ผลที่ได้สอดคล้องกับค่า a_w ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (ตารางที่ 4.7) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ ปริมาณน้ำอิสระ (free water) ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง



- ซูดการทดลองที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่มีการเติมพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ (ซูดควบคุม)
 ซูดการทดลองที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 10% (ซอร์บิทอล 10%)
 ซูดการทดลองที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 15% (ซอร์บิทอล 15%)
 ซูดการทดลองที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 10% (กลีเซอรอล 10%)
 ซูดการทดลองที่ 5 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 15% (กลีเซอรอล 15%)
 ซูดการทดลองที่ 6 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% (ซูดเปรียบเทียบ)

ภาพที่ 4.13 ค่า spin lattice relaxation time (T_1) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบสไมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

4.5.5 ผลต่อลักษณะทางสัณฐานของเซลล์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

ลักษณะทางสัณฐานของเซลล์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM แสดงดังภาพที่ 4.15 พบว่าเซลล์ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบ จะถูกทำลายน้อยกว่าซูดควบคุม โดยจะเห็นรูปร่างของเซลล์ได้ชัดเจน ในขณะที่ซูดควบคุมเซลล์ของแคนตาลูปจะมีลักษณะที่เชื่อมรวมกันมองไม่เห็นขอบเขตเซลล์ที่ชัดเจน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบ จะช่วยรักษารูปร่างของเซลล์ได้ดีกว่าซูดควบคุม โดยการใส่ พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกัน เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นจะช่วยรักษาลักษณะรูปร่างเซลล์ของแคนตาลูปได้ดีขึ้น สังเกตได้จากจะสามารถมองเห็นเซลล์ และขอบเขตของเซลล์ได้ชัดเจนขึ้น

เมื่อนำข้อมูลทางประสาทสัมผัสที่ได้จากข้อ 4.5.3 มาพิจารณาควบคู่กับข้อมูลที่ได้จากการอบแห้งจากข้อ 4.3 พบว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และน้ำตาลอินเวิร์ตส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอัตราการอบแห้งลดต่ำกว่าซูดควบคุม แต่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะคงความชุ่มชื้นไม่แห้งแข็งเกินไป ทำให้มีคะแนนด้านความคงรูปและคะแนนด้านเนื้อสัมผัสที่สูง แต่เมื่อพิจารณาการใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ที่ระดับความเข้มข้น 15% ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีลักษณะขึ้นเกินไปไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นจึงเลือกซูดควบคุม ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ซอร์บิทอล 10% กลีเซอรอล 10% และซูดเปรียบเทียบไปทำการทดลองเพื่อศึกษา moisture sorption isotherm และการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

4.6 ผลการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อ moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

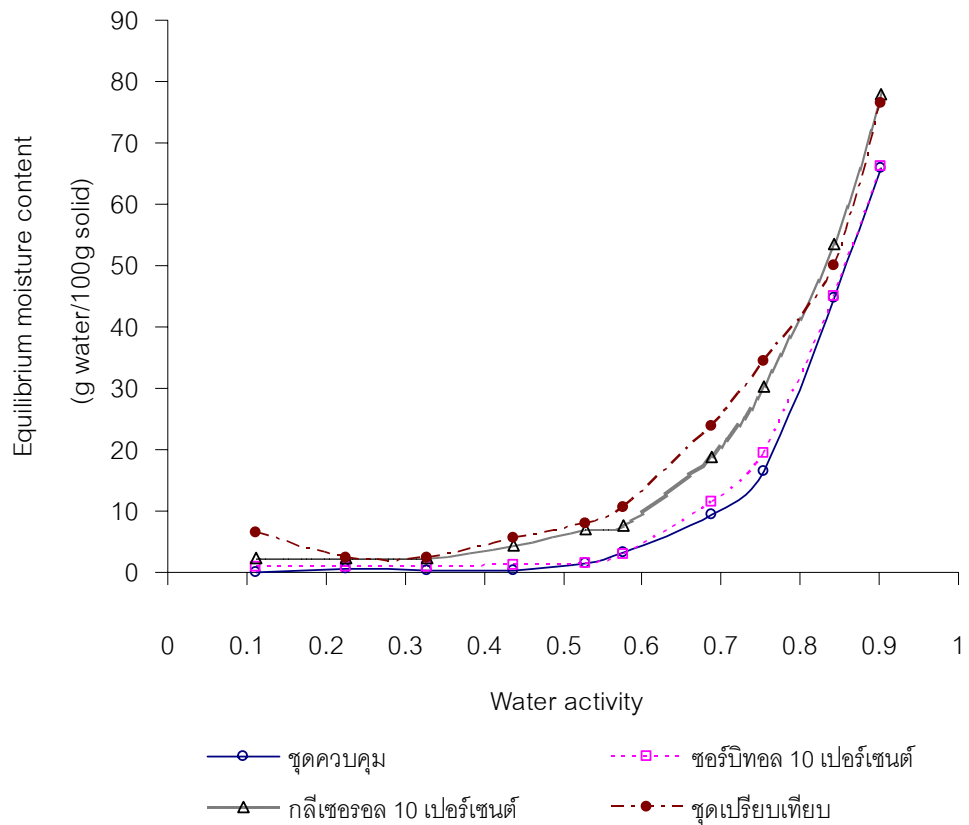
จากการศึกษาลักษณะของกราฟ sorption isotherm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ 4.5 จำนวนสี่ชุดการทดลองคือ ซูดควบคุม ซอร์บิทอล 10% กลีเซอรอล 10% และซูดเปรียบเทียบ พบว่ารูปแบบ sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งทั้งสี่ชุดการทดลอง มีลักษณะเป็นแบบ J-shape (ภาพที่ 4.14) ซึ่งพบมากโดยทั่วไปในอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง (Falade and Aworh, 2005; Pott et al., 2005) โดยเมื่อพิจารณาลักษณะของเส้นกราฟในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ดีกว่าซูดควบคุม ซึ่งสังเกตได้จากมีลักษณะของเส้นกราฟที่ชันกว่าซูดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากซอร์บิทอล กลีเซอรอล และน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี ส่งผลให้มีปริมาณความชื้นสมดุล (m) สูงกว่าซูดควบคุม โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ใกล้เคียงกับซูดควบคุม ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบนั้นมีความสามารถในการดูดความชื้นได้

ใกล้เคียงกัน และมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล และชุดควบคุม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (m_o , C) มาแทนแบบในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ BET model (Basu, Shivhare and Mujumdar, 2006) ตามสมการที่ 4.5

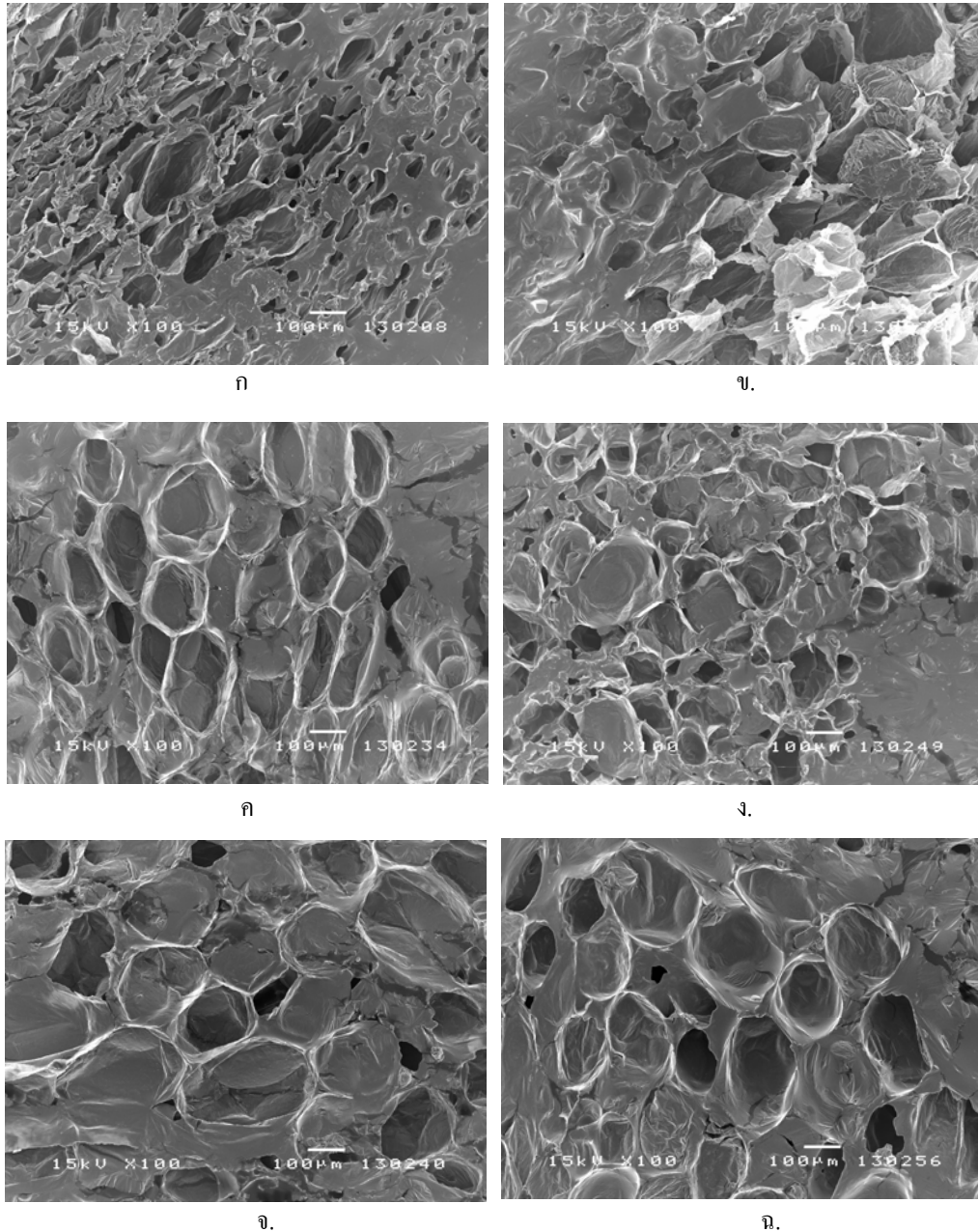
$$m = \frac{C a_w m_o}{(1-a_w)[1+(C-1) a_w]} \dots\dots\dots(4.5)$$

เมื่อ m = ความชื้นสมดุล
 C = ค่าคงที่ของ BET
 m_o = monolayer moisture content

คำนวณหาค่า least square โดยใช้ฟังก์ชัน Solver ในโปรแกรม Microsoft Office Excel[®] 2003 คำนวณค่า r MRS และ RMSE จากแบบจำลองจะได้ค่า m_o และ C แสดงดังตารางที่ 4.12



ภาพที่ 4.14 Moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มมอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.15 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

- ก. แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่มีการเติมพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ (ชุดควบคุม)
- ข. แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 10% (ซอร์บิทอล 10%)
- ค. แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 15% (ซอร์บิทอล 15%)
- ง. แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 10% (กลีเซอรอล 10%)
- จ. แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 15% (กลีเซอรอล 15%)
- ฉ. แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% (ชุดเปรียบเทียบ)

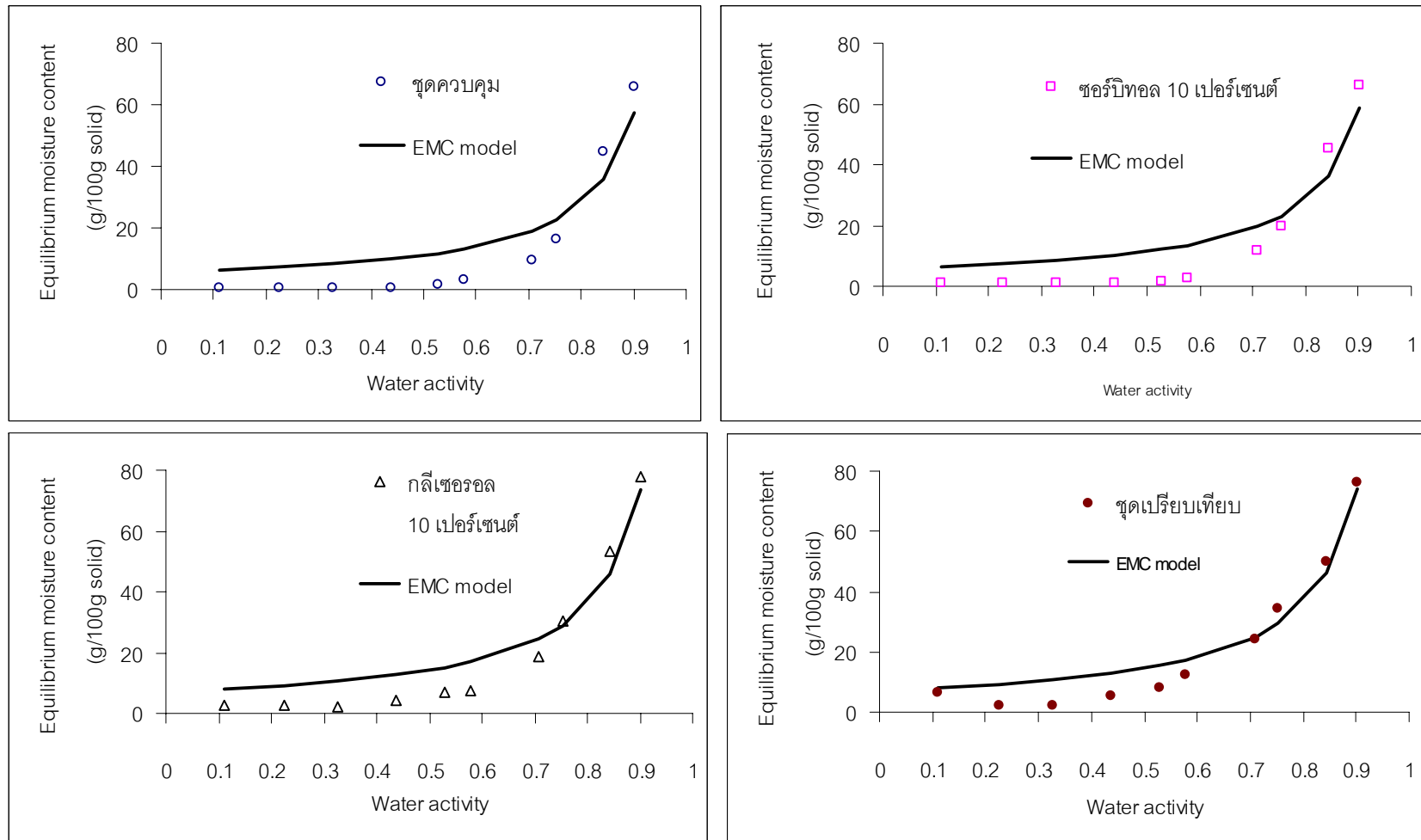
ตารางที่ 4.12 ค่า m_0 และค่าคงที่ C ที่คำนวณได้จาก BET model

ชุดการทดลอง	ค่า m_0	ค่าคงที่ C	r	RMSE	MRS
ชุดควบคุม	5.57	-6.41	0.9858	8.57	81.64
ซอร์บิทอล 10%	5.72	-2.15	0.9876	8.05	7209
กลีเซอรอล 10%	7.16	-9.12	0.9916	6.97	53.97
ชุดเปรียบเทียบ	7.23	-1.62	0.9888	5.52	33.81

ค่า m_0 แทนปริมาณความชื้นที่อาหารมีความเสถียร หรือมีความคงตัวมากที่สุด โดยน้ำในส่วนนี้จะเป็นน้ำชั้นเดียวที่จับยึดกับโมเลกุลต่างๆ ภายในอาหารด้วยแรงที่สูงมาก และไม่มีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ (Bond, 1987) จากตารางที่ 4.12 พบว่าชุดการทดลองที่มีการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบจะมีค่า m_0 สูงกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของน้ำถูกจับยึดไว้ได้มากกว่า ทำให้มีปริมาณน้ำส่วนที่เป็น monolayer มากกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับค่า T_1 จากเครื่อง NMR (ข้อ 4.5.5) ที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเติมสารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบมีผลให้โมเลกุลของน้ำถูกจับยึดไว้ในชั้นผลไม้วัยสูงขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งมีผลให้การเข้าร่วมปฏิกิริยาต่าง ๆ ของน้ำมีแนวโน้มลดลง และเมื่อนำค่า m ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ m ที่ได้จาก BET model พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้มีแนวโน้มใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 4.16)

4.7 ผลการใช้สารพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ร่วมกับซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ฉัอมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาอาหาร สภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บ เช่น อุณหภูมิ ออกซิเจน และแสงสว่างส่งผลให้เกิดการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏและคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้ภาวะการผลิตที่ได้จากข้อ 4.5 เก็บรักษาในถุง PP ขนาด 15×25 เซนติเมตร ถุงละ 5 ชิ้น น้ำหนักรวมประมาณ 50 กรัม ปิดผนึกด้วยความร้อนเก็บในสภาพบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 65.7±4.2% และเก็บที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 41.4±1.4% เป็นเวลา 20 สัปดาห์ ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความเหนียว และงานที่ใช้ในการตัด การเกิดสีน้ำตาล ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์ รา และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 4 สัปดาห์ ยกเว้นค่าสี ตรวจสอบทุก 2 สัปดาห์ และปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์ รา ตรวจสอบทุก 10 สัปดาห์



ภาพที่ 4.16 sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ BET model ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

4.7.1 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในช่วงเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.8) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบมีความชื้นสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลในช่วงเวลา 4 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา จะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่หลังจากนี้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลจะมีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากซอร์บิทอล กลีเซอรอล และน้ำตาลอินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี จึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าชุดควบคุม ซึ่งจากการศึกษา moisture sorption isotherm (การทดลองข้อ 4.6) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล และชุดควบคุมมีความสามารถในการดูดความชื้นใกล้เคียงกัน (ลักษณะของกราฟคล้ายกัน) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล จะมีสมบัติในการดูดความชื้นสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.9)

ตารางที่ 4.13 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อ 100 กรัมของแห้ง)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	14.42 ^{bc} ± 0.60	16.50 ^{bb} ± 0.73	20.86 ^{bcA} ± 1.22	16.62 ^{bb} ± 1.07
4	16.20 ^{aC} ± 0.70	18.67 ^{ab} ± 0.82	22.35 ^{aA} ± 0.73	19.21 ^{ab} ± 0.50
8	15.47 ^{abC} ± 1.06	16.27 ^{bc} ± 0.39	21.21 ^{abA} ± 0.76	18.34 ^{ab} ± 0.96
12	14.68 ^{bC} ± 0.35	15.64 ^{bC} ± 0.71	19.78 ^{cdA} ± 0.42	18.23 ^{ab} ± 0.62
16	14.20 ^{bC} ± 0.03	14.08 ^{cC} ± 1.02	20.39 ^{bcA} ± 0.38	18.29 ^{ab} ± 0.74
20	12.67 ^{cB} ± 0.97	13.60 ^{cB} ± 0.65	18.74 ^{dA} ± 0.51	18.15 ^{aA} ± 0.53

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสมรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.14) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของ ผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.10) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้น ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค. 11) โดยจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณ ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงช่วยเร่งให้ผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียไอน้ำได้มากขึ้น โดยบรรจุ- ภัณฑ์ชนิด PP มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate) ที่อุณหภูมิ 100 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์ 95% เท่ากับ 0.2-0.4 กรัม ต่อวัน ต่อ 100 ตารางนิ้ว (Piringer, 2008)

ตารางที่ 4.14 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อ 100 กรัมของแห้ง)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	16.48 ^{ab} ± 0.81	14.74 ^{aC} ± 0.35	21.73 ^{aA} ± 1.01	15.09 ^{abC} ± 0.93
4	10.90 ^{bC} ± 0.46	11.65 ^{bC} ± 1.05	15.94 ^{bA} ± 0.72	13.24 ^{bb} ± 0.36
8	6.61 ^{cD} ± 0.04	7.99 ^{cC} ± 0.30	10.78 ^{cA} ± 0.88	9.50 ^{cb} ± 0.95
12	5.58 ^{cdB} ± 1.03	5.77 ^{dB} ± 0.37	10.46 ^{cA} ± 0.38	9.06 ^{cA} ± 0.95
16	4.78 ^{deB} ± 0.69	4.60 ^{eB} ± 0.14	7.05 ^{dA} ± 0.48	7.42 ^{dA} ± 0.80
20	3.97 ^{eB} ± 0.82	3.41 ^{fB} ± 0.37	5.62 ^{eA} ± 0.55	6.42 ^{dA} ± 0.31

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.7.2 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์

ผลการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.15 จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าที่ระยะเวลาการเก็บ รักษาเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.12) โดย ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบมีค่า a_w ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมี นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บ ทั้งนี้เนื่องจากซอร์บิทอล กลีเซอรอล และน้ำตาล

อินเวิร์ตมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จึงลดต่ำลง (Sagiv and Marcus, 2003) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า a_w ของชุดควบคุมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.13) ทั้งนี้เนื่องจากชุดควบคุมมีการสูญเสียความชื้นที่ในปริมาณสูง ทำให้ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วกว่าชุดการทดลองอื่น

ตารางที่ 4.15 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	a_w			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10% ^{ns}	กลีเซอรอล 10% ^{ns}	ชุดเปรียบเทียบ ^{ns}
0	0.723 ^{abA} ± 0.014	0.653 ^B ± 0.009	0.657 ^B ± 0.005	0.646 ^B ± 0.010
4	0.725 ^{abA} ± 0.010	0.654 ^B ± 0.010	0.644 ^B ± 0.010	0.640 ^B ± 0.010
8	0.701 ^{abA} ± 0.016	0.647 ^B ± 0.007	0.634 ^B ± 0.006	0.621 ^B ± 0.015
12	0.681 ^{bcA} ± 0.015	0.646 ^B ± 0.008	0.630 ^B ± 0.019	0.613 ^B ± 0.010
16	0.693 ^{baA} ± 0.017	0.643 ^B ± 0.003	0.646 ^B ± 0.006	0.630 ^B ± 0.010
20	0.663 ^{caA} ± 0.005	0.634 ^B ± 0.010	0.630 ^B ± 0.018	0.623 ^B ± 0.021

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันในช่วงสี่สัปดาห์แรก แต่ละชุดการทดลองมีค่า a_w แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.14) แต่หลังจากนั้นค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลองมีค่า a_w ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.15) และมีอัตราการลดลงสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีผลให้เกิดการสูญเสียน้ำในปริมาณมาก ส่งผลให้มีปริมาณน้ำอิสระ (free water) น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 4.16 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ใม้อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	a_w			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	0.720 ^{aA} ±0.017	0.662 ^{aB} ±0.009	0.651 ^{aB} ±0.009	0.628 ^{aC} ±0.009
4	0.632 ^{bA} ±0.012	0.602 ^{bB} ±0.016	0.595 ^{bB} ±0.014	0.547 ^{bC} ±0.013
8 ^{ns}	0.488 ^c ±0.014	0.503 ^c ±0.012	0.512 ^c ±0.018	0.480 ^c ±0.020
12 ^{ns}	0.434 ^d ±0.026	0.484 ^c ±0.009	0.463 ^d ±0.005	0.452 ^c ±0.017
16 ^{ns}	0.348 ^e ±0.017	0.372 ^d ±0.018	0.349 ^e ±0.007	0.361 ^d ±0.010
20 ^{ns}	0.329 ^e ±0.024	0.319 ^e ±0.024	0.337 ^e ±0.028	0.373 ^d ±0.034

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

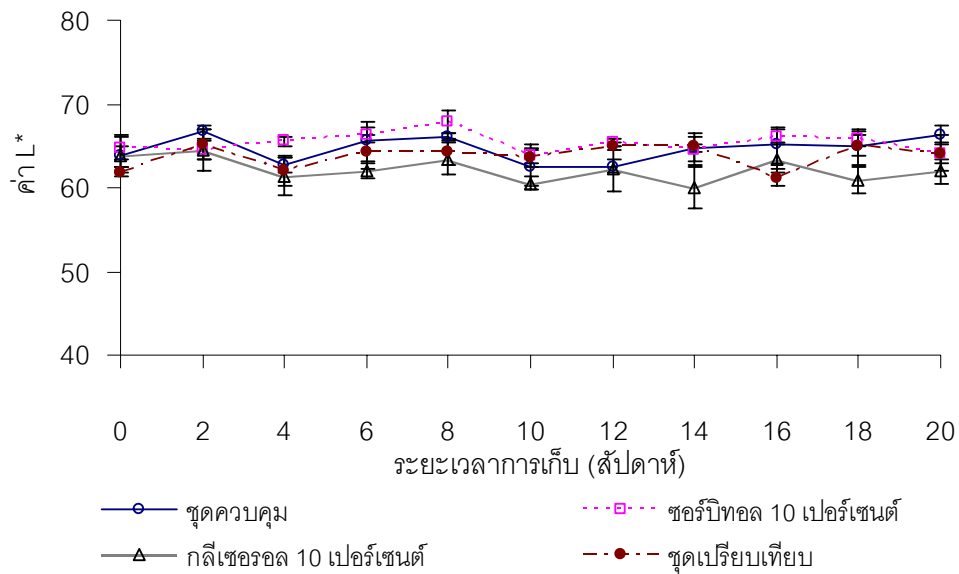
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.7.3 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

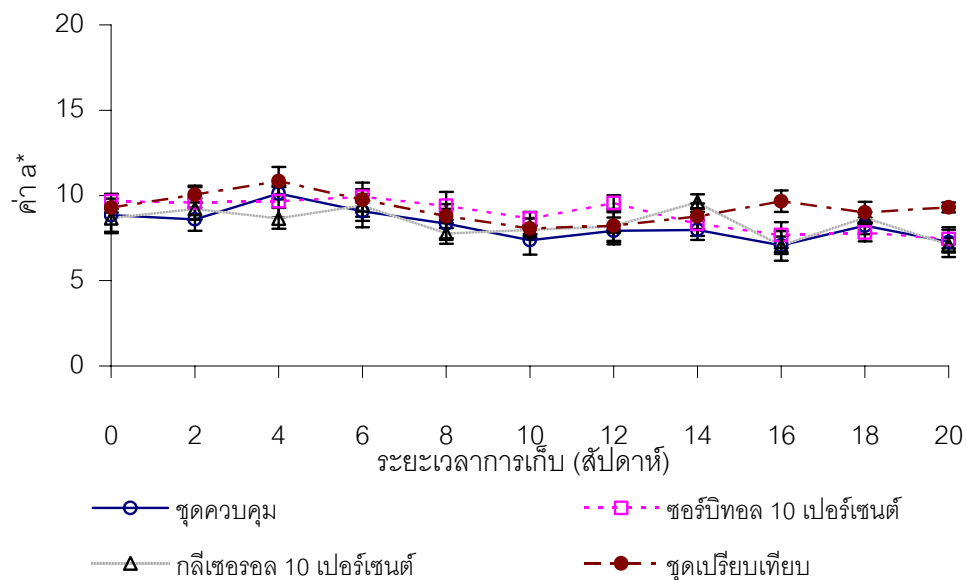
จากการวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L^* a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าค่า L^* (ภาพที่ 4.17) ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ ส่วนค่า a^* (ภาพที่ 4.18) และค่า b^* (ภาพที่ 4.19) ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยที่ค่า a^* ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของชุดควบคุมมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับชุดเปรียบเทียบ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สีโดยรวมของผลิตภัณฑ์เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะมีแนวโน้มซีดลง ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่เป็นองค์ประกอบหลักของแคนตาลูป (Zeb and Mehmood, 2004)

และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าค่า L^* (ภาพที่ 4.20) ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล และชุดควบคุมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บ ทั้งนี้เนื่องจากผิวของผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง และเกิดผลึกน้ำตาลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลมีค่า L^* ค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ชุดเปรียบเทียบมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a^* (ภาพที่ 4.21) และ b^*

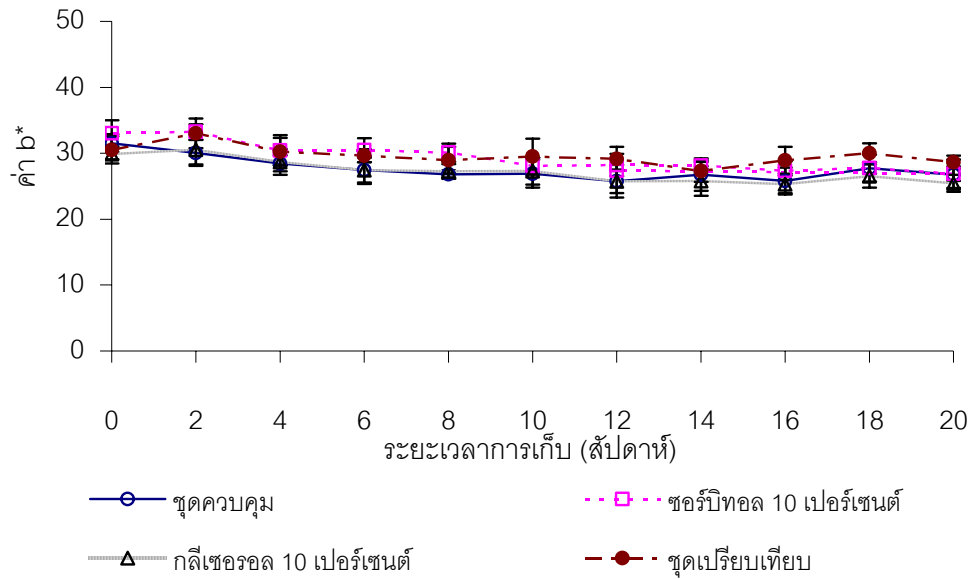
(ภาพที่ 4.22) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดควบคุมมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับสารเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



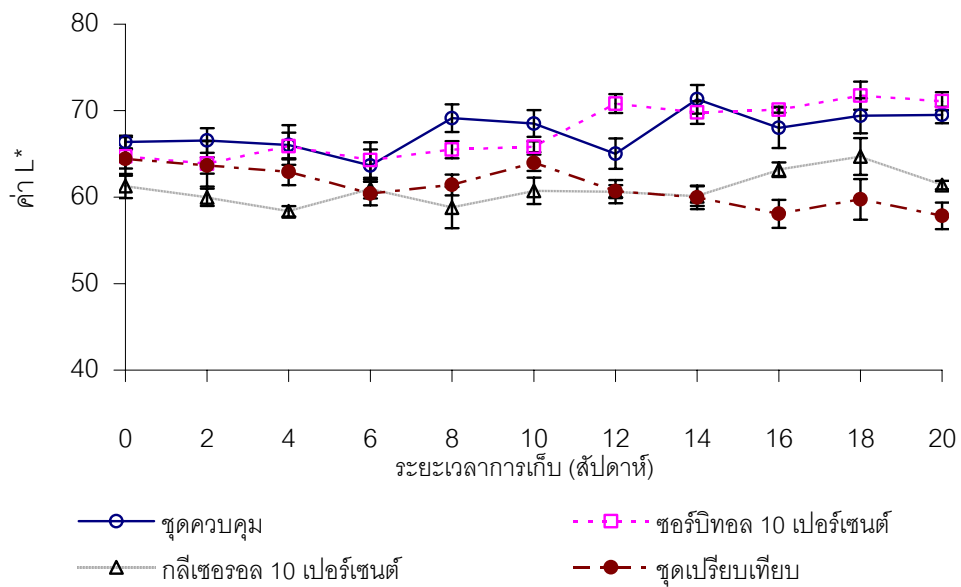
ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



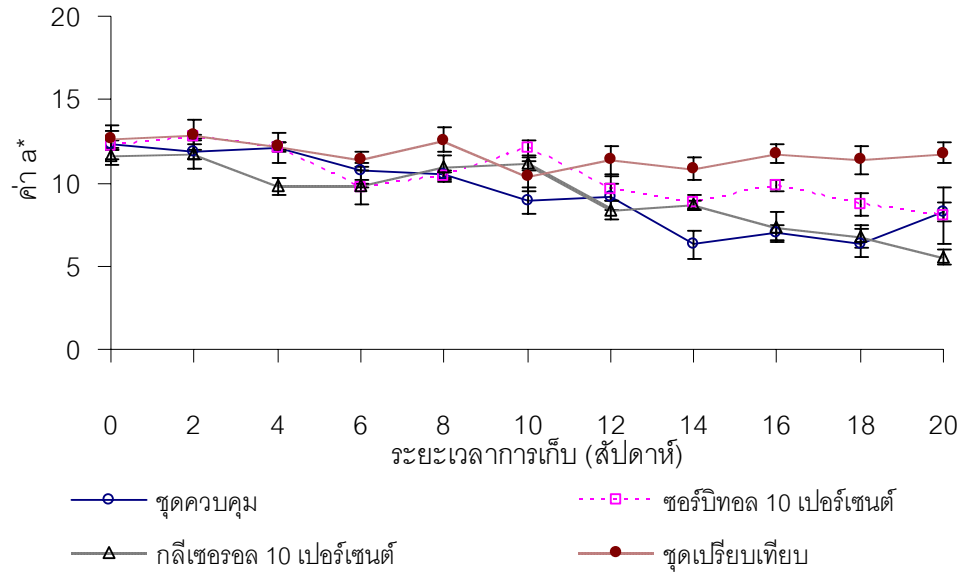
ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



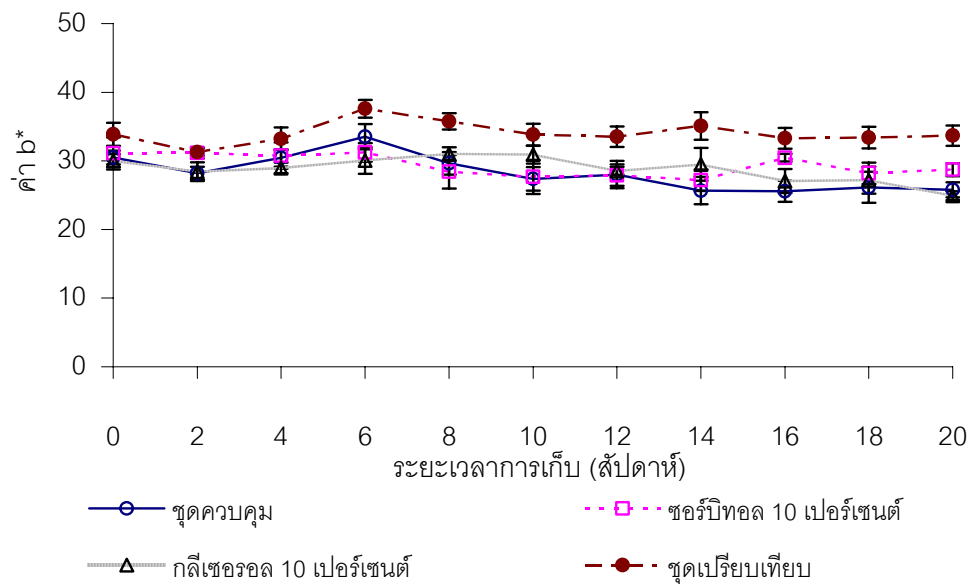
ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ีมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ีมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

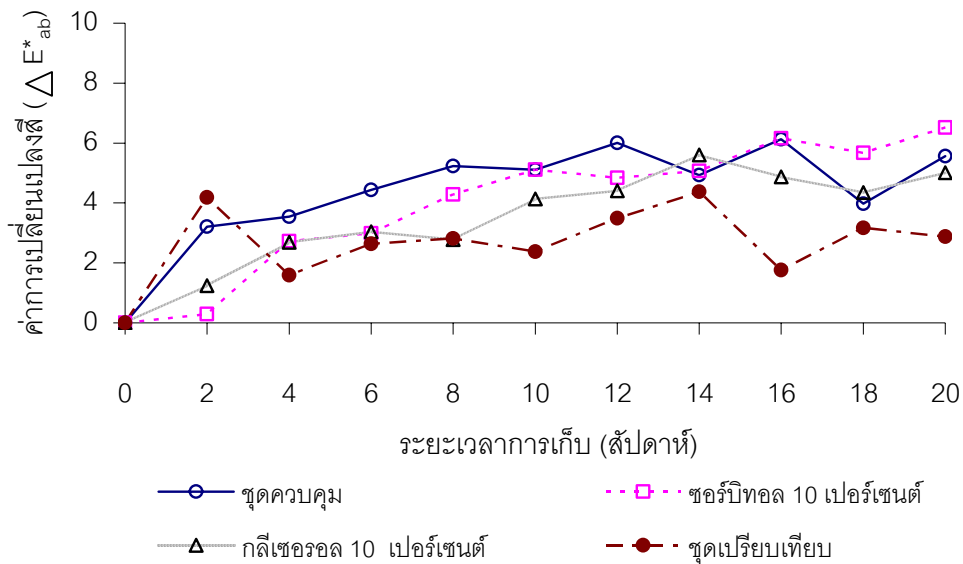


ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



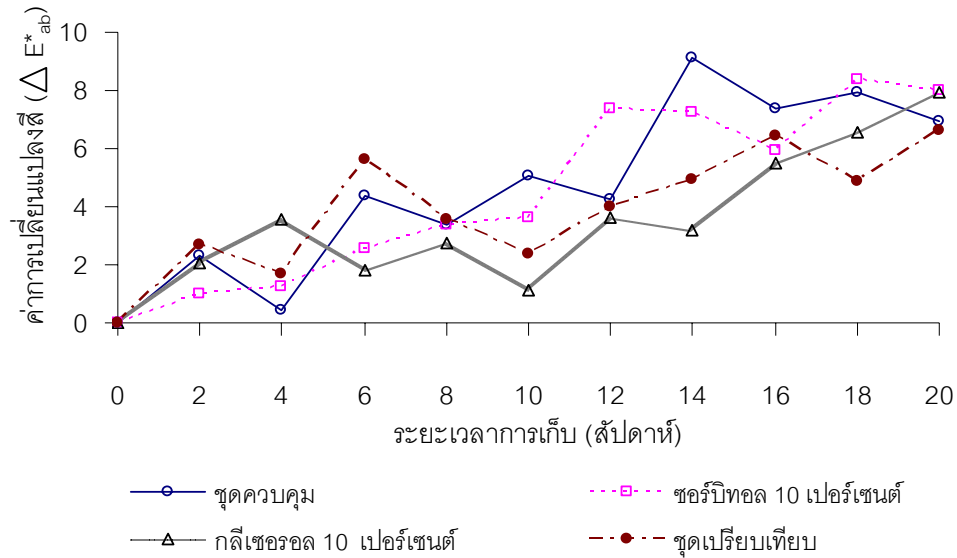
ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

เมื่อนำค่าจากการวัดสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ มาคำนวณเป็นค่า ΔE^*_{ab} ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแตกต่างของค่าสีเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เปรียบเทียบกับค่าสีในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา (สัปดาห์ที่ 0) ถ้า ΔE^*_{ab} มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Hunt, 1998) จากภาพที่ 4.23 ค่า ΔE^*_{ab} ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าชุดควบคุมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสีสูงที่สุด รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ จะสามารถลดการเปลี่ยนแปลงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาได้



ภาพที่ 4.23 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab}) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.24) พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสี่การทดลองมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า ΔE^*_{ab} ในทิศทางเดียวกับการเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าอย่างชัดเจน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาจะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 4.24 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab}) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาตลอดช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

4.7.4 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยวัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (adhesive) และค่างานในการตัด (cutting work) ผลแสดงดังตารางที่ 4.17, 4.18, 4.19 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.17 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความแข็ง (N)			
	ชุดควบคุม	ชอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	9.27 ^{dA} ± 0.11	8.15 ^{dB} ± 0.21	7.81 ^{CB} ± 0.24	7.77 ^{dB} ± 0.33
4	11.64 ^{cA} ± 0.46	9.42 ^{cB} ± 0.32	8.85 ^{bB} ± 0.23	8.97 ^{cB} ± 0.24
8	11.60 ^{cA} ± 0.52	10.88 ^{bB} ± 0.17	9.64 ^{aC} ± 0.42	9.89 ^{bC} ± 0.31
12	12.17 ^{cA} ± 0.45	10.69 ^{bB} ± 0.38	9.98 ^{aC} ± 0.19	10.18 ^{bBC} ± 0.14
16	12.98 ^{bA} ± 0.13	11.41 ^{aB} ± 0.36	10.02 ^{aC} ± 0.51	10.82 ^{aB} ± 0.34
20	13.96 ^{aA} ± 0.25	11.84 ^{aB} ± 0.24	10.24 ^{aD} ± 0.40	11.03 ^{aC} ± 0.42

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความเหนียว (N.mm)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ ^{ns}
0 ^{ns}	8.11 ^a ±0.42	8.41 ^a ±0.43	8.45 ^a ±0.41	8.62±0.31
4	6.98 ^{bb} ±0.16	7.43 ^{bb} ±0.16	8.04 ^{aA} ±0.12	8.14 ^A ±0.44
8	6.73 ^{bcB} ±0.38	6.95 ^{cb} ±0.15	8.23 ^{aA} ±0.16	8.38 ^A ±0.41
12	6.35 ^{cdB} ±0.25	6.76 ^{cdB} ±0.18	8.13 ^{aA} ±0.18	8.41 ^A ±0.29
16	6.29 ^{cdC} ±0.21	6.36 ^{deC} ±0.16	6.97 ^{bb} ±0.18	8.27 ^A ±0.31
20	6.13 ^{dc} ±0.36	6.31 ^{ec} ±0.20	7.00 ^{bb} ±0.16	8.10 ^A ±0.41

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.19 ค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่างานที่ใช้ในการตัด (N.mm)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0 ^{ns}	41.59 ^c ±1.95	39.76 ^c ±1.55	39.18 ^c ±1.56	39.89 ^c ±1.16
4	45.52 ^{ba} ±1.15	43.93 ^{ba} ±1.15	39.56 ^{cb} ±0.78	40.58 ^{bcB} ±0.77
8	46.28 ^{ba} ±0.98	45.22 ^{abA} ±1.06	39.96 ^{cb} ±0.86	41.52 ^{bcB} ±0.88
12	45.34 ^{ba} ±0.97	44.71 ^{abA} ±0.79	41.02 ^{bcB} ±0.87	42.39 ^{bb} ±0.87
16	47.51 ^{abA} ±1.07	46.73 ^{aA} ±1.61	43.52 ^{abB} ±1.67	45.45 ^{aAB} ±1.54
20	48.92 ^{aA} ±1.41	46.83 ^{aA} ±1.67	42.96 ^{abB} ±0.96	46.50 ^{aA} ±1.29

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งทั้งสี่ชุดการทดลอง พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ค่าความแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.16) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบมีค่าความแข็งน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

(ตารางที่ 4.17) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสูงกว่าจึงมีลักษณะที่อ่อนนุ่มกว่าชุดควบคุม ส่วนค่าความเหนียว และค่างานในการตัดที่สัปดาห์ที่ 0 มีค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.18, 4.19) หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบจะมีค่าความเหนียวสูงกว่าชุดควบคุม และมีค่างานในการตัดต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีค่าความเหนียวและค่างานในการตัดไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีค่าความแข็ง และค่างานในการตัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.17-ค.20) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา และมีการเกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวหน้า ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งมากขึ้น ส่วนค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดควบคุมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ชุดเปรียบเทียบมีค่าความเหนียวไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.18) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าชุดเปรียบเทียบซึ่งมีการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตจะสามารถรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดควบคุม

และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.20-4.22) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลอง มีค่าความแข็ง ความเหนียว และค่างานในการตัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.21) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีค่าความแข็ง ค่าความเหนียวและค่างานในการตัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.22-ค.25) ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล และชุดควบคุม ค่าความเหนียวมีแนวโน้มลดลงโดยจากการทดลองจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีผลเร่งให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.20 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความแข็ง (N)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	8.97 ^{fA} ±0.13	8.39 ^{fB} ±0.40	7.96 ^{fB} ±0.25	7.93 ^{fB} ±0.24
4	11.67 ^{eA} ±0.60	10.93 ^{eA} ±0.29	9.17 ^{eB} ±0.65	9.85 ^{eB} ±0.23
8	15.25 ^{dA} ±0.14	13.12 ^{dB} ±0.48	10.40 ^{dC} ±0.60	10.68 ^{dC} ±0.10
12	19.12 ^{cA} ±0.30	17.75 ^{cB} ±0.42	11.79 ^{cD} ±0.35	12.52 ^{cC} ±1.21
16	23.68 ^{bA} ±0.45	19.94 ^{bB} ±0.73	13.59 ^{bC} ±0.59	14.40 ^{bC} ±0.15
20	29.63 ^{aA} ±0.84	22.25 ^{aB} ±0.56	15.15 ^{aD} ±0.42	16.78 ^{aC} ±0.42

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.21 ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความเหนียว (N.mm)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0 ^{ns}	8.16 ^a ±0.31	8.25 ^a ±0.70	8.36 ^{cd} ±0.24	8.50 ^e ±0.19
4	7.05 ^{bC} ±0.19	7.23 ^{bBC} ±0.23	8.62 ^{bcdA} ±0.32	7.76 ^{eB} ±0.52
8	6.03 ^{cC} ±0.24	6.60 ^{bcC} ±0.31	7.96 ^{dB} ±0.53	11.09 ^{dA} ±0.70
12	5.74 ^{cC} ±0.11	6.06 ^{cdC} ±0.49	9.03 ^{bcB} ±0.30	12.32 ^{cA} ±0.47
16	5.16 ^{dC} ±0.24	5.48 ^{dC} ±0.76	10.59 ^{aB} ±0.81	16.56 ^{bA} ±0.45
20	3.95 ^{eD} ±0.20	5.12 ^{dC} ±0.59	9.35 ^{bB} ±0.13	20.39 ^{aA} ±0.45

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.22 ค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่างานที่ใช้ในการตัด (N.mm)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0 ^{ns}	42.22 ^f ±1.35	41.36 ^e ±1.47	38.83 ^d ±1.32	39.53 ^c ±1.54
4	48.90 ^{eA} ±1.30	46.70 ^{dB} ±0.66	38.04 ^{dC} ±0.90	34.85 ^{dD} ±1.32
8	51.51 ^{dA} ±1.51	50.25 ^{cA} ±1.21	42.59 ^{CB} ±0.79	40.36 ^{cC} ±0.92
12	55.00 ^{cA} ±1.33	51.12 ^{CB} ±1.05	40.02 ^{dC} ±1.12	41.39 ^{cC} ±1.49
16	59.83 ^{bA} ±0.98	57.41 ^{bB} ±0.71	44.87 ^{bD} ±1.54	49.16 ^{bC} ±1.14
20	70.29 ^{aA} ±1.27	60.31 ^{aB} ±1.41	50.51 ^{aC} ±1.12	58.07 ^{aB} ±0.93

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสมรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.7.5 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของการเกิดสารสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์

ในงานวิจัยนี้ติดตามการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา โดยสกัดสารสีน้ำตาลของตัวอย่างด้วยกรดอะซิติก จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm (ดัดแปลงจากวิธีการของ Baloch, Buckle และ Edwards, 1973) โดยติดตามการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และที่สภาวะเร่ง 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.23) ซึ่งให้เห็นว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.26) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่ละชุดการทดลองมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.27) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งมีค่า a_w อยู่ในช่วงประมาณ 0.6-0.7 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ดซึ่งเกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนของโปรตีน และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล โดยแม้ในแคนตาลูปนั้นจะมีปริมาณโปรตีนเพียงเล็กน้อย (ต่ำกว่า 1% (w/w)) แต่ก็สามารถเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนได้ดี มีผลให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm มีค่าสูงขึ้น (McBean, Josyn and Nury, 1971; Forni et al., 1997)

ตารางที่ 4.23 ค่าการเกิดสารสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	0.113 ^{eA} ± 0.013	0.064 ^{eB} ± 0.015	0.075 ^{eB} ± 0.007	0.126 ^{fA} ± 0.015
4	0.119 ^{deA} ± 0.016	0.088 ^{dB} ± 0.007	0.088 ^{eB} ± 0.014	0.103 ^{eA} ± 0.008
8	0.141 ^{dC} ± 0.015	0.183 ^{bB} ± 0.012	0.174 ^{bB} ± 0.017	0.263 ^{dA} ± 0.011
12	0.232 ^{cB} ± 0.007	0.152 ^{cC} ± 0.011	0.164 ^{bC} ± 0.008	0.310 ^{cA} ± 0.006
16	0.267 ^{bB} ± 0.010	0.243 ^{aC} ± 0.011	0.244 ^{aC} ± 0.010	0.360 ^{bA} ± 0.007
20	0.297 ^{aB} ± 0.012	0.261 ^{aC} ± 0.006	0.257 ^{aC} ± 0.006	0.386 ^{aA} ± 0.004

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 ค่าการเกิดสารสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	0.076 ^{fAB} ± 0.015	0.068 ^{dB} ± 0.007	0.052 ^{dB} ± 0.010	0.101 ^{fA} ± 0.020
4	0.129 ^{eB} ± 0.009	0.131 ^{cB} ± 0.013	0.126 ^{cB} ± 0.009	0.227 ^{eA} ± 0.012
8	0.151 ^{dB} ± 0.006	0.155 ^{bB} ± 0.005	0.123 ^{cC} ± 0.013	0.255 ^{dA} ± 0.008
12	0.177 ^{cB} ± 0.017	0.165 ^{bB} ± 0.009	0.164 ^{bB} ± 0.012	0.292 ^{cA} ± 0.013
16	0.257 ^{bB} ± 0.005	0.232 ^{aC} ± 0.016	0.246 ^{aBC} ± 0.005	0.326 ^{bA} ± 0.007
20	0.278 ^{aB} ± 0.008	0.233 ^{aC} ± 0.019	0.251 ^{aC} ± 0.011	0.376 ^{aA} ± 0.014

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาด้วยสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.24) พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ค่าการดูดกลืนแสงของทุกชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.28) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลองมีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.29) โดยค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา จากนั้นจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

30 องศาเซลเซียส ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาด้วยสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากการเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมากนัก โดยจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีในช่วงแรก จากนั้นจะมีแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลใกล้เคียงกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

4.7.6 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ของผลิตภัณฑ์

ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และรา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 40 °C พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองชุดการทดลอง มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 300 CFU/g และตรวจไม่พบยีสต์และรา ซึ่งตามมาตรฐานอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง กำหนดให้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 CFU/g ปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^2 CFU/g (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

4.7.7 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ในการทดสอบจะใช้ผู้ทดสอบประเภทไม่ฝึกฝนจำนวน 50 คน ประกอบด้วยนิสิตและบุคลากร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน และบุคคลทั่วไปที่อาศัยอยู่ในเขตดินแดง จำนวน 30 คน พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ความคงรูปหรือการหดตัว การเกิดผลึกน้ำตาล ความชุ่มน้ำ และการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏ โดยทดสอบการยอมรับแบบ acceptance test (9 คะแนนหมายถึงยอมรับมากที่สุด และ 1 คะแนนหมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุด)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.25) พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบมีคะแนนการยอมรับในด้านสีสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.30) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบได้รับคะแนนการยอมรับด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 8 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีคะแนนการยอมรับด้านสีน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ทั้งสองชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.31-ค.34) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันในช่วง 16 สัปดาห์แรก ชุดทดลองที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ

มีคะแนนการยอมรับด้านสีสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.26) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.35) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านสีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.36-ค.39) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านสีของชุดควบคุมจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่การใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับจนถึงสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.25 คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่หิมอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านสี			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	6.80 ^{ab} ± 1.07	7.18 ^{aA} ± 1.04	7.18 ^{aA} ± 1.22	7.30 ^{aA} ± 0.95
4	6.42 ^{ab} ± 0.99	7.14 ^{aA} ± 1.03	7.20 ^{aA} ± 0.76	7.26 ^{aA} ± 0.60
8	6.02 ^{bC} ± 1.04	6.44 ^{bB} ± 0.99	7.12 ^{aA} ± 0.92	7.28 ^{aA} ± 0.76
12	5.36 ^{cC} ± 1.05	6.40 ^{bB} ± 0.81	6.64 ^{bAB} ± 1.21	6.84 ^{bA} ± 1.02
16	5.32 ^{cB} ± 1.08	5.88 ^{cA} ± 0.96	6.10 ^{cA} ± 0.93	5.92 ^{cA} ± 0.97
20	5.30 ^{cB} ± 0.68	5.76 ^{cA} ± 0.56	5.92 ^{cA} ± 0.85	5.80 ^{cA} ± 0.86

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.26 คะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่หิมอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านสี			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	6.78 ^{ab} ± 1.07	7.18 ^{aA} ± 1.04	7.18 ^{aA} ± 1.22	7.30 ^{aA} ± 0.95
4	6.28 ^{bB} ± 1.13	7.02 ^{aA} ± 1.20	7.08 ^{aA} ± 1.08	7.24 ^{aA} ± 1.02
8	5.06 ^{cC} ± 1.24	6.42 ^{bB} ± 0.84	6.96 ^{aA} ± 1.01	6.64 ^{bAB} ± 1.38
12	5.04 ^{cB} ± 0.83	6.34 ^{bA} ± 0.98	6.52 ^{bA} ± 0.93	6.44 ^{bA} ± 1.07
16	4.52 ^{bB} ± 0.79	5.42 ^{cA} ± 1.03	5.40 ^{cA} ± 0.97	5.66 ^{cA} ± 0.87
20	4.46 ^{dB} ± 0.76	4.56 ^{dAB} ± 0.70	4.74 ^{dA} ± 0.60	4.76 ^{dA} ± 0.72

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความคงรูป ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.27 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่าที่สัปดาห์ที่ 0 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับด้านความคงรูปสูงกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.30) แต่หลังจากการเก็บรักษา 4 สัปดาห์เป็นต้นไป ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีคะแนนการยอมรับด้านความคงรูปไม่แตกต่างจากซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านความคงรูปลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.31-ค.34) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านความคงรูปของผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับด้านความคงรูปสูงกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.28) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.35) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านความคงรูปต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.36-ค.39) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านความคงรูปของซูดควบคุมจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่การใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับจนถึงสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.27 คะแนนการยอมรับด้านความคงรูปของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านความคงรูป			
	ซูดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ซูดเปรียบเทียบ
0	6.02 ^{aC} ± 0.98	6.46 ^{aB} ± 1.18	7.26 ^{aA} ± 1.27	7.20 ^{aA} ± 1.20
4	5.92 ^{aB} ± 1.08	6.14 ^{abB} ± 1.11	6.96 ^{abA} ± 1.12	7.16 ^{aA} ± 1.00
8	5.72 ^{abB} ± 1.13	5.96 ^{bcB} ± 0.95	6.80 ^{bcA} ± 0.88	6.98 ^{aA} ± 0.96
12	5.68 ^{abcB} ± 0.79	5.78 ^{bcdB} ± 0.74	6.52 ^{cdA} ± 0.89	6.80 ^{abA} ± 0.76
16	5.50 ^{bcB} ± 0.89	5.74 ^{cdB} ± 0.80	6.22 ^{deA} ± 0.86	6.44 ^{bcA} ± 0.99
20	5.32 ^{cb} ± 0.68	5.54 ^{dB} ± 0.73	6.06 ^{eA} ± 0.77	6.14 ^{CA} ± 0.78

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.28 คะแนนการยอมรับด้านความคงรูปของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่หิมอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านความคงรูป			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	6.02 ^{aC} ±0.98	6.46 ^{aB} ±1.18	7.26 ^{aA} ±1.27	7.20 ^{aA} ±1.20
4	5.78 ^{abC} ±1.27	6.38 ^{aB} ±0.92	6.72 ^{baB} ±1.47	7.10 ^{abA} ±1.25
8	5.56 ^{bcB} ±1.43	6.30 ^{aA} ±0.93	6.76 ^{ba} ±1.19	6.68 ^{ba} ±1.30
12	5.18 ^{cdB} ±0.98	6.28 ^{aA} ±1.14	6.38 ^{ba} ±0.99	6.08 ^{ca} ±1.31
16	4.88 ^{dB} ±1.10	5.54 ^{ba} ±1.31	5.08 ^{cb} ±1.07	4.98 ^{db} ±1.00
20	4.02 ^{eb} ±0.89	4.72 ^{ca} ±0.73	4.80 ^{ca} ±0.76	4.82 ^{da} ±0.67

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านการยอมรับการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ดังตารางที่ 4.29) พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.30) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 4 ทุกชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.31-ค.34) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.30) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.35) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 0 และ 12 ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีคะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้า ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.36-ค.39) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าของชุดควบคุม

จนถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่การใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรีบเทียบผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับจนถึงสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.29 คะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่िमอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาล			
	ซูดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ซูดเปรีบเทียบ
0	6.98 ^{aB} ±1.29	7.18 ^{aAB} ±1.17	7.38 ^{aA} ±1.10	7.40 ^{aA} ±1.12
4 ^{ns}	6.72 ^a ±1.31	7.14 ^a ±1.14	6.88 ^b ±1.15	7.10 ^{ab} ±1.40
8	6.10 ^{bB} ±1.54	6.54 ^{bA} ±1.23	6.50 ^{bcA} ±1.15	6.60 ^{cdA} ±1.07
12	5.68 ^{bcB} ±1.33	6.62 ^{bA} ±1.19	6.46 ^{cdA} ±1.23	6.70 ^{bcA} ±1.07
16	5.52 ^{cB} ±0.97	6.42 ^{bA} ±0.76	6.30 ^{cdA} ±0.84	6.48 ^{cdA} ±0.86
20	5.42 ^{cB} ±0.67	5.98 ^{cA} ±0.71	6.02 ^{dA} ±0.91	6.16 ^{dA} ±0.82

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.30 คะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่िमอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านการเกิดผลึกน้ำตาล			
	ซูดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ซูดเปรีบเทียบ
0	6.98 ^{aB} ±1.29	7.18 ^{aAB} ±1.17	7.38 ^{aA} ±1.10	7.40 ^{aA} ±1.12
4	6.48 ^{bB} ±1.03	7.08 ^{aA} ±0.92	6.84 ^{bA} ±1.11	6.98 ^{bA} ±1.13
8	5.22 ^{cB} ±1.40	6.42 ^{bA} ±1.01	6.38 ^{cA} ±1.10	6.50 ^{cA} ±1.11
12	5.12 ^{cdB} ±0.72	5.16 ^{cB} ±0.84	5.72 ^{dA} ±0.88	5.96 ^{dA} ±0.95
16	4.72 ^{deB} ±1.21	5.14 ^{cA} ±1.25	5.20 ^{eA} ±1.2	5.36 ^{eA} ±1.17
20	4.56 ^{eC} ±0.64	4.92 ^{cAB} ±0.60	4.74 ^{fBC} ±0.69	4.98 ^{eA} ±0.62

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.31) พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และ ซูดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำสูงกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.30) ผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอลมีแนวโน้มได้รับคะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำสูงกว่าซูดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ซูดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.31-ค.34) แต่ผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ซูดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.32) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำสูงกว่าซูดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.35) โดยมีคะแนนการยอมรับลดต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งสี่ซูดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.36-ค.39) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านความชุ่มน้ำของซูดควบคุมจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่การใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับจนถึงสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.31 คะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่หิมอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำ			
	ซูดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ซูดเปรียบเทียบ
0	6.18 ^{aC} ± 1.26	7.34 ^{aA} ± 1.22	6.80 ^{aB} ± 1.09	6.82 ^{aB} ± 0.96
4	5.78 ^{abC} ± 1.43	6.88 ^{bA} ± 1.43	6.72 ^{aAB} ± 1.50	6.40 ^{bB} ± 1.09
8	5.64 ^{bcB} ± 1.06	6.60 ^{bA} ± 1.26	6.28 ^{bA} ± 1.23	6.32 ^{bA} ± 1.13
12	5.22 ^{cdC} ± 0.93	6.54 ^{bA} ± 0.81	6.04 ^{bcB} ± 1.29	6.22 ^{bB} ± 1.33
16	5.18 ^{dC} ± 0.92	5.98 ^{cA} ± 0.80	5.62 ^{cdB} ± 0.67	5.50 ^{cB} ± 0.81
20	5.16 ^{dBC} ± 0.83	5.90 ^{cA} ± 0.89	5.36 ^{dB} ± 0.92	5.12 ^{cC} ± 1.00

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสมรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.32 คะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับด้านความชุ่มน้ำ			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	6.18 ^{aC} ±1.26	7.34 ^{aA} ±1.22	6.80 ^{aB} ±1.09	7.30 ^{aA} ±1.23
4	5.64 ^{bC} ±1.10	6.72 ^{bA} ±0.99	6.42 ^{bAB} ±0.84	6.36 ^{bB} ±0.98
8	5.30 ^{bCB} ±0.81	6.34 ^{bA} ±0.98	6.26 ^{cdA} ±0.96	6.30 ^{bA} ±0.71
12	5.14 ^{cC} ±0.95	6.38 ^{bA} ±0.83	5.94 ^{cB} ±0.91	5.34 ^{cC} ±1.77
16	4.04 ^{dC} ±1.23	5.50 ^{cA} ±0.79	5.20 ^{dAB} ±1.07	5.12 ^{cB} ±1.06
20	3.98 ^{dB} ±0.77	4.82 ^{dA} ±0.56	4.60 ^{eA} ±0.70	4.66 ^{dA} ±0.66

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.33 พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับในการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏ สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.30) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอลมีแนวโน้มได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่าชุดการทดลองอื่น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.31-ค.34) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.34) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ มีคะแนนการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.35) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คะแนนการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏของทั้งสี่ชุดการทดลอง มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ค.36-ค.39) โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏของชุดควบคุมจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่การใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับจนถึงสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.33 คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนด้านการยอมรับโดยรวม			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	6.42 ^{aC} ±1.28	7.32 ^{aA} ±1.13	6.84 ^{aB} ±1.09	6.86 ^{aB} ±0.86
4	6.26 ^{aC} ±1.16	7.20 ^{abA} ±0.73	6.76 ^{aB} ±1.04	6.82 ^{aB} ±0.98
8	5.82 ^{bB} ±0.92	6.90 ^{bA} ±0.84	6.62 ^{aA} ±0.85	6.72 ^{aA} ±1.19
12	5.40 ^{cC} ±0.83	6.34 ^{cA} ±1.02	5.88 ^{bcB} ±1.10	6.16 ^{bA} ±0.91
16	5.34 ^{cB} ±0.92	6.22 ^{cdA} ±0.74	6.02 ^{bA} ±0.89	5.90 ^{bcA} ±0.93
20	5.30 ^{cC} ±0.89	5.94 ^{dA} ±0.82	5.52 ^{cbC} ±0.79	5.70 ^{cAB} ±0.99

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.34 คะแนนด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนด้านการยอมรับโดยรวม			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10%	กลีเซอรอล 10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	6.42 ^{aC} ±1.28	7.32 ^{aA} ±1.13	6.84 ^{aB} ±1.09	6.86 ^{abB} ±0.86
4	5.82 ^{bC} ±1.08	7.18 ^{aA} ±1.00	6.76 ^{aB} ±1.10	7.04 ^{aAB} ±0.70
8	5.36 ^{cB} ±0.72	6.78 ^{bA} ±0.71	6.56 ^{aA} ±0.84	6.50 ^{bA} ±1.07
12	5.10 ^{cB} ±0.91	5.96 ^{cA} ±0.88	5.72 ^{bA} ±1.09	5.22 ^{cB} ±1.00
16	4.40 ^{dB} ±1.09	5.24 ^{dA} ±1.38	5.18 ^{cA} ±1.02	5.12 ^{cA} ±1.04
20	3.78 ^{eC} ±0.76	4.86 ^{dA} ±0.64	4.50 ^{dB} ±0.71	4.42 ^{dB} ±0.70

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล ที่ระดับความเข้มข้น 10% และชุดเปรียบเทียบ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งทางด้านสี ความคงรูป การเกิดผลึกน้ำตาล ความชุ่มน้ำ และการยอมรับโดยรวม ด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าชุดควบคุม โดยผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้นชุดการ

ทดลอง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ส่วนการเก็บที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าชุดควบคุมยังคงได้รับการยอมรับจนถึงสัปดาห์ที่ 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ ยังคงได้รับการยอมรับจนถึงสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา ซึ่งจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ สามารถยืดระยะเวลาการยอมรับของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านสี ความคงรูป การเกิดผลึกน้ำตาล ความชุ่มน้ำ และลักษณะปรากฏให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ซอร์บิทอลจะมีแนวโน้มได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

แคนตาลูปที่ใช้ในการทดลองเป็นแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศ ซึ่งจากตลาดมหานคร กรุงเทพมหานคร ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในช่วง 10-11% (w/w) ค่าความเป็นกรด (ในรูปกรดซิตริก) ในช่วง 0.06-0.07% ค่าอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดในช่วง 129-145 ค่าความแข็ง ในช่วง 13-15 N เมื่อนำแคนตาลูปที่ผ่านการแช่เพื่อปรับปรุงคุณภาพ มาแช่ในสารละลายซูโครส เข้มข้น 40 บริกซ์ และ 50 บริกซ์ อัตราส่วนของเนื้อแคนตาลูปต่อสารละลายผสมเป็น 1:3 (w/v) ความเข้มข้นละ 24 ชั่วโมง โดยที่ความเข้มข้น 50 บริกซ์ ทดแทนซูโครสบางส่วนด้วยพอลิไฮโดรริก-แอลกอฮอล์สองชนิด คือ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 15 % (w/v) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่ไม่ใช้พอลิไฮโดรริกแอลกอฮอล์ และชุดเปรียบเทียบที่ใช้น้ำตาลอินเวิร์ต 10% (v/v) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอลและชุดเปรียบเทียบมีค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (SG) สูงกว่า และมีค่าอัตราการสูญเสีย น้ำ (WL) ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลมีค่า SG ต่ำกว่า และมีค่า WL สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพอลิไฮโดรริกแอลกอฮอล์ชนิดเดียวกันเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นจาก 10% เป็น 15% ค่า SG และ WL ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทุกชุดการทดลองที่ผ่านการอบสโมคซิส มาอบแห้งในตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าชุดควบคุมมีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด รองลงมาเป็นซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮโดรริกแอลกอฮอล์ อัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง แบบจำลองของ Page สามารถใช้ในการทำนายลักษณะการอบแห้งของทั้งหกชุดการทดลองได้ดีกว่าแบบจำลองของ Henderson และ Pabis ในระหว่างการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลมีอัตราการลดลงของค่า a_w สูงที่สุด รองลงมาเป็นชุดเปรียบเทียบ ซอร์บิทอล และชุดควบคุม ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮโดรริกแอลกอฮอล์ อัตราการลดลงของค่า a_w มีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่การลดลงของปริมาณความชื้น และการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* a^* b^* ในระหว่างการอบแห้งมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้งด้านเนื้อสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และชุดเปรียบเทียบ มีค่าความแข็ง และค่างานในการตัดมีแนวโน้มต่ำกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ค่าความเหนียวมีแนวโน้มสูงกว่าชุดควบคุม และจากการวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบ มีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าซูดควบคุม และความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ นอกจากนี้การใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และ ซูดเปรียบเทียบ สามารถช่วยรักษาความคงรูปของเซลล์ได้ดีกว่าซูดควบคุม เมื่อพิจารณาผลทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้าย ที่มีการใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 15% มีคะแนนความคงรูป และคะแนนด้านเนื้อสัมผัสที่สูง แต่มีลักษณะที่ขึ้นและเหนียวเกินไป และมีอัตราการอบแห้งต่ำกว่าซูดการทดลองอื่น จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ซอร์บิทอล 10% กลีเซอรอล 10% ซูดควบคุม และซูดเปรียบเทียบไปศึกษา sorption isotherm โดยใช้ BET model พบว่าซูดเปรียบเทียบมีค่า m_0 สูงที่สุด รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และซูดควบคุม ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้น และค่า a_w ของทุกซูดการทดลองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ และซูดเปรียบเทียบมีปริมาณความชื้นสูงกว่า และมีค่า a_w ต่ำกว่าซูดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บ ค่า $L^* a^* b^*$ ของทุกซูดการทดลองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ค่าการเกิดสารสีน้ำตาล มีแนวโน้มสูงขึ้นโดยซูดเปรียบเทียบมีแนวโน้มสูงกว่าซูดการทดลองอื่น ๆ ค่าความแข็งและค่างานในการตัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ และซูดเปรียบเทียบ มีค่าความแข็งและค่างานในการตัดน้อยกว่าซูดควบคุม ในขณะที่มีความเหนียวสูงกว่าซูดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บ ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์ และรา อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอลมีแนวโน้มได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด โดยทุกซูดการทดลองมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดระยะเวลาการเก็บ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เห็นการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น โดยผู้ทดสอบเริ่มไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และซูดเปรียบเทียบเมื่อระยะเวลาการเก็บผ่านไป 16 สัปดาห์ แต่ซูดควบคุมผู้ทดสอบเริ่มไม่ให้การยอมรับเมื่อระยะเวลาการเก็บผ่านไป 12 สัปดาห์

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ซอร์บิทอล กลีเซอรอล จะสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งได้ โดยช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงรูปสูงขึ้น ลดการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ รวมถึงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดระดับความหวานของผลิตภัณฑ์ลงได้ นอกจากนี้การใช้กลีเซอรอลสามารถช่วยลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานและช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอลจะมีลักษณะที่เหนียว ทำให้มีคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่ำกว่าการใช้ซอร์บิทอล โดยการใช้ซอร์บิทอลที่ระดับ

ความเข้มข้น 15% ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำกว่าการใช้ที่ระดับ 10% ดังนั้นการใช้ซอร์บิทอล 10% จึงเป็นภาวะการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการรูปแบบเปลี่ยนแปลงของกลิ่นในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC)

5.2.2 ควรศึกษาผลการใช้พอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ ร่วมกับการใช้ชูโครสเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และรสชาติของผลิตภัณฑ์

5.2.3 ควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสารละลายออสโมติกกลับมาใช้ซ้ำเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- คำนึ่ง คำอุดม. 2543. แตงแคนตาลูป. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม.
- จิราพร กอศรีลบุตร. 2549. ผลของน้ำตาลอินเวิร์ตต่อการทำแห้งและคุณภาพของแคนตาลูป *Cucumis melon* L. แอ้ส้มอบแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทัศนีย์ วัฒนชัยรงค์, 2550. Sugar substitutes: low-carbohydrate sweetener. Asia Pacific Food Industry Thailand. January-February: 42-45
- ธงชัย เนมขุนทด. 2531. แคนตาหูลูป. กรุงเทพมหานคร: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.
- ไพโรจน์ วิริยะจारी. 2539. อาหารกึ่งแห้ง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 203 หน้า.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง. มอก.919-2532. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ยุพยงษ์ สุทธิธรรม. 2542. การปลูกแตงแคนตาลูป. พิมพ์ครั้งที่ 1. สารคดี ชุด คู่มืออาชีพของคนไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
- วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2546. คุณสมบัติและประโยชน์ของกลีเซอรอล. อาหาร. 33 (เมษายน-มิถุนายน) 33: 87-89
- ศุลกากร, กรม. ข้อมูลการส่งออกแคนตาลูป [online]. Available from:
<http://www.customs.go.th/Statistic/Index.jsp>. [20 มีนาคม 2552]
- อาพร ละออง. 2547. ผลของแคลเซียมคลอไรด์และน้ำตาลอินเวิร์ตต่อคุณภาพของมะละกอ *Carica papaya* L. ที่ทำแห้งโดยการอบลมร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Antonio, G. C., Azoubel, P. M., Alves, D. G., El-Aouar, A. A. and Murr, F. E. X. 2004. Osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.): Influence of process variables. Drying 2004 C: 1998-2004.
- A.O.A.C. 2006. Official Methods of Analysis. 18th ed. Washington: The Association of Official Analytical Chemists.
- Azoubel, P., & Murr, F. E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. Journal of Food Engineering 61: 291-295.

- Baker, C. G. J. 1997. Industrial dry of foods. London: Blackie Academic & Professional.
- Baloch, A. K., Buckle, K. A., and Edwards, R. A. 1973. Measurement of non enzymic browning of dehydrated carrot. Journal of Science of Food and Agriculture 24: 389-398.
- Basu, S., Shivhare, U. S. and Mujumdar, A. S. 2006. Models for sorption isotherms for foods: A Review. Drying Technology 24: 917-930.
- Behnilian, D. and Spiess, W. E. L. 2006. Osmotic dehydration of fruits and vegetable. IUFoST World Congress. 13th World Congress of Food Science and Technology.
- Bhandari, B. R. and Howes, T. 1999. Implication of glass transition for the drying and stability of dried food. Journal of Food Engineering 40:71-79.
- Bhandari, B. R. and Roos, Y. H. 2003. Dissolution of sucrose crystals in the anhydrous sorbitol melt. Carbohydrate Research 338: 361-367.
- Bond, D. P. 1987. Practical application of water activity and moisture relation in food. In Rocklan L. B. and Beuchat. Water Activity: Theory and Applications to Food(eds.), pp. 369-395.
- Cánovas, G. V. B. and Mercado, H. V. 1996. Dehydration of Foods. New York: Chapman & Hall. 330 p.
- Cornillon, P. and Salim, L. C. 2000. Characterization of water mobility and distribution in low-and intermediate-moisture food systems. Magnetic Resonance Imaging 18: 335-341.
- Dhatt, A. S. and Mahajan, B. V. C. 2007. Post Harvest Technology Harvesting, Handling and Storage of Horticultural Crops. Punjab Horticultural Postharvest Technology Centre. Punjab Agricultural University Campus.
- Dissa. A. O., Desmorieux. H., Bathiebo, J. and Koulidiati, J. 2008. Convective drying characteristics of Amelie mango (*Mangifera Indica* L. cv. 'Amelie') with correction for shrinkage. Journal of Food Engineering 88(4): 429-437.
- Doymaz, i. 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. Journal of Food Engineering 78(4): 1291-1297.
- Doymaz, i. 2008. Convective drying kinetics of strawberry. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification 47(5): 914-919.

- Doymaz, İ. and Pala, M. 2002. The effect of dipping pre-treatments on air-drying rates of the seedless grapes. Journal of Food Engineering 52: 413-417.
- El-Aouar, A. A., Azoubel, P. M. and Murr, F. E. X. 2003. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (*Carica papaya* L.). Journal of Food Engineering 59: 85-91.
- El-Aouar, A. A., Azoubel, P. M., Barbosa, J. L. and Murr, F. E. X. 2006. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). Journal of Food Engineering 75: 267-274.
- Falade, K. O. and Aworh, O. C. 2004. Adsorption isotherms of osmo-oven dried african star apple (*chrysophyllum albidum*) and african mango (*Irvingia gabonensis*) slice. European Food Research Technology 218: 278-283.
- Falade, K. O. and Aworh, O. C. 2005. Sensory evaluation and consumer acceptance of osmosed and oven-dried African star apple and African mango. Journal of Food, agriculture and Environment 3: 91-96.
- Falade, K. O., Igbeka, J. C. and Ayanwuyi, F. A. 2007. Kinetics of mass transfer and color changes during osmotic dehydration of watermelon. Journal of Food Engineering 80: 979-985.
- Feeters, R. F. and Tang, H. C. L. 1983. Relation among cell wall constituents, calcium and texture during cucumber fermentation and storage. Journal of Food Science 48: 66-70.
- Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., Gaspareto, O. C. P. and Oliveira, E. L. 2006. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. Journal of Food Engineering 77: 188-193.
- Forni, E., Sormani, A., Scalise, S., and Torreggiani, D. 1997. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. Food Research International 30(2): 87-97.
- Guillemin, A., Degraeve, P., Noel, C. and Saurel, R. 2008. Influence of impregnation solution viscosity and osmolarity on solute uptake during vacuum impregnation of apple cubes (var. Granny Smith). Journal of Food Engineering 86: 475-483

- Gustavo, V., Barbosa-Canovas, J. J. Fernandez-Molina, S. M., Alzamora, M. S. and Tapia, A. L. M. 2007. Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas. 1st ed. Daya Publishing House.
- Guzman, M. A. and Hegarty, E. 2000. Method for improving the softness of raisins. US Patent 6,103,285.
- Harrigan, W. F. and McCance, M. E. 1976. Laboratory Methods in Foods and Dairy Microbiology. London: Academic Press.
- Hodges, L. 2005. From Farm to Market. Technical Information for the Commercial Vegetable Grower. Dept of Agronomy & Horticulture. University of Nebraska-Lincoln. 14(4)
- Hunt, R. W. G. 1998. Measuring Colour. 3rd ed. London: Fountain Press.
- Kaymak-Ertekin, F. and Sultanoğlu M. 2000. Modeling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. Journal of Food Engineering 46: 243-250.
- Kearsley, M. W. and Deis, R. C. 2006. Sorbitol and mannitol. In Mitchell, H., Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology (eds.), pp. 249-261. Oxford ; Ames, Iowa: Blackwell Pub.
- Kobayashi, M., Nakanishi, M., Tsujimi, Y. and Yagi, T. 2002. Relaxation dynamics in glycerol studied by impulsive stimulated thermal scattering. Journal of Non-Crystalline Solids 307-310: 252-256.
- Kowalska, H. and Lenart, A. 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. Journal of Food Engineering 49: 137-140.
- Kuo, M. I., Gunasekaran, S., Johnson, M. and Chen, C. 2001. Nuclear magnetic resonance study of water mobility in pasta filata and non-pasta filata mozzarella. Journal of Dairy Science 84(9): 1950-1958.
- Lazarides, H. N. 2001. Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. In P. Fito., A. Chiralt., J. M. Barat., W. E. L. Spiess and D. Behnlian (eds.), Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation, pp. 33-42. Pennsylvania: Technomic Publishing.
- Mandala, I. G., Anagnostaras, E. F., and Oikonomou, C. K. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. Journal of Food Engineering 69: 307-316.

- Marcolli, C. and Peter, T. 2005. Water activity in polyol/water systems: new UNIFAC parameterization. Atmospheric Chemistry and Physics 5: 1545-1555.
- Marov, G. J. and Dowling J. F. 1990. In Pennington N. L. and Baker C. W., Sugar a user's guide to sucrose (eds.), pp. 131-151. New York: Van Nostrand Reinhold.
- McBean, D. McG., Joslyn, M. A. and Nury, F. S. 1971. Dehydrated fruit. In Hulme A. C., The Biochemistry of Fruits and Their Products, pp. 623-652. London : Academic Press.
- Menges, H. O. and Ertekin, C. 2006. Thin layer drying model for treated and untreated Stanley plums. Energy Conversion and Management 47: 2337-2348
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M. D. and Vázquez, G. 2007. Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions. LWT 40: 1507-1514.
- Mossel, D. A. A. 1975. Water Relations of Foods. London: Academic Press.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for determination of glucose. Journal of Biological Chemistry 153: 375-380.
- Ooizumi, T., Tamagawa, H., Akahane, Y. and Kaneko, Y. 2000. Permeability of sugar alcohols with different molecular weights into fish meat. Fisheries Science 66: 974-979.
- Parnell, T. L., Suslow, T. and Harris, L. J. 2003. Cantaloupe: Safe methods to store, preserve and enjoy. ANR Publication 8095 Division of Agriculture and Natural Resources University of California.
- Piringer, O. G., 2008, 9 Permeation of gases, water vapor and volatile organic compounds. In Piringer, O.-G. and Baner A. L., Plastic Packaging Materials for Food, pp. 239-247. Weinheim : Wiley-VCH.
- Ponte, J.G. 1990. Sugar in bakery. In Pennington N. L. and Baker C. W., Sugar A user's guide to sucrose (eds.), pp. 131-151. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Pott, I., Neidhart, S., Muhlbauer, W., and Carle, R. 2005. Quality improvement of non-sulfited mango slices by drying at high temperatures. Innovative Food Science and Emerging Technologies 6: 412-419.
- Ranganna, S. 1977. Manual of Analysis of fruit and vegetable Products. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing.

- Raoult-Wack, A. L. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of food. Trends in Food Science and Technology 5: 255-260.
- Riva, M., Campolongo, S., Leva, A. A., Maestrelli, A. and Torreggiani, D. 2005. Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes. Food Research International 38: 533-542
- Rodrigues, S. and Fernandes, F. A. N. 2007. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. Journal of Food Engineering 80: 678-687.
- Roos, Y. H. 2001. Water activity and plasticization. In Eskin, N. A. M. and Robinson, D. S. 2001. Food Shelf Life Stability. pp. 28. Boca Raton: CRC Press.
- Saftner, R. A. and Lester, G. E. 2009. Sensory and analytical characteristics of a novel hybrid muskmelon fruit intended for the fresh-cut industry. Postharvest Biology and Technology 51: 327-333.
- Sagiv, A. E. and Marcus, Y. 2003. The connection between in vitro water uptake and in vivo skin moisturization. Skin Research and Technology 9: 306-311.
- Saulo, A. A. 2005. Sugars and sweeteners in foods. Food Safety and Technology 16: 1-7.
- Shi, X. Q., Fito, P., and Chiralt, A. 1995. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. Food Research International 28(5): 445-454.
- Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry 195: 19-23
- Spiess, W. E. L. and Wolf, W. 1987. Critical evaluation of method to determine moisture sorption isotherms. In L. B. Rockland and L. R. Beuchat (eds.), Water activity: theory and applications to food, pp. 216-232. New York: Marcel Dekker.
- Torreggiani, D. and Bertolo, G. 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. Journal of Food Engineering 49: 247-253.
- Torreggiani, D., Forni, E., Erba, M. L. and Longoni, F. 1995. Functional properties of pepper osmodehydrated in hydrolyzed whey permeate with or without sorbitol. Food Research International 28(2): 161-166.

- USDA., 2008. National Nutrient Database for Standard Reference. [online]. Available from: <http://www.nal.usda.gov>. [2008, November 6]
- Valle, J. M. D., Cuadros, T. R. M. and Aguilera, J. M. 1998. Glass transition and Shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. Food Research International 31: 191-204.
- Vega, A., Fito, P., Andrés, A. and Lemus, R. 2007. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). Journal of Food Engineering 79: 1460-1466.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ก.1 การวิเคราะห์หาความชื้น

ตามวิธีมาตรฐานของ A.O.A.C. (37.1.10, p.4, 2006)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างแคนตาลูป หั่นเป็นชิ้นเล็กละเอียดแล้วผสมให้เข้ากันดีโดยให้เสร็จสิ้นอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น
2. ชั่งตัวอย่างแคนตาลูปน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในภาชนะอลูมิเนียม (ซึ่งอบแห้งและชั่งน้ำหนักแน่นอนแล้ว) ออบในตู้อบลมร้อน 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 16 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำจนน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้น โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น(\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักแคนตาลูปก่อนอบ} - \text{น้ำหนักแคนตาลูปหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักแคนตาลูปก่อนอบ}}$$

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ตามวิธี Nelson (1944), Somogyi (1952)

A. Alkaline copper reagent (เตรียมใหม่ทุก ๆ 2 เดือน)

1. ละลาย disodium hydrogen phosphate anhydrous (Na_2HPO_4) 14 กรัม และ potassium sodium tartrate (Rochelle salt) 20 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 350 มิลลิลิตร
2. ผสมสารละลาย sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในสารละลายข้อ 1
3. ผสมสารละลาย copper sulfate pentahydrate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงในสารละลายที่ได้
4. ผสม sodium sulfate (Na_2SO_4) 90 กรัม ลงในสารละลายที่ได้ คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเจือจางสารละลายให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 1-2 วัน หากมีตะกอนนำไปกรองด้วยกระดาษกรองก่อนนำไปใช้ จากนั้นเก็บสารละลายในขวดสีชา

B. Arsenomolybdate reagent (สารละลายจะ stable เก็บได้นาน 1 ปี)

1. ละลาย ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_4\text{O}_{13}$) 25 กรัม ในน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร
2. ผสมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 21 มิลลิลิตร ลงในสารละลายข้อ 1 คนให้เข้ากัน

3. ละลาย disodium hydrogen arsenate heptahydrate ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 3 กรัม ใน น้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร

4. ผสมสารละลายข้อ 2 กับข้อ 3 ให้เข้ากัน

5. นำไปเก็บไว้ในขวดสีชา เป็นเวลา 1-2 วัน

6. เจือจางด้วย $1.5 \text{ N H}_2\text{SO}_4$ ก่อนนำไปใช้ (อัตราส่วนการเจือจางสารละลาย arsenomolybdate : กรด = 1:2)

วิธีการทดลอง

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง (สำหรับ blank ใช้ น้ำกลั่นแทน ตัวอย่าง)

2. ปิเปตสารละลาย alkaline copper reagent จากข้อ A. 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

3. นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที

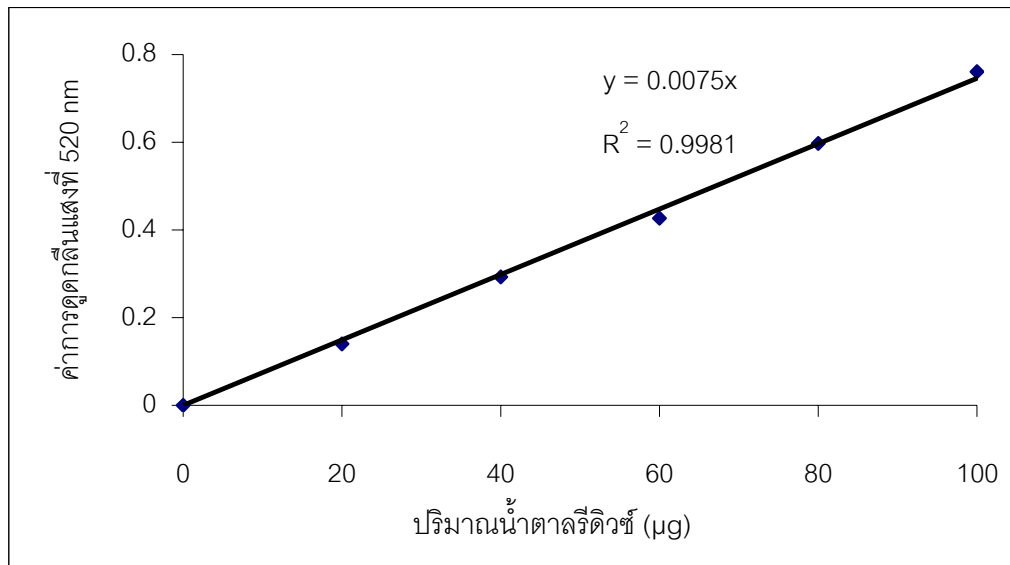
4. ทำสารละลายให้เย็น จากนั้นปิเปตสารละลาย arsenomolybdate reagent จากข้อ B. ที่เจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

5. เจือจางด้วยน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร

6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm เทียบกับ blank

7. นำผลของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน

8. เตรียมสารละลายมาตรฐาน ปริมาณ 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วทำตามขั้นตอนข้อ 1-6 นำผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน (รูปที่ ก.1)



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ก.3 ค่าความเป็นกรด (titratable acidity)

ตามวิธี A.O.A.C. (37.1.37, p.11, 2006)

วิธีการทดลอง


1. ชั่งตัวอย่างแคนตาลูป 10 กรัม หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เติมน้ำเล็กน้อย ต้มให้เดือด 2-3 นาที
2. ทำให้เย็น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วกรอง
3. ปิเปตส่วนที่กรองได้ 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร
4. เติมฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ 2 หยด
5. ไตเตรทกับ 0.1 N สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนกระทั่งถึงจุดยุติซึ่งมีสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท นำมาคำนวณค่าความเป็นกรดในรูปของกรดซิตริก ตามสูตร

$$\% \text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{\text{นอ้มลิตี NaOH} \times \text{ปริมาตรของ NaOH} \times \text{มิลลิอิกิววาเลนต์ของกรดซิตริก} \times 100 \times 50}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแคนตาลูป} \times 10}$$


โดยที่มีลิอิกิววาเลนต์ของกรดซิตริก (milliequivalent of citric acid momohydrate) = 0.07

ก.4 ค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องเครื่อง Instron's universal testing machines (Instron Corporation
 รุ่น 5565, Canton, Massachusetts, USA)

วิธีการทดลอง

1. เข้าสู่โปรแกรม Merlin โดย double click ที่ icon ของ Merlin
2. เลือก user name หรือ method ที่ต้องการโดย double click
3. คลิกที่ปุ่ม calibrate  (ด้านบนขวามือ) เครื่องจะขึ้นว่า Remove Load from Load cell
4. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีหัววัด และตัวอย่างอยู่ที่ฐานของเครื่อง Texture analyzer จากนั้นกดปุ่ม OK.
5. รอให้เครื่องแสดงข้อความว่า "Calibrate completed" จากนั้น คลิกที่ปุ่ม Balance แล้วกดปุ่ม Done รอจนเครื่องกลับไปสู่หน้าจอปกติ
6. กดปุ่ม Down เพื่อเลื่อนตำแหน่งของหัววัดให้มาแตะกับฐานเครื่อง จากนั้นกดปุ่ม "Reset GL" ที่แผงควบคุมด้านข้างของเครื่อง
7. จากนั้นกดปุ่ม Up เพื่อเลื่อนหัววัดขึ้นไปให้ห่างจากฐานเครื่อง 30 mm จากนั้นกดปุ่ม "Reset GL"
8. กำหนดตัวแปรเพื่อสั่งงานเครื่อง โดยกดที่ปุ่มทางด้านข้างขวามือของหน้าจอ ทำการ Set ค่าต่าง ๆ ของการวัด ดังนี้

หัววัดชนิด: หัวตัดใบมีด Noodle Shear Blade

- Test control  :
 - Pretest ⇒ preload
 - Enable : compression load
 - value : 0.030 gf.
 - criteria mode : compression extension
 - speed : 5.0 mm/sec
 - Test ⇒ criteria : compression load
 - value : 25,000 gf.
 - action : return
 - Profile ⇒ mode : compression extension
 - shape : rectangular

name : 1 Triangle

number : 1

time : second

maximum : 100%

minimum : 0%

rate : 2.0 mm/sec

cycle : 1

Initial wave form direction : maximum limit

- Data ⇒ Data capture : Automatic

- Strain ⇒ source : extension

Auto balance



● Sample parameter :


- Define ⇒ ตั้งชื่อ file

- Specimen ⇒ width : 25 mm

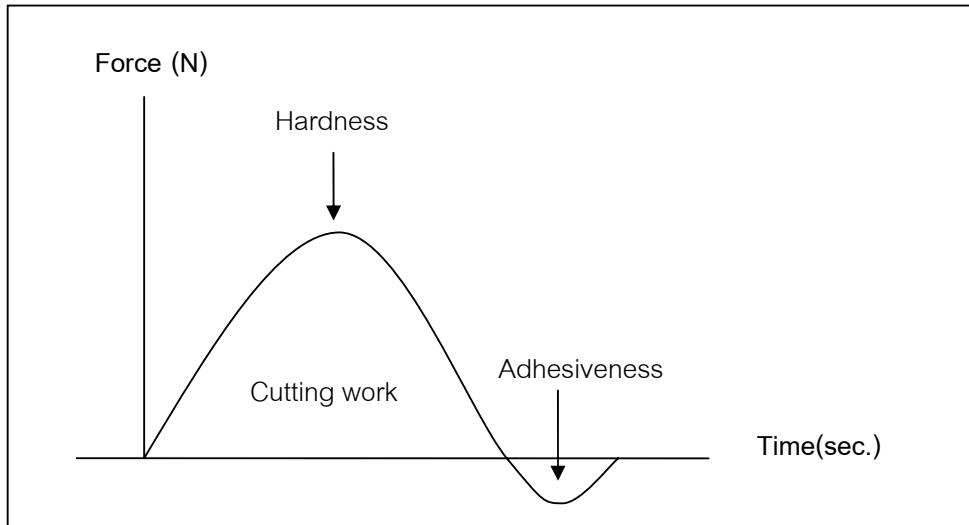
thickness : 15 mm

anvil height : 30 mm

9. นำตัวอย่างแคนตาลูปขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร หนา 15 เซนติเมตร วางบนฐานของเครื่อง

10. วัดค่าความแข็งของแคนตาลูป โดยการกดปุ่ม “Start Test”  ได้กราฟระหว่าง ค่าแรงการตัดขาด (Peak force) ค่างานที่ใช้ในการตัด (พื้นที่ใต้กราฟ cutting work) และค่าความเหนียว (พื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นลบ)

11. วิเคราะห์ตัวอย่างละ 1 ครั้งต่อชิ้น จำนวน 15 ตัวอย่าง



รูปที่ ก.2 ตัวอย่างลักษณะกราฟจากเครื่อง Instron universal testing materials machine

ก.5 ค่าสี โดยใช้เครื่อง Color Flex (HunterLab Reston รุ่น 45/0-s, Reston, Verginea, USA)
 วิธีการทดลอง 1. เข้าสู่โปรแกรม Spectrophotometer Universe โดย double click ที่ icon ของ Spectrophotometer Universe

2. คลิกที่ Standardize บนเมนูหลัก
3. เลือก Port size ขนาด 0.50 นิ้ว จากนั้นกดปุ่ม OK
4. วางแผ่น calibrate สีดำ ให้ปุ่มสีขาวด้านบนแผ่น calibrate หันออกด้านนอก จากนั้นกดปุ่ม OK
5. วางแผ่น calibrate สีขาว ให้ปุ่มสีขาวด้านบนแผ่น calibrate หันออกด้านนอก จากนั้นกดปุ่ม OK รอจนเครื่องขึ้นว่า Sensor successfully standardized จากนั้นกดปุ่ม OK
6. ทดลองอ่านค่าแผ่น calibrate สีขาว โดยคลิกที่ Read sample บนเมนูหลัก โดยค่าที่ได้ต้องอยู่ในช่วงดังนี้ $X=78.89\pm 0.3$ $Y=83.78\pm 0.3$ $Z=87.74\pm 0.3$ (ถ้าไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดต้องทำ Standardize ใหม่)
7. นำตัวอย่างแคนดาลูปวางบนฐานของเครื่องให้ปิดช่อง port size ให้สนิท ปิดฝาครอบ จากนั้นคลิกที่ Read sample บนเมนูหลัก
8. วิเคราะห์ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ โดยค่าที่ได้จะรายงานเป็น CIE $L^*a^*b^*$ แหล่งแสง D65 มุมการมอง 10°

ก.6 การคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (Solid gain) และอัตราการสูญเสียน้ำ (Water loss)

ตามวิธีของ Shi, Fito และ Chiralt (1995)

$$\text{Solid gain (\%)} = \frac{(M_t \times X_{st}) - (M_o \times X_{so})}{M_o}$$

$$\text{Water loss (\%)} = \frac{(M_o \times X_{wo}) - (M_t \times X_{wt})}{M_o}$$

โดย

M_o = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

M_t = น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบโมซิส (กรัม)

X_{so} = องศาบริกซ์เริ่มต้นของตัวอย่าง

X_{st} = องศาบริกซ์สุดท้ายหลังอบโมซิส

X_{wo} = ปริมาณน้ำเริ่มต้นของตัวอย่าง (%)

X_{wt} = ปริมาณน้ำที่อยู่ในตัวอย่างหลังอบโมซิส (%)

ก.7 ค่า water activity (a_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab (Decagon Devices รุ่น AquaLink 3.0, Pullmar, Washington, USA)

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่อง AquaLab ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ก่อนการใช้งาน
2. Calibrate เครื่องโดยการวัดน้ำกลั่น โดยนำถ้วยตัวอย่างที่ใส่น้ำกลั่นใส่ในช่องวัดตัวอย่าง รอให้เครื่องอ่านค่าเสร็จ ไฟสีเขียวจะกระพริบ ค่า a_w ของน้ำกลั่นที่ได้ต้องมีค่าประมาณ 1.0
3. นำตัวอย่างแคนตาลูปที่หั่นเป็นชิ้นละเอียดเตรียมใส่ถ้วยตัวอย่าง ให้มีความสูงเท่ากับขีด ด้านข้างของถ้วยตัวอย่าง ปิดฝาทิ้งไว้ให้เข้าสู่สภาวะสมดุลประมาณ 5 นาที
4. เปิดฝาด้วยตัวอย่าง และใส่ในช่องวัดตัวอย่าง รอให้เครื่องอ่านค่าเสร็จ ไฟสีเขียวจะกระพริบ

ก.8 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ดัดแปลงวิธีของ Ranganna (1977)

วิธีการทดลอง

1. หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ตามวิธี Nelson (1944), Somogyi (1952) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.2

2. หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในรูปของน้ำตาลอินเวิร์ต โดยนำสารละลายตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก (1:1) 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปรับ pH ให้เป็นกลาง และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ที่อยู่ในรูปน้ำตาลอินเวิร์ต) ตามวิธี Nelson (1944), Somogyi (1952) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก.2

3. คำนวณปริมาณน้ำตาลซูโครส ดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำตาลซูโครส} = (\text{ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในรูปของน้ำตาลอินเวิร์ต} - \text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์}) \times 0.95$$

4. คำนวณปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด} = \text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์} + \text{ปริมาณน้ำตาลซูโครส}$$

หมายเหตุ : ค่าแฟคเตอร์ 0.95 คำนวณมาจาก

$$\begin{aligned} \text{ค่าแฟคเตอร์} &= \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของซูโครส}}{(\text{น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส} + \text{น้ำหนักโมเลกุลของ ฟรักโทส})} \\ &= \frac{342.296}{(180.156 + 180.156)} \\ &= 0.95 \end{aligned}$$

ก.9 การตรวจสอบการเคลื่อนที่ของน้ำ (water mobility) ในผลิตภัณฑ์โดยเครื่อง nuclear magnetic resonance spectrometer (Varian รุ่น Inova, Polo Alto, California, USA)

วิธีการทดลอง

1. หั่นแคนตาลูปแช่หีบอบแห้งเป็นชิ้นขนาด 0.5×4.0 เซนติเมตร
2. บรรจุลงในหลอด NMR ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร สูง 18 เซนติเมตร
3. นำหลอด NMR ที่บรรจุตัวอย่าง ใส่ในเครื่อง NMR ขนาด 500 MHz
4. วัดโปรตอนสเปกตรัมของน้ำ
5. แปรค่า delay time ทั้งหมด 8 ค่า โดยให้ค่า spin lattice relaxation time (T_1) ในช่วง 300-1000 มิลลิวินาที
6. วิเคราะห์หาค่า T_1 ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

ก.10 การตรวจดูโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งโดยเครื่อง Scanning Electron Microscope (JEOL รุ่น JSM-5410LV, Tokyo, Japan)

วิธีการทดลอง

1. หั่นตัวอย่างแคนตาลูปแช่อบแห้งเป็นชิ้นขนาด 0.5×1.0 เซนติเมตร
2. ห่อด้วยกระดาษเช็ดเลนส์
3. แช่ใน ethanol ที่ความเข้มข้น 100% เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง
4. ทำตัวอย่างให้แห้ง ภายใต้สูญญากาศและความดันวิกฤต (สูญญากาศ 31 องศาเซลเซียส ความดันวิกฤต 73.8 บาร์) ด้วยเครื่อง critical point dryer (Balzers, รุ่น CPD 020, Furstentum, Liechtenstein)
5. ติดตัวอย่างบนแท่นวางตัวอย่าง (stab) ด้วยกา
6. นำตัวอย่างที่ติดบน stab ไปฉายทองด้วยเครื่อง Ion sputter (Balzers, รุ่น SCD 040 Vaduz, Liechtenstein)
7. นำไปส่องดูด้วย SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า

ก.11 การวิเคราะห์ Moisture sorption isotherm

ตามวิธี Spiess และ Wolf (1987)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว ที่ให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 10-90% ดังตารางที่ ก.1 ในโหลที่มีฝาปิดสนิท ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน เพื่อให้ความชื้นเข้าสู่ภาวะสมดุล
2. ชั่งน้ำหนักแคนตาลูปที่หั่นละเอียด 2 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในถ้วยแก้ว (ซึ่งอบแห้งและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว)
3. วางแก้วที่ใส่ตัวอย่างแคนตาลูปชุดการทดลองละ 2 แก้ว ลงในโหลที่บรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัว
4. บรรจุสารละลายโทลูอีน (toluene) ลงในแก้วขนาดเล็ก ปิดปากแก้วด้วยกระดาษฟอยล์ เจาะรูบนกระดาษฟอยล์ 2-3 รู เพื่อให้ไอของโทลูอีนระเหยออกมาได้ลงในโหลเดียวกัน เพื่อยับยั้งการเจริญของรา
5. ปิดปากโหลให้แน่นสนิท ด้วยฝาพลาสติก เพื่อเป็นการป้องกันการผ่านเข้าออกของความชื้น
6. ทิ้งให้เข้าสู่ภาวะสมดุล โดยชั่งน้ำหนักน้ำแก้วที่บรรจุตัวอย่างแคนตาลูปทุก 2-3 วัน จนน้ำหนักคงที่ (± 0.001 กรัม) ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
7. คำนวณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ของตัวอย่าง จากน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของแต่ละความชื้นสัมพัทธ์

8. นำค่าที่ได้มาสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์หรือค่า a_w กับความชื้นสมดุล จะได้กราฟ moisture sorption isotherm ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ก.1 การเตรียมสารละลายเกลืออิมิตัวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เกลือ	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณสารที่เติม	
		เกลือ (กรัม)	น้ำ (มิลลิลิตร)
LiCl	11.15	150	85
CH ₃ COOK	22.60	200	65
MgCl ₂	32.73	200	25
K ₂ CO ₃	43.80	200	90
Mg(NO ₃) ₂	52.86	200	30
NaBr	57.70	200	80
SrCl ₂	70.83	200	50
NaCl	75.32	200	60
KCl	84.32	200	80
BaCl ₂	90.26	250	70

ก.12 การเกิดสารสีน้ำตาล

ตามวิธี Baloch และคณะ (1973)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งแคนตาลูปอบแห้งที่หั่นละเอียด 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์
2. เติม acetic acid 2.0% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ แช่ทิ้งไว้ 10 นาที
3. บดให้ละเอียดด้วย Blender นาน 2 นาที แล้วกรอง
4. สารละลายที่กรองได้มาปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร ด้วย acetic acid 2.0%
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm โดยใช้ acetic acid 2.0% เป็น blank

ก.13 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย

ตามวิธี Harrigan และ McCance (1976)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar โดยชั่ง plate count agar 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1000 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดรูปชมพู่ปิดปากด้วยจุกสำลี ฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. ชั่งแคนตาลูปแช่หีบแห้ง 10 กรัม ใส่ถุง เติม peptone 0.1% 90 มิลลิลิตร ตีด้วยเครื่อง stomacher 10 นาที เจือจางความเข้มข้นเป็น 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3} กรัมต่อมิลลิลิตร ด้วย peptone 0.1%

3. ปิเปตสารละลายที่ dilution ต่างๆ มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 2 จาน เท plate count agar (ที่ 40-45 องศาเซลเซียส) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเพื่อให้สารละลายและ plate count agar ผสมกัน ทิ้งให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

4. บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน ตรวจนับเชื้อแบคทีเรียแล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ก.14 การวิเคราะห์ยีสต์และรา

ตามวิธีของ Harrigan and McCance, 1976

วิธีการทดลอง

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar โดยชั่ง potato dextrose agar 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1 ลิตร บรรจุลงในขวดรูปชมพูปิดปากด้วยจุกสำลี นำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับ pH ด้วย tataric acid (ที่ปลอดเชื้อ) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตรต่อ potato dextrose agar 100 มิลลิลิตร (จะได้ pH ประมาณ 3.74-4.0) เท potato dextrose agar ลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 15-20 มิลลิลิตร แล้วทิ้งให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

2. เตรียมตัวอย่างที่ dilution 10^{-1} และ 10^{-2} กรัมต่อมิลลิลิตร

3. ปิเปตสารละลายที่ dilution ต่างๆ มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 2 จาน แล้วใช้แท่งแก้วรูปตัว L จุ่มแอลกอฮอล์ ลนไฟ เกลี่ยสารละลายให้กระจายทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ

4. นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน ตรวจนับเชื้อยีสต์และรา แล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้งด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive analysis with scaling)

ชื่อ วันที่

ข้อปฏิบัติ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา โดยพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่าง ทั้งหมด แล้วลากเส้นตั้งฉากกับเส้นสเกลในแนวนอนที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด พร้อมทั้ง ใส่รหัสกำกับตัวอย่างไว้บนเส้นที่ท่านลาก

รหัสตัวอย่าง

1. สีของผลิตภัณฑ์

-----	-----
สีส้มอ่อน	สีส้มเข้ม
 2. ความคงรูป/การหดตัวของผลิตภัณฑ์

-----	-----
คงรูปน้อย	คงรูปมาก
 3. ความแข็งของผลิตภัณฑ์ (ประเมินโดยแรงที่ใช้ในการกัดตัวอย่างขาด)

-----	-----
แข็งน้อย	แข็งมาก
 4. ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ (ประเมินจากความเหนียวติดฟัน)

-----	-----
เหนียวน้อย	เหนียวมาก
 5. ความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์

-----	-----
ชุ่มชื้นน้อย	ชุ่มชื้นมาก
 6. รสหวานของผลิตภัณฑ์

-----	-----
หวานน้อย	หวานมาก
 7. รสแปลกปลอมของผลิตภัณฑ์

-----	-----
รสแปลกปลอมน้อย	รสแปลกปลอมมาก
- ชื่อเสนอแนะ.....

ข.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังการอบแห้งด้วยวิธี
Acceptance tests

ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้ง

ชื่อ

วันที่

ข้อปฏิบัติ : กรุณาประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างทั้งหมด แล้วให้
คะแนนตามความชอบของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์สำหรับแต่ละตัวอย่าง ด้วยเกณฑ์ดังนี้

กำหนดให้	9	ชอบมากที่สุด
	8	ชอบมาก
	7	ชอบปานกลาง
	6	ชอบเล็กน้อย
	5	เฉยๆ
	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
	3	ไม่ชอบปานกลาง
	2	ไม่ชอบมาก
	1	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	รหัสตัวอย่าง					
สี						
ความคงรูป(การหดตัว)						
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
รสหวาน						
การยอมรับโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ.....
.....

ข.3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่หีบอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาด้วยวิธี Acceptance tests

ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่หีบอบแห้ง

ชื่อ

วันที่

ข้อปฏิบัติ : กรุณาประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างทั้งหมด แล้วให้คะแนนตามความชอบของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์สำหรับแต่ละตัวอย่าง ด้วยเกณฑ์ดังนี้

กำหนดให้	9	ชอบมากที่สุด
	8	ชอบมาก
	7	ชอบปานกลาง
	6	ชอบเล็กน้อย
	5	เฉยๆ
	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
	3	ไม่ชอบปานกลาง
	2	ไม่ชอบมาก
	1	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	รหัสตัวอย่าง			
สี				
ความคงรูป(การหดตัว)				
การเกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวหน้า				
ความชุ่มน้ำ				
การยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏ				

ข้อเสนอแนะ.....

ภาคผนวก ค
ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า solid gain ในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ไข่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง

SOV	df	MS
ชนิดของสารละลายออสโมติก	6	185.090*
Error	14	0.948

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดของสารละลายออสโมติกในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ไข่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง

SOV	df	MS
ชนิดของสารละลายออสโมติก	5	1814.377*
Error	12	0.029

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า water loss ในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ไข่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง

SOV	df	MS
ชนิดของสารละลายออสโมติก	6	742.153*
Error	14	6.277

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ไข่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง

SOV	df	MS
ชนิดของสารละลายออสโมติก	5	21.401*
Error	6	1.148

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ชั่วโมงสุดท้ายในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง

SOV	df	MS
ชนิดของสารละลายออสโมติก	5	0.002*
Error	6	0.000

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง

SOV	df	MS		
		hardness	adhesiveness	Cutting work
ชนิดของสารละลายออสโมติก	5	1.089*	0.429*	9.163*
Error	12	0.092	0.103	2.071

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในแต่ละชุดการทดลอง

SOV	df	MS			
		Reducing sugar	Reducing sugar as invert	Sucrose	Total sugar
ชนิดของสารละลายออสโมติก	5	20.486*	0.153	17.181*	0.267
Error	12	0.155	0.103	0.146	0.097

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	21.870*
	Error	8	0.886
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	19.204*
	Error	8	0.487
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	19.719*
	Error	8	0.694
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	16.472*
	Error	8	0.295
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	28.186*
	Error	8	0.402
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	28.780*
	Error	8	0.476

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS			
			trt1	trt2	trt3	trt4
ระยะเวลาการเก็บรักษา		5	4.339*	10.028*	4.613*	2.133*
Error		12	0.506	0.554	0.535	0.590

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

trt1 แทนชุดควบคุม

trt2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้ซอร์บิทอล 10%

trt3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้กลีเซอรอล 10%

trt4 แทนชุดเปรียบเทียบ

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ส้ม
อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้ง
40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	31.418*
	Error	8	0.663
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	14.941*
	Error	8	0.490
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	9.871*
	Error	8	0.441
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	17.703*
	Error	8	0.561
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	7.190*
	Error	8	0.489
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	5.891*
	Error	8	0.286

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ส้ม
อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้ง 40 องศา-
เซลเซียส

	SOV	df	MS			
			trt1	trt2	trt3	trt4
ระยะเวลาการเก็บรักษา		5	68.836*	57.808*	107.640*	34.161*
Error		12	0.511	0.255	0.498	0.589

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

trt1 แทนชุดควบคุม

trt2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้ซอร์บิทอล10%

trt3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้กลีเซอรอล10%

trt4 แทนชุดเปรียบเทียบ

ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	0.004*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	0.005*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	0.004*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	0.002*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	0.002*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	0.001*
	Error	8	0.000

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS			
			trt1	trt2	trt3	trt4
ระยะเวลาการเก็บรักษา		5	0.002*	0.000	0.000	0.000
Error		12	0.000	6.66E-005	0.000	0.000

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

trt1 แทนชุดควบคุม

trt2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้ซอร์บิทอล 10%

trt3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้กลีเซอรอล 10%

trt4 แทนชุดเปรียบเทียบ

ตารางที่ ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งใน แต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	0.005*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	0.004*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	0.001
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	0.001
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	0.000
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	0.002
	Error	8	0.001

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งใน แต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS			
		trt1	trt2	trt3	trt4
ระยะเวลาการเก็บรักษา	5	0.073*	0.051*	0.049*	0.032*
Error	12	0.000	0.000	0.000	0.000

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

trt1 แทนชุดควบคุม

trt2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้ซอร์บิทอล10%

trt3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้กลีเซอรอล10%

trt4 แทนชุดเปรียบเทียบ

ตารางที่ ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS		
			hardness	adhesiveness	cutting work
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	1.470*	0.132	3.224
	Error	8	0.057	0.156	2.493
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	5.077*	0.890*	23.457*
	Error	8	0.107	0.066	0.966
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	2.469*	2.168*	26.867*
	Error	8	0.141	0.090	0.902
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	2.942*	3.067*	12.140*
	Error	8	0.101	0.054	0.774
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	4.683*	2.541*	9.134*
	Error	8	0.131	0.050	2.218
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	7.695*	2.380*	18.389*
	Error	8	0.114	0.091	1.843

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดควบคุมในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS		
			hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา		5	7.536*	1.601*	18.545*
Error		12	0.129	0.097	1.690

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ในซอร์บิทอล 10% ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS		
		hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา	5	5.643*	1.884*	20.259*
Error	12	0.087	0.056	1.809

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS		
		hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา	5	2.587*	1.255*	9.964*
Error	12	0.122	0.050	1.380

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดเปรียบเทียบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS		
		hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา	5	4.509*	0.110	21.529*
Error	12	0.097	0.135	1.252

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกัน ตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS		
			hardness	adhesiveness	cutting work
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	0.704*	0.064	7.437
	Error	8	0.073	0.170	2.026
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	3.676*	1.496*	136.475*
	Error	8	0.229	0.115	1.166
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	15.561*	15.356*	91.708*
	Error	8	0.154	0.234	1.303
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	40.704*	28.273*	161.231*
	Error	8	0.109	0.140	1.588
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	68.376*	86.017*	146.967*
	Error	8	0.278	0.371	1.289
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	128.083*	168.425*	199.582*
	Error	8	0.345	0.153	1.432

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดควบคุม ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS		
			hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา		5	178.884*	6.434*	281.345*
Error		12	0.236	0.049	1.694

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS		
		hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา	5	88.418*	4.051*	143.730*
Error	12	0.249	0.301	1.275

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS		
		hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา	5	22.067*	2.575*	65.571*
Error	12	0.246	0.200	1.343

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดเปรียบเทียบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้าน ตลอดระยะเวลาการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS		
		hardness	adhesiveness	cutting work
ระยะเวลาการเก็บรักษา	5	31.072*	71.263*	208.972*
Error	12	0.062	0.238	1.556

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ส้มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	0.003*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	0.001*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	0.008*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	0.016*
	Error	8	6.87E-005
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	0.009*
	Error	8	8.68E-005
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	0.011*
	Error	8	5.51E-005

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ส้มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS			
			trt1	trt2	trt3	trt4
ระยะเวลาการเก็บรักษา		5	0.019*	0.019*	0.017*	0.043*
Error		12	0.000	0.000	0.000	8.41E-005

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

trt1 แทนชุดควบคุม

trt2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้ซอร์บิทอล 10%

trt3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้กลีเซอรอล 10%

trt4 แทนชุดเปรียบเทียบ

ตารางที่ ค.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	0.001*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	0.007*
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	0.010*
	Error	8	7.03E-005
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	0.012
	Error	8	0.000
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	0.005*
	Error	8	8.98E-005
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	0.012*
	Error	8	0.000

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา	SOV	df	MS			
			trt1	trt2	trt3	trt4
ระยะเวลาการเก็บรักษา		5	0.018*	0.012*	0.018*	0.027*
Error		12	0.000	0.000	0.000	0.000

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

trt1 แทนชุดควบคุม

trt2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้ซอร์บิทอล 10%

trt3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ใช้กลีเซอรอล 10%

trt4 แทนชุดเปรียบเทียบ

ตารางที่ ค.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมมอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS					
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม	
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	2.365*	17.978*	1.938*	11.258*	6.760*
	ผู้ทดสอบ	49	2.676	2.749	4.106	2.449	2.206
	Error	147	0.654	0.886	0.469	0.911	0.882
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	7.725*	18.418*	1.933	11.818*	7.453*
	ผู้ทดสอบ	49	1.597	2.181	3.922	2.360	1.938
	Error	147	0.460	0.826	0.801	0.914	0.661
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	17.365*	19.125*	2.578*	8.233*	11.698*
	ผู้ทดสอบ	49	2.031	1.512	4.396	3.096	1.768
	Error	147	0.484	0.781	0.653	0.808	0.641
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	21.673*	15.152*	10.925*	15.832*	8.392*
	ผู้ทดสอบ	49	2.159	0.932	4.074	3.076	2.278
	Error	147	0.694	0.533	0.598	0.631	0.501
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	5.685*	9.285*	9.960*	5.460*	7.113*
	ผู้ทดสอบ	49	2.829	1.247	2.062	1.511	1.186
	Error	147	0.352	0.639	0.304	0.358	0.620
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	3.698*	7.938*	5.312*	6.445*	3.747*
	ผู้ทดสอบ	49	1.044	0.606	1.674	2.278	1.411
	Error	147	0.396	0.534	0.264	0.316	0.549

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิมมอบแห้งชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	20.774*	3.357*	21.286*	8.525*	12.067*
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	1.016	0.996	1.660	1.213	0.750
Error	245	0.981	0.858	1.452	1.170	1.078

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ผลิตพันธุ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	18.109*	5.363*	10.357*	14.824*	15.989*
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	0.741	1.108	1.290	0.861	0.863
Error	245	0.856	0.827	1.084	1.013	0.783

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ผลิตพันธุ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	16.3089	10.416*	11.439*	16.849*	14.642*
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	1.019	0.978	1.407	1.069	0.602
Error	245	0.990	0.961	1.104	1.139	1.008

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ผลิตพันธุ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งชุดเปรียบเทียบ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	24.413*	8.861*	9.904*	19.835*	12.822*
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	0.721	0.987	1.015	1.455	0.696
Error	245	0.764	0.905	1.186	1.075	1.019

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ส้มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS					
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม	
สัปดาห์ที่ 0	trt	3	2.580*	17.978*	1.938*	14.698*	6.760*
	ผู้ทดสอบ	49	2.665	2.749	4.106	2.744	2.206
	Error	147	0.662	0.886	0.469	1.011	0.882
สัปดาห์ที่ 4	trt	3	9.112*	15.685*	3.445*	10.485*	18.733*
	ผู้ทดสอบ	49	1.703	2.587	3.285	1.776	1.908
	Error	147	1.078	1.199	0.387	0.696	0.655
สัปดาห์ที่ 8	trt	3	34.993*	15.018*	18.527*	11.573*	20.360*
	ผู้ทดสอบ	49	1.498	2.054	1.962	0.628	0.684
	Error	147	1.245	1.321	1.163	0.801	0.731
สัปดาห์ที่ 12	trt	3	24.538*	15.000*	8.660*	15.685*	8.307
	ผู้ทดสอบ	49	1.394	2.111	1.469	2.752	2.061*
	Error	147	0.759	0.949	0.476	0.923	0.572
สัปดาห์ที่ 16	trt	3	12.540*	3.827*	3.725*	20.352*	7.820*
	ผู้ทดสอบ	49	1.867	2.722	3.348	2.225	3.142
	Error	147	0.492	.748	0.582	0.726	0.684
สัปดาห์ที่ 20	trt	3	1.047	8.205*	1.725*	6.792*	10.100*
	ผู้ทดสอบ	49	0.686	1.155	0.844	0.708	1.073
	Error	147	0.421	0.395	0.259	0.373	0.304

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ส้มอบแห้งชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	45.707*	26.240*	48.645*	38.859*	45.477*
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	0.776	1.436	1.196	1.093	0.712
Error	245	1.030	1.229	1.180	1.062	1.042

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	49.875*	23.573*	53.880*	40.147*	53.227*
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	1.078	1.227	1.072	0.832	0.936
Error	245	0.928	1.090	0.955	0.847	0.988

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ใช้กลีเซอรอล 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	51.093*	49.477*	50.491*	33.862*	45.653*
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	0.909	0.878	1.155	0.880	.790
Error	245	0.990	1.401	0.895	0.880	1.010

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งชุดเปรียบเทียบ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

SOV	df	MS				
		สี	ความคงรูป	ผลึกน้ำตาล	ความชุ่มน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ระยะเวลา	5	47.904*	48.157*	43.899*	47.741*	58.035
การเก็บรักษา						
ผู้ทดสอบ	49	1.177	1.671	1.413	1.441	0.637
Error	245	1.021	1.212	1.007	1.247	0.857

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาคผนวก ง
ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ง.1 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสียน้ำ ของแคนตาลูประหว่างการ
อบสโมคในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ ณ เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (%)
1	8.60±0.60	7.65±1.15
2	14.14±0.42	15.02±2.30
3	16.06±2.42	18.19±4.61
4	18.02±2.14	18.84±2.63
5	21.46±3.48	17.57±3.78
7	21.30±2.50	18.16±1.82
9	21.33±0.88	20.27±3.65
11	22.93±1.24	19.95±2.31
13	25.84±1.15	20.46±3.07
15	28.23±1.15	20.68±0.98
18	29.55±2.13	20.07±1.34
21	29.25±1.49	17.46±1.42
24	28.89±0.15	18.08±3.72

ตารางที่ ง.2 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสียน้ำระหว่างการอบสโมลิตในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดควบคุม ณ เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (%)
24	28.89±0.15	18.08±3.72
25	29.19±2.20	39.19±2.31
26	31.67±1.46	39.32±2.62
27	34.38±1.42	39.47±2.66
28	33.66±1.17	41.20±1.34
29	34.49±1.62	43.19±0.73
31	36.05±0.43	42.62±3.04
33	35.54±1.70	42.09±2.42
35	36.58±0.71	42.10±1.92
37	40.25±2.28	41.03±1.61
39	42.22±3.27	41.14±2.48
42	43.56±2.45	39.61±1.29
45	42.59±2.32	41.53±2.20
48	43.78±1.14	42.86±0.81

ตารางที่ ๓.3 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสียน้ำระหว่างการอบสโมคิไลน สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ณ เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (%)
24	28.89±0.15	18.08±3.72
25	32.97±2.04	27.70±3.22
26	37.03±1.31	27.76±3.75
27	37.91±1.33	28.47±2.37
28	39.83±1.81	30.84±0.91
29	40.95±0.71	33.71±3.20
31	40.69±0.18	35.36±2.43
33	42.92±0.54	34.70±2.03
35	46.63±0.94	35.27±1.73
37	47.08±1.66	35.62±1.90
39	47.34±1.29	36.13±1.58
42	46.75±1.07	36.47±1.77
45	47.59±1.09	37.01±2.93
48	47.13±0.85	37.43±2.41

ตารางที่ ง.4 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสียน้ำระหว่างการอบสโมคิธในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้ซอร์บิทอล 15% ณ เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (%)
24	28.89±0.15	18.08±3.72
25	33.91±1.29	28.84±1.60
26	36.84±0.83	28.86±2.17
27	38.50±1.36	28.80±1.60
28	40.99±0.43	29.44±1.16
29	42.27±2.33	29.96±1.16
31	41.99±1.61	33.66±2.04
33	46.33±1.78	34.68±1.54
35	47.59±2.42	35.09±2.10
37	49.49±0.93	35.46±1.84
39	49.26±2.33	36.46±1.74
42	50.25±0.45	36.93±2.14
45	51.62±0.80	37.19±2.50
48	49.84±1.39	37.72±2.22

ตารางที่ 5 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสียน้ำระหว่างการอบสโมคิไลน สารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้กสิเชอร์อล 10% ณ เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (%)
24	28.89±0.15	18.08±3.72
25	28.42±1.48	41.10±2.50
26	30.26±2.02	41.96±2.39
27	31.73±1.69	46.74±1.79
28	31.47±0.61	48.06±1.08
29	31.62±0.60	52.25±2.34
31	31.58±1.74	54.12±1.56
33	32.02±1.56	55.32±1.77
35	31.21±1.72	57.78±1.32
37	31.72±1.41	58.97±2.04
39	32.72±1.84	59.59±1.93
42	33.50±1.51	60.08±0.93
45	34.19±0.74	58.71±1.20
48	34.98±1.01	58.12±1.05

ตารางที่ ง.6 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง และอัตราการสูญเสียน้ำระหว่างการอบสโมคิ์ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ของแคนตาลูปชุดการทดลองที่ใช้กีสเฮอร์อล 15% ณ เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (%)	อัตราการสูญเสียน้ำ (%)
24	28.89±0.15	18.08±3.72
25	28.43±2.04	45.62±3.30
26	30.47±3.18	47.72±2.43
27	30.72±0.60	50.39±2.45
28	32.22±2.87	51.20±1.82
29	32.84±1.75	53.24±1.32
31	35.05±1.98	54.74±0.10
33	34.98±2.68	55.46±3.29
35	35.32±3.12	60.33±2.11
37	36.65±0.94	60.79±1.13
39	37.49±1.85	63.79±1.95
42	36.56±3.24	63.99±2.04
45	35.47±2.88	64.65±2.85
48	36.26±1.11	65.66±1.77

ตารางที่ ๗.7 ปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อ100 กรัมของแข็ง) ของแคนตาลูปในแต่ละชุดการทดลอง ณ เวลาต่าง ๆ ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ชุดการทดลองที่					
	1	2	3	4	5	6
0	140.85±10.71	146.10±12.08	144.29±6.54	108.02±3.25	111.41±0.23	133.42±0.21
10	135.23±11.16	140.72±10.40	136.90±7.42	101.35±0.71	104.60±2.49	126.34±0.67
20	129.76±11.04	134.12±11.29	131.00±6.94	96.56±0.17	99.59±2.26	120.57±0.72
30	124.05±11.68	128.28±10.09	125.42±6.75	92.45±0.34	95.09±2.14	115.49±0.82
40	119.56±10.71	124.08±10.40	120.73±6.31	88.88±0.09	91.47±1.65	110.77±0.87
50	115.18±10.37	119.83±9.85	116.33±5.93	85.40±0.26	87.97±1.31	106.41±0.95
60	111.39±9.82	115.90±9.83	112.34±5.75	81.96±0.03	84.46±0.65	102.32±1.29
75	105.16±8.32	109.92±9.90	106.63±5.12	78.01±0.31	80.41±0.76	97.03±1.36
90	100.48±8.05	105.30±9.54	101.99±5.18	74.33±0.72	76.73±0.72	92.21±1.37
105	95.71±7.43	100.58±9.56	97.44±4.49	71.03±0.74	73.40±0.47	87.87±1.54
120	91.83±7.09	96.80±9.21	93.66±4.61	67.88±0.85	70.21±0.39	84.39±1.54
150	84.62±6.61	89.34±8.44	86.64±4.38	61.95±0.73	64.38±0.15	77.59±1.75
180	78.23±6.15	82.95±8.24	80.35±4.05	57.20±0.97	59.54±0.29	71.72±1.93
210	72.72±5.65	77.12±7.75	74.95±3.84	52.92±1.12	55.29±0.45	66.74±2.02
240	67.81±5.22	72.17±7.30	70.20±3.65	48.98±1.05	51.48±0.95	62.16±2.18
300	53.42±12.86	57.33±1.82	61.79±3.26	37.00±6.56	40.79±7.14	54.41±2.24
360	40.10±2.35	44.30±6.47	44.26±0.92	28.10±0.32	32.58±1.35	39.26±3.57
420	34.48±1.08	38.86±6.93	38.54±0.80	24.36±0.40	29.13±0.62	33.79±3.70
480	30.38±0.78	34.91±6.74	34.62±1.00	21.68±0.88	26.61±0.15	29.92±3.73
540	27.06±0.48	31.65±6.53	31.31±1.12	19.48±1.30	24.62±0.21	26.84±3.80
600	24.57±0.51	29.09±6.12	28.80±1.43	17.60±1.65	22.85±0.55	24.32±3.79
660	22.40±0.56	26.96±5.83	26.72±1.56	16.16±1.71	21.48±0.60	22.22±3.81
720	20.57±0.43	25.14±5.78	24.90±1.44	14.97±1.84	20.30±0.86	20.40±3.72
780	18.97±0.46	23.46±5.59	23.31±1.57	13.90±1.98	19.25±0.91	18.91±3.67
840	17.55±0.51	21.95±5.38	21.81±1.53	12.92±2.07	18.34±1.06	17.55±3.68
900	15.54±0.93	19.65±5.04	20.22±1.17	12.01±2.04	17.44±1.05	16.41±3.69
960	14.89±1.05	18.81±4.95	18.61±2.24	10.59±2.05	15.98±1.31	14.21±3.50
1020	14.33±1.14	18.16±4.87	17.73±2.50	10.03±2.17	15.31±1.41	13.25±3.55

ตารางที่ ง.7 (ต่อ) ปริมาณความชื้น (กรัมน้ำต่อ100 กรัมของแข็ง) ของแคนตาลูปในแต่ละชุดการทดลอง ณ เวลาต่าง ๆ ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	ชุดการทดลองที่					
	1	2	3	4	5	6
1080	13.92±1.21	17.62±4.86	17.10±2.62	9.58±2.28	14.83±1.52	12.44±3.50
1140	13.55±1.24	17.23±4.67	16.56±2.78	9.22±2.35	14.37±1.57	11.87±3.48
1200	13.15±1.33	16.74±4.50	16.10±2.84	8.96±2.45	13.99±1.61	11.29±3.47
1260	12.88±1.26	16.40±4.48	15.69±2.85	8.67±2.40	13.66±1.58	10.83±3.46
1320	12.61±1.32	16.09±4.31	15.39±2.83	8.47±2.39	13.43±1.63	10.40±3.41
1380	12.37±1.15	15.77±4.26	14.91±2.96	8.21±2.43	13.08±1.66	9.98±3.47
1440	12.04±1.20	15.52±4.27	14.61±2.99	7.88±2.41	12.79±1.61	9.60±3.36
1500	11.44±1.24	14.89±4.16	14.13±2.82	7.70±2.37	12.57±1.64	9.22±3.37
1560	11.19±1.28	14.56±4.02	13.62±3.16	6.66±1.95	11.60±1.14	8.16±3.35
1620	11.02±1.32	14.34±4.03	13.29±3.16	6.37±1.96	11.25±1.25	7.72±3.30
1680	10.90±1.30	14.16±4.05	13.07±3.25	6.19±2.01	11.02±1.26	7.43±3.30
1740	10.68±1.24	13.99±4.03	12.86±3.29	6.00±1.98	10.74±1.21	7.16±3.36
1800	10.56±1.27	13.77±3.87	12.70±3.44	5.83±1.92	10.55±1.23	6.97±3.26
1860	10.40±1.26	13.50±3.80	12.42±3.30	5.67±1.92	10.37±1.23	6.73±3.34
1920	10.20±1.28	13.45±3.85	12.16±3.43	5.50±2.01	10.23±1.28	6.57±3.29

ชุดการทดลองที่ 1 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่มีการเติมพอลิไฮดรริกแอลกอฮอล์ 0% (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 10% (ซอร์บิทอล 10%)

ชุดการทดลองที่ 3 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 15% (ซอร์บิทอล 15%)

ชุดการทดลองที่ 4 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 10% (กลีเซอรอล 10%)

ชุดการทดลองที่ 5 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 15% (กลีเซอรอล 15%)

ชุดการทดลองที่ 6 แทนผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% (ชุดเปรียบเทียบ)

ตารางที่ ง.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อ 100 กรัมของแข็ง)	a_w	ค่าสี		
			ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	137.11±5.14	0.977±0.010	55.35±3.48	8.40±0.90	22.53±0.09
1	101.76±6.58	0.984±0.010	54.04±2.95	8.43±0.87	23.34±0.49
2	80.80±4.92	0.923±0.041	60.78±3.15	10.20±1.29	28.52±1.32
6	40.86±0.50	0.851±0.027	59.22±3.18	11.34±2.18	29.25±2.06
9	26.30±1.86	0.799±0.007	60.17±3.79	14.67±1.34	32.18±0.93
14	19.44±1.60	0.758±0.001	63.95±2.42	13.57±0.19	34.05±3.71
19	16.27±2.64	0.751±0.032	61.29±1.38	13.29±1.33	34.12±1.32
24	12.85±0.13	0.719±0.016	67.16±1.38	13.12±0.70	36.30±1.97

ตารางที่ ง.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล 10% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อ 100 กรัมของแข็ง)	a_w	ค่าสี		
			ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	138.85±3.90	0.986±0.013	57.21±4.27	7.46±1.20	22.66±1.60
1	96.91±3.48	0.963±0.032	58.18±5.64	9.32±1.78	22.85±3.37
2	81.82±5.08	0.928±0.034	58.42±5.02	9.25±0.22	25.70±2.79
6	48.90±4.59	0.825±0.039	61.80±4.86	10.58±1.93	25.93±3.55
9	31.35±4.02	0.795±0.036	60.65±3.24	12.31±2.20	31.65±1.27
14	23.12±1.49	0.761±0.007	61.03±4.81	10.88±1.94	33.34±3.93
19	16.57±0.55	0.712±0.013	60.90±4.71	11.83±2.00	31.97±1.10
24	12.89±1.42	0.651±0.012	61.96±5.01	12.15±0.30	34.26±3.86

ตารางที่ ง.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซอร์บิทอล 15% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อ 100 กรัมของแข็ง)	a_w	ค่าสี		
			ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	140.79±4.96	0.990±0.010	49.28±2.62	5.41±0.48	19.04±2.67
1	97.64±4.20	0.965±0.029	53.60±1.31	8.83±1.42	25.86±4.79
2	81.05±5.81	0.921±0.028	56.50±4.38	9.33±1.45	26.16±0.06
6	49.79±4.93	0.821±0.042	62.31±3.33	10.74±1.44	29.59±4.75
9	30.33±5.07	0.793±0.033	62.19±4.32	11.94±0.11	32.85±0.31
14	22.21±0.43	0.757±0.002	62.58±5.24	12.87±1.27	32.78±0.30
19	16.56±0.03	0.703±0.027	63.69±4.38	13.33±1.70	33.66±1.34
24	13.74±1.02	0.647±0.012	62.45±0.59	13.38±1.38	34.83±0.19

ตารางที่ ง.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล 10% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อ 100 กรัมของแข็ง)	a_w	ค่าสี		
			ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	108.97±1.35	0.947±0.005	54.44±2.98	9.06±1.57	21.61±3.46
1	85.29±4.58	0.911±0.013	61.36±3.50	9.46±1.48	25.21±4.36
2	70.42±3.79	0.879±0.028	63.02±4.00	11.18±0.95	27.92±3.46
6	48.96±0.30	0.818±0.037	61.77±2.65	12.10±1.71	29.82±1.18
9	34.15±2.17	0.749±0.016	63.21±1.41	12.20±1.73	33.92±1.71
14	25.77±2.64	0.738±0.027	60.52±1.01	13.41±2.22	34.29±2.49
19	22.25±3.33	0.723±0.030	62.93±4.37	13.05±1.40	35.49±3.00
24	18.41±1.68	0.650±0.013	64.38±2.56	13.16±1.53	35.77±2.80

ตารางที่ ง.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรอล 15% ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อ 100 กรัมของแข็ง)	a_w	ค่าสี		
			ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	104.61±6.07	0.944±0.035	54.41±5.11	7.39±0.87	21.89±2.35
1	82.73±2.27	0.916±0.016	52.38±4.78	7.25±1.19	20.35±4.37
2	67.39±4.01	0.868±0.018	63.00±3.97	10.90±2.03	26.93±2.79
6	49.91±2.18	0.769±0.028	61.44±5.89	10.00±0.43	27.43±1.30
9	33.98±2.07	0.765±0.033	61.46±2.36	12.66±1.94	32.30±0.32
14	27.86±1.90	0.725±0.038	58.81±4.50	12.34±2.32	33.07±4.85
19	25.04±3.25	0.699±0.033	61.96±4.45	10.86±0.05	33.96±3.80
24	20.82±0.79	0.644±0.026	60.87±4.00	11.47±1.47	33.87±3.46

ตารางที่ ง.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น a_w และค่าสีในระหว่างการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ชุดเปรียบเทียบ ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (กรัมต่อ 100 กรัมของแข็ง)	a_w	ค่าสี		
			ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	134.87±2.04	0.965±0.008	52.53±3.08	9.84±2.09	25.47±3.18
1	104.61±2.72	0.947±0.024	55.31±0.01	7.63±0.82	22.91±1.70
2	84.18±0.03	0.922±0.002	57.30±4.14	8.48±1.67	22.56±0.82
6	63.03±2.47	0.881±0.023	62.31±2.10	10.62±2.12	29.11±2.64
9	36.20±5.14	0.764±0.035	60.11±2.52	11.38±1.84	32.40±2.21
14	23.62±1.00	0.741±0.039	63.07±1.11	12.39±2.14	34.47±0.35
19	17.30±1.66	0.672±0.034	61.69±2.56	14.06±0.98	37.26±1.73
24	16.27±0.64	0.641±0.028	62.05±2.64	13.41±1.87	35.06±1.92

ตารางที่ ง.14 ค่า spin lattice relaxation time (T_1) ของงผลึกภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งที่ผ่านการอบสโมคซิสในสารละลายซูโครสที่แปรอัตราส่วนของสารต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	ค่า spin lattice relaxation time (ms)
ชุดควบคุม	595.20±0.00
ซอร์บิทอล 10%	600.35±14.21
ซอร์บิทอล 15%	567.65±13.36
กลีเซอรอล 10%	457.35±7.99
กลีเซอรอล 15%	429.70±2.40
ชุดเปรียบเทียบ	568.85±3.32

ตารางที่ ง.15 ค่าความชื้นสมดุล (กรัมน้ำต่อ100 กรัมของแข็ง) ของผลึกภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้ง ในระบบที่มีสารละลายเกลืออิมิตัวที่ให้ค่า a_w ต่าง ๆ

เกลือ	a_w	ความชื้นสมดุล (กรัมน้ำต่อ100 กรัมของแข็ง)			
		ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล 10 %	กลีเซอรอล 10 %	ชุดเปรียบเทียบ
LiCl	0.1115	0.0400	0.8413	2.4905	6.4732
CH ₃ COOK	0.226	0.5682	0.8611	2.4120	2.2206
MgCl ₂	0.3273	0.2899	0.8021	2.3461	2.2492
K ₂ CO ₃	0.438	0.4058	1.2948	4.4988	5.5298
Mg(NO ₃) ₂	0.5286	1.4901	1.4007	6.9487	7.9362
NaBr	0.577	3.1690	2.8956	7.6884	10.4731
SrCl ₂	0.689	9.4203	11.5568	18.6839	23.9192
NaCl	0.7532	16.3352	19.4992	30.3625	34.5175
KCl	0.8432	44.7679	45.0944	53.4649	49.8671
BaCl ₂	0.9026	65.9583	66.2070	78.0274	76.3333

ตารางที่ ง.16 ค่า L* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความสว่าง (L*)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	63.90±2.21	64.74±1.45	63.72±1.21	61.90±0.54
2	66.73±0.78	64.56±2.51	64.58±1.15	65.14±1.84
4	62.66±0.85	65.58±0.53	61.29±2.30	62.04±1.71
6	65.58±2.36	66.28±0.95	62.01±0.93	64.34±2.04
8	66.13±0.42	67.87±1.37	63.47±1.89	64.20±1.59
10	62.38±2.25	63.82±1.31	60.54±1.21	63.66±0.78
12	62.54±0.84	65.41±0.46	62.23±2.63	64.94±0.51
14	64.81±0.44	64.41±1.61	59.98±2.55	64.86±1.70
16	65.09±2.05	66.17±0.84	63.44±1.66	61.20±1.00
18	64.86±2.08	65.81±0.98	60.90±1.63	65.02±1.24
20	66.27±1.09	64.15±2.18	61.99±1.47	64.08±1.26

ตารางที่ ง.17 ค่า L* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าความสว่าง (L*)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	66.39±0.73	64.70±2.23	61.29±1.40	64.41±1.10
2	66.54±1.43	63.85±2.62	59.98±0.99	63.65±0.94
4	66.03±2.30	65.89±1.55	58.36±0.59	62.94±1.55
6	63.67±1.85	64.28±2.06	60.97±1.10	60.41±1.35
8	69.12±1.61	65.49±1.01	58.80±2.37	61.42±1.21
10	68.51±1.55	65.81±0.63	60.74±1.54	63.96±0.94
12	65.03±1.75	70.81±1.09	60.64±1.34	60.69±0.72
14	71.31±1.64	69.78±1.31	60.11±1.14	59.97±1.35
16	68.00±2.33	70.01±0.35	63.18±0.83	58.07±1.63
18	69.40±2.02	71.72±1.62	64.70±2.12	59.74±2.35
20	69.50±0.96	71.08±1.06	61.40±0.48	57.84±1.53

ตารางที่ ง.18 ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าสีแดง (a^*)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	8.84±0.98	9.66±0.44	8.66±0.88	9.28±0.27
2	8.60±0.68	9.59±0.99	9.21±0.63	10.04±0.45
4	10.12±0.37	9.66±0.94	8.65±0.61	10.85±0.83
6	9.07±0.94	9.92±0.17	9.43±0.92	9.75±1.00
8	8.35±0.86	9.38±0.81	7.77±0.61	8.80±0.71
10	7.38±0.86	8.64±0.40	7.98±0.25	8.07±0.58
12	7.92±0.79	9.55±0.47	8.18±0.84	8.23±0.98
14	7.97±0.58	8.32±0.71	9.63±0.44	8.78±0.75
16	7.07±0.51	7.67±0.76	7.05±0.87	9.66±0.63
18	8.22±0.49	7.82±0.52	8.72±0.29	9.00±0.62
20	7.26±0.88	7.45±0.55	7.08±0.43	9.29±0.29

ตารางที่ ง.19 ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าสีแดง (a^*)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	12.30±0.28	12.23±0.83	11.59±0.49	12.71±0.73
2	11.86±0.49	12.72±0.14	11.76±0.90	12.88±0.95
4	12.10±0.29	12.11±0.89	9.81±0.50	12.21±0.18
6	10.68±0.48	9.71±1.03	9.80±0.10	11.43±0.45
8	10.50±0.28	10.37±0.31	10.95±0.67	12.60±0.76
10	8.90±0.80	12.07±0.53	11.22±0.45	10.39±0.93
12	9.17±0.78	9.63±0.71	8.37±0.59	11.37±0.85
14	6.28±0.83	8.85±0.37	8.65±0.31	10.87±0.66
16	7.00±0.44	9.82±0.33	7.34±0.91	11.72±0.56
18	6.37±0.83	8.68±0.71	6.79±0.66	11.36±0.85
20	8.25±0.61	8.01±1.71	5.55±0.45	11.73±0.62

ตารางที่ ง.20 ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่िमอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าสีเหลือง (b^*)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	31.54±1.35	33.02±1.99	29.86±0.79	30.50±2.05
2	30.05±1.95	33.24±1.15	30.56±2.24	33.03±2.26
4	28.48±1.20	30.43±2.32	28.70±1.97	30.23±2.09
6	27.44±1.89	30.47±1.84	27.46±2.14	29.63±0.98
8	26.83±0.55	30.10±1.38	27.24±1.13	28.96±2.01
10	26.88±2.10	28.10±1.24	27.30±2.03	29.48±2.71
12	25.76±2.48	28.23±1.70	25.74±1.79	29.15±1.85
14	26.78±2.47	28.14±0.53	25.79±2.26	27.32±1.64
16	25.79±2.03	27.37±1.40	25.28±1.35	28.92±2.05
18	27.73±2.03	27.75±0.87	26.55±1.77	30.03±1.49
20	26.76±2.28	26.91±1.10	25.43±1.29	28.63±1.01

ตารางที่ ง.21 ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่िमอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าสีเหลือง (b^*)			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	30.49±1.01	31.09±2.37	30.03±0.95	33.86±1.67
2	28.21±0.92	31.15±0.78	28.44±1.36	31.29±0.55
4	30.43±1.26	30.77±1.91	28.97±0.78	33.23±1.65
6	33.54±1.85	31.24±1.36	30.03±1.93	37.60±1.31
8	29.64±1.66	28.42±2.44	31.00±1.01	35.76±1.18
10	27.37±1.72	27.66±2.48	30.91±1.30	33.83±1.60
12	28.01±2.01	27.91±1.56	28.53±0.58	33.52±1.47
14	25.67±1.99	27.18±1.57	29.50±2.38	35.08±1.99
16	25.58±1.55	30.47±0.53	27.07±1.77	33.29±1.52
18	26.15±2.26	28.20±1.55	27.19±1.99	33.39±1.57
20	25.80±1.10	28.71±0.95	24.92±0.65	33.70±1.47

ตารางที่ ง.22 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab})			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	-	-	-	-
2	3.21	0.29	1.24	4.18
4	3.54	2.72	2.69	1.59
6	4.43	2.99	3.04	2.64
8	5.24	4.29	2.77	2.81
10	5.11	5.11	4.13	2.37
12	6.01	4.84	4.41	3.50
14	4.93	5.07	5.61	4.37
16	6.13	6.16	4.87	1.76
18	3.98	5.68	4.35	3.17
20	5.57	6.52	5.01	2.88

ตารางที่ ง.23 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab})			
	ชุดควบคุม	ซอร์บิทอล10%	กลีเซอรอล10%	ชุดเปรียบเทียบ
0	-	-	-	-
2	2.34	0.98	2.07	2.68
4	0.41	1.24	3.59	1.68
6	4.39	2.56	1.82	5.63
8	3.39	3.35	2.75	3.55
10	5.08	3.60	1.11	2.36
12	4.22	7.35	3.61	3.97
14	9.15	7.24	3.22	4.97
16	7.40	5.94	5.51	6.44
18	7.95	8.38	6.53	4.88
20	6.94	8.00	7.92	6.64

ภาคผนวก จ
ภาพผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง



ก.



ข.



ค.



ง.



จ.



ฉ.

ภาพที่ จ.1 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษา (0 สัปดาห์)

- ก. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่มีการเติมพอลิไฮดรริกแอลกอฮอล์ (ชุดควบคุม)
- ข. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 10% (ซอร์บิทอล 10%)
- ค. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 15% (ซอร์บิทอล 15%)
- ง. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 10% (กลีเซอรอล 10%)
- จ. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 15% (กลีเซอรอล 15%)
- ฉ. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% (ชุดเปรียบเทียบ)



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ ๑.2 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

- ก. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่มีการเติมพอลิไฮดริกแอคกอลอยด์ (ชุดควบคุม)
- ข. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมชอร์บิทอล 10% (ชอร์บิทอล 10%)
- ค. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 10% (กลีเซอรอล 10%)
- ง. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% (ชุดเปรียบเทียบ)



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ ๑.3 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อีมอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

- ก. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อีมอบแห้งที่ไม่มีการเติมพอลิไฮดรริกแอลกอฮอล์ (ชุดควบคุม)
- ข. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อีมอบแห้งที่มีการเติมซอร์บิทอล 10% (ซอร์บิทอล 10%)
- ค. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อีมอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอล 10% (กลีเซอรอล 10%)
- ง. ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อีมอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% (ชุดเปรียบเทียบ)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายบุรฉัตร ศรีทองแท้ เกิดเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2525 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาคปลายปีการศึกษา 2548