



การชะลอการเกิดสื่อน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติม
สารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

โดย

นางสาววนิชฐา ตรีหัตถ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การชะลอการเกิดสื่อน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงเชื่อมอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติม
สารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์

โดย
นางสาววิษฐา ตรีหัตถ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**THE REDUCTION OF BROWNING OF SULFITE-FREE LOW SWEET DRIED MANGO
SLICES DURING STORAGE**

By

Wanitha Treehut

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Department of Food Technology

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2008

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแช่หีบอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ ” เสนอโดย นางสาววนิชฐา ตรีหัตถ์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะดังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี
2. อาจารย์ ดร.ดวงใจ ธีรธรรมถาวร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพันธ์ แก้วมณีชัย)

...../...../.....

..... กรรมการ

(นางสาวรุ่งรัศมี วงศ์เครือสร)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ดวงใจ ธีรธรรมถาวร)

...../...../.....

47403216 : สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

คำสำคัญ : การเกิดสีน้ำตาล/มะม่วง/แช่อิ่มอบแห้ง/วอเตอร์แอกติวิตี

วนิชฐา ตรีหัตถ์ : การชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี, อ.ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร และ ผศ.ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ. 129 หน้า.

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ โดยศึกษาชนิดและปริมาณของสารดูดความชื้นที่เหมาะสมในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ ในการเตรียมสารละลายออสโมติก โดยศึกษาใช้สารดูดความชื้นที่ระดับความเข้มข้นต่างๆร่วมกับน้ำตาลซูโครสในการเตรียมสารละลายออสโมติกดังนี้ กลีเซอรอลร้อยละ 10 และ 20 ซอร์บิทอลร้อยละ 10 และ 20 กลีเซอรอลร้อยละ 10 ผสมกับซอร์บิทอลร้อยละ 10 และกลีเซอรอลร้อยละ 10 ผสมกับซอร์บิทอลร้อยละ 10 และเติมโซเดียมแอสคอร์เบทร้อยละ 1 จากนั้นปรับความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายออสโมติกด้วยน้ำตาลซูโครสให้ได้ 30 องศาบริกซ์ และแช่มะม่วงในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดอุณหภูมิลงจนกระทั่ง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และจึงอบต่ออีก 7 ชั่วโมง พบว่า กลีเซอรอลร้อยละ 20 มีประสิทธิภาพในการช่วยลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดีที่สุด และผู้บริโภคมักรับมากที่สุด และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน พบว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่แช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์ มีค่าการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุดในขณะที่ผู้บริโภคมักรับมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลร้อยละ 10 ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มากที่สุด และเมื่อศึกษาผลการเคลือบผิวมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งด้วย 1% Carboxymethylcellulose และ 2% High methoxyl pectin ต่อการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบว่าการเคลือบผิวด้วยสารทั้ง 2 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ได้เคลือบผิว สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย 2% High methoxyl pectin และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสผู้บริโภคมักรับมากที่สุด เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 90 วัน

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. 2. 3.

47403216 : MAJOR : FOOD TECHNOLOGY

KEY WORDS : BROWNING/MANGO/OSMOTIC/WATER ACTIVITY

WANITHA TREEHUT : THE REDUCTION OF BROWNING OF SULFITE-FREE LOW SWEET DRIED MANGO SLICES DURING STORAGE. THESIS ADVISORS : ASST.PROF. BUSARAKORN MAHAYOTHEE, Ph.D., DOUNGJAI THIRATHUMTHAVORN, Ph.D., AND ASST.PROF. PRASONG SIRIWONGWILAICHAT, Ph.D. 129 pp.

In this study, the browning reduction of sulfite-free low sweet dried mango slice during storage was investigated. The humectants compounds and their amount were applied for reducing the water activity of products. Mango was soaked for 3 hour in different concentrations of humectants in osmotic solution, glycerol (10% and 20%), sorbitol (10% and 20%), glycerol (10%) with sorbitol (10%), glycerol (10%) with sorbitol (10%) with sodium ascorbate (1%) . The solution was adjusted with sucrose until reaching 30°Brix of total soluble solid. Mango slices were dried at temperature of 75°C for 3 hours following decrease temperature to 60°C for 7 hours, continuously. Sensory evaluation was conducted employing 7-point hedonic scale using 30 panelists.

It was found that, glycerol (20 %) was the most effective for reducing the water activity and the most acceptable to customers. At the ambient temperature for 3 months, it took long time mango that soaked in 30 °Brix sucrose solution to develop browning reaction but sorbitol (10%) and glycerol (10%) received the highest linking score. The effects of coating solution, 1% of CMC (Carboxymethylcellulose) and 2% of HM-P (High methoxyl pectin) to browning reaction during storage were observed. The result showed that the coating solution and 5 °C could reduce browning reaction in dried mango during storage. The comparison of coating mango and non-coating mango at 5°C of storage temperature, coating mango took longer time than non-coating mango to develop brown color at ambient temperature. Mango coated with 2% HM-P (High methoxyl pectin) stored at 5°C for 3 months acquired was the most acceptable.

Department of Food Technology Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2008

Student's signature

Thesis Advisors' signature 1. 2. 3.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผศ.ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี อย่างยิ่งที่กรุณาให้คำแนะนำ และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติและ อ.ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ เพื่อการรวบรวมข้อมูลในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บริษัท รวมอาหาร จำกัด ที่ช่วยสนับสนุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้
ขอขอบคุณ พี่ เพื่อน และน้องๆ พนักงาน บริษัท รวมอาหาร จำกัด ที่ช่วยสนับสนุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร สถานที่ที่ให้ห้องความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหัศจรรย์ สกว. สาขา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการสนับสนุนทุนในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพ่อและแม่ที่ช่วยส่งเสริม และคอยช่วยเหลือทางการศึกษาและ
ทุกๆสิ่งทุกอย่างอย่างตลอดมา รวมถึงเพื่อนๆ และน้องๆที่คอยให้ความช่วยเหลือ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา.....	3
สมมติฐานการศึกษา.....	3
ขอบเขตการศึกษา.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
เทคนิคการอบแห้งผักและผลไม้.....	4
กระบวนการออสโมซิส	6
การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction).....	8
การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล	15
3 วิธีดำเนินการทดลอง	22
วัตถุดิบ	22
สารเคมี.....	22
อุปกรณ์	23
วิธีการทดลอง.....	22
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	31
คุณภาพวัตถุดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์.....	31
การเตรียมผลไม้ก่อนแช่อบ	33
วิธีการผลิตมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่อบแห้ง	34
ผลของการใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอลและกลีเซอรอล	
ในกระบวนการแช่อบต่อคุณลักษณะมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
หลังการอบแห้ง.....	43

ผลของการใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอลและกลีเซอรอล ในกระบวนการเชื่อมต่อการเปลี่ยนแปลงมะม่วงพันธุ์ โชคอนันต์หลังการอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....	54
ผลการเคลือบผิวและการเปลี่ยนแปลงของมะม่วงพันธุ์ โชคอนันต์เชื่อมอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย สารไฮโดรคอลลอยล์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษา.....	67
ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของมะม่วงเชื่อมอบแห้ง ที่สภาวะการศึกษาต่างๆ.....	80
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	82
บรรณานุกรม	84
ภาคผนวก	90
ภาคผนวก ก	91
ภาคผนวก ข	99
ภาคผนวก ค	125
ภาคผนวก ง.....	127
ภาคผนวก จ	128
ประวัติผู้วิจัย.....	129

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	27
2	32
3	33
4	34
5	52
6	53
7	66
8	67
9	77
10	79
11	81
12	99
13	100
14	101
15	102
16	103

ตารางที่	หน้า
17 ปริมาณความชื้น (%) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บ รักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	104
18 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บ รักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	105
19 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity : unit/g db) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บ รักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	106
20 ปริมาณ HMF (ppm) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บ รักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	107
21 การเกิดสีน้ำตาล (Browning index : OD/g db) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	108
22 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	109
23 ปริมาณความชื้น (%) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	110
24 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	111
25 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity : unit/g db) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	112
26 ปริมาณ HMF (ppm) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิว ด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	113

ตารางที่	หน้า
27 การเกิดสีน้ำตาล (Browning index : OD/g db) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน.....	114
28 ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเปรียบเทียบที่ระยะเวลา การเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน.....	115
29 ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียสที่เป็นเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน.....	116
30 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเปรียบเทียบที่ ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน.....	117
31 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียสที่เป็นเวลา 0 15 30 45 และ 90 วัน.....	118
32 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเปรียบเทียบที่ ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน.....	119
33 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียสที่เป็นเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน.....	120
34 ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน..	121
35 ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 และ 90 วัน.....	122
36 ค่า Chroma ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน.....	123
37 ค่า Chroma ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิว ด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน.....	124

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยของ บริษัทเอกชนแห่งหนึ่งภายในระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง	2
2	กลไกของการอบแห้ง.....	5
3	เปรียบเทียบรูปร่างของแอปพลิเคชันที่ไมผ่านการแช่สารละลายออสโมติก (RAW) แช่สารละลายซูโครส 13% (ISO) แช่สารละลายซูโครส 60% (SU) และ สารละลายซอร์บิทอล 60% (SO).....	6
4	การถ่ายเทมวลในเนื้อเยื่อผลไม้ระหว่างกระบวนการออสโมซิส.....	7
5	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส.....	9
6	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยามเมลลาร์ด.....	11
7	กลไกการเกิดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin).....	12
8	การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน.....	13
9	กลไกการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก.....	14
10	การเกิดสีน้ำตาลของสารละลายน้ำตาลที่ปราศจากการเติมไกลซีน และเติมไกลซีนหลังจากการฉายรังสี 30 kGy.....	15
11	ความสัมพันธ์ของอัตราการเสื่อมเสียของอาหารกับค่าอวเตอร์แอกทิวิตี้.....	17
12	สูตรโครงสร้างทางเคมีของกลีเซอรอล	18
13	ตำแหน่งการวัดค่าสีขึ้นมะม่วงสุกก่อนนำไปแช่อิ่ม.....	24
14	กระบวนการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง.....	26
15	ลักษณะมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ก่อนปอกและหลังปอกเปลือก.....	32
16	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids:TSS) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่สารละลายออสโมติก.....	35
17	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar :TS) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่สารละลายออสโมติก.....	36
18	ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose :SC) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่สารละลายออสโมติก.....	36
19	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar :RS) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่สารละลายออสโมติก.....	37

ภาพที่	หน้า
20 อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar :TS) ต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose:SC) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	38
21 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	38
22 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids : TSS) ก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	40
23 น้ำตาลทั้งหมด (Total sugar : TS) ก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	40
24 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose : SC) ก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	41
25 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar : RS) ก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	41
26 อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar:TS) ต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose:SC) ก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	42
27 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ก่อนและหลังแช่ชิ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	43
28 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในตู้อบลมร้อน และในชิ้นมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกชนิดต่างๆ ในระหว่างการอบแห้งที่ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และลดอุณหภูมิเหลือ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง.....	44
29 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid : TSS) มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	45
30 ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar : TS) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	45
31 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar : RS) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	46

ภาพที่	หน้า
32 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose : SC) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	47
33 วอเตอร์แอคทิวิตี (water activity) มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	48
34 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	48
35 กิจกรรมโพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงสด หลังลวกและหลังแช่อิ่มอบแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	49
36 ปริมาณ HMF ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	50
37 แสดงปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ในมะม่วงอบแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด.....	51
38 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar:RS) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง.....	54
39 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติก แต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	56
40 กิจกรรมโพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง.....	57
41 ค่าปริมาณ HMF ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	59
42 ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง.....	60
43 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง....	62
44 ค่าความเป็นสีแดง(a*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ สารละลายออสโมติกแต่ละ ชนิดในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง.....	62

ภาพที่	หน้า	
45	ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	63
46	ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	64
47	ค่า Chroma ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	65
48	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar:RS) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	69
49	ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	70
50	กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	71
51	ปริมาณ HMF ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	72
52	ค่าการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	73
53	ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	74
54	ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	75

ภาพที่	หน้า	
55	ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	75
56	ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	76
57	ค่า Chroma ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส.....	77
58	กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ HMF.....	93
59	รูปมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกชนิดต่างๆ ที่เก็บรักษาเป็น 0 30 60 และ 90 วัน.....	125
60	รูปมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว เคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 30 60 และ 90 วัน.....	126
61	อัตราการทำแห้งของมะม่วงแช่อิ่มที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด....	128

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) จัดเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศในภูมิภาคเขตร้อน โดยมีปริมาณการผลิตรวมระดับโลกสูงถึง 26 ล้านตันต่อปี โดยอินเดียเป็นประเทศที่มีการผลิตมะม่วงมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก รองลงมาคือ จีน ประเทศไทย ปากีสถาน เม็กซิโก และอินโดนีเซีย ในช่วง 14 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2536-2550) ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตมะม่วงเกือบเท่าตัว โดยเพิ่มจาก 1 ล้านตัน ต่อปี เป็น 1.8 ล้านตัน ต่อปี ในขณะที่มีพื้นที่การเพาะปลูกเพิ่มขึ้นจาก 170,000 ha เป็น 285,000 ha (FAOSTAT Data, 2008)

มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้ทั่วไปตามร้านสะดวกซื้อ และห้างสรรพสินค้า (สมชาติ, 2540) และยังมีการส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศ ได้แก่ อเมริกา ญี่ปุ่น และยุโรป โดยผู้บริโภคในสหภาพยุโรป มีความต้องการในการบริโภคมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดที่ไม่หวานมาก หรือไม่มีการเติมน้ำตาลในระหว่างการผลิตทำให้ผลิตภัณฑ์มีระดับความหวานตามธรรมชาติมากขึ้น (Idea, 2001) อีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulphur dioxide: SO₂) และซัลไฟต์ในปริมาณที่มากกว่า 10 mg/kg จะต้องระบุบนฉลาก หากต้องการส่งออกไปยังสหภาพยุโรป (Food Standards Agency, 2004) ซึ่งส่งผลต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภค เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นหนึ่งในสารก่อภูมิแพ้ (food allergen) โดยผู้ที่แพ้มาก หรือเป็นหอบหืดอาจถึงตายได้ หรือถ้าสะสมในร่างกายมากๆ อาจทำให้หายใจติดขัด ปวดท้อง ท้องร่วง อาเจียน และหมดสติได้ ดังนั้นในปัจจุบันการผลิตผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อย (เป็นคำที่นิยมเรียกในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง) ที่มีปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่ำ จึงเป็นที่ต้องการสำหรับตลาดมาก โดยเฉพาะตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งผู้บริโภคในปัจจุบันได้หันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพมากยิ่งขึ้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่ทางภาคอุตสาหกรรมให้ความสนใจเป็นอย่างมาก แต่ผู้ผลิตมักประสบปัญหาในการผลิต เนื่องจากสามารถผลิตได้ช่วงระยะเวลาสั้นๆ ในช่วงฤดูกาลของมะม่วง เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และสิงหาคมถึงกันยายนซึ่ง

เป็นข้อมูลจากการสำรวจฤดูกาลผลิตทางการเกษตรของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง ดังนั้นทางผู้ผลิตจึงมีความจำเป็นที่จะต้องผลิตผลิตภัณฑ์ในช่วงฤดูกาลในปริมาณมาก เพื่อให้สามารถมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายได้ทั้งปี แต่ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เพียง 2 – 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ดังแสดงในภาพที่ 1 ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้เพียงระยะเวลาสั้นๆ ในขณะที่ความต้องการของตลาดต่อผลิตภัณฑ์มีตลอดทั้งปี



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งภายในระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

จากรูปจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลิตภัณฑ์จะไม่ใช่ที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการศึกษาการชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้ในระยะเวลาที่นานขึ้น นั่นก็จะส่งผลให้มีปริมาณการขายเพิ่มมากขึ้นด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ปรับปรุงกรรมวิธีในการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ ให้สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา

1.3 สมมติฐานการศึกษา

1 การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อย ที่ไม่มีการเติมวัตถุเจือปนอาหารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ให้ต่ำกว่า 0.60 จะช่วยในการลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา

2 การใช้สารเคลือบชนิดรับประทานได้ จะลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบต้าแคโรทีน จะสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา

3 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อย ที่ไม่มีการเติมวัตถุเจือปนอาหารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ที่อุณหภูมิต่ำ จะสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.ศึกษาใช้มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยมะม่วงที่นำมาแช่อิ่มอบแห้งที่ระดับการสุกที่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids : TSS) อยู่ในช่วง 13 – 16 องศาบริกซ์ ในการผลิตมะม่วงจะใช้การแช่อิ่มในสารละลายน้ำตาล โดยความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้เท่ากับกระบวนการผลิตในโรงงานเอกชนแห่งหนึ่งในปัจจุบัน

2. ศึกษาผลของการใช้สารดูดความชื้น ได้แก่ ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล เพื่อลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิต่ำและที่อุณหภูมิห้อง

3 ศึกษาผลของการเคลือบผิวมะม่วงอบแห้งด้วยคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสและไฮเมทอกซิเพคตินที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิต่ำและที่อุณหภูมิห้อง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ถิ่นกำเนิดอยู่ในภูมิภาคแถบอินโดจีน พม่า ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เจริญได้ในดินทั่วไป ดอกออกช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ลูกดิบสีเขียว เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเหลืองส้ม มีเมล็ดภายใน 1 เมล็ด พันธุ์มะม่วงที่นิยมปลูก ได้แก่ มะม่วงแก้วศรีสะเกษ มะม่วงพันธุ์มรกต มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวาย พันธุ์ฟ้าลั่น พันธุ์หนองแซง พันธุ์เขียวเสวย เป็นต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) ลักษณะการใช้ประโยชน์เป็น 3 ประเภท ได้แก่ มะม่วงรับประทานสุกเช่นพันธุ์อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกกลางวัน มะม่วงรับประทานดิบ เช่น พันธุ์เขียวเสวย แรด หนองแซง พิมเสนมัน และสำหรับอุตสาหกรรม เช่น พันธุ์แก้ว โชคอนันต์และ ตลับนาค มะม่วงเป็นไม้ผลที่มีคุณค่าทางอาหาร อุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามิน จัดว่าเป็นไม้ผลที่มีผู้นิยมบริโภคมากที่สุดในประเทศไทยและสามารถผลิตเป็นสินค้าส่งออกได้ เช่น มะม่วงในน้ำเชื่อม มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง เป็นต้น ซึ่งการอบแห้งผลไม้แบบลมร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม

เทคนิคการอบแห้งผักและผลไม้

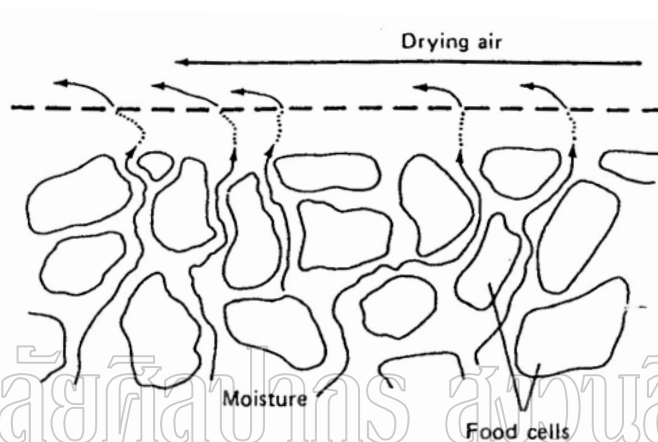
การอบแห้งเป็นวิธีการดั้งเดิมในการถนอมรักษาอาหาร และเป็นกระบวนการผลิตอาหารที่สำคัญ นอกจากช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาแล้วยังช่วยลดปริมาณของอาหารจึงทำให้กระบวนการนี้เป็นที่นิยม (Koca และคณะ, 2005)

หลักการของการอบแห้ง คือ การไล่น้ำออกจากผักและผลไม้ เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ และการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการ ถึงแม้ว่าเหตุผลหลักของการอบแห้งคือ ช่วยลดน้ำหนักและปริมาตรของผักและผลไม้ และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบรรจุ เก็บรักษา และขนส่งให้น้อยลงด้วย (Goyal และคณะ, 2006) และผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้งบางชนิดยังสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งวิธีการอบแห้งจึงเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา

การอบแห้งเป็นการทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอออกไปจากเนื้อเยื่อของผักและผลไม้ อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้มีหลายแบบ เช่น การอบแห้งโดยใช้แสงแดด นิยมใช้กับกล้วย พริก ฝรั่ง

และอินทพาลัม ส่วน atmospheric dehydration process นิยมใช้กับแอปเปิล พรุน และ ผักชนิดต่างๆ การอบแห้งแบบต่อเนื่อง เช่น แบบอุโมงค์ สายพาน และ fluidized bed นิยมกับน้ำผลไม้เข้มข้นเพื่อทำให้เป็นน้ำผลไม้ผง และการอบแห้งแบบสุญญากาศจะใช้กับผลไม้ที่มีความชื้นต่ำและมีน้ำตาลสูง

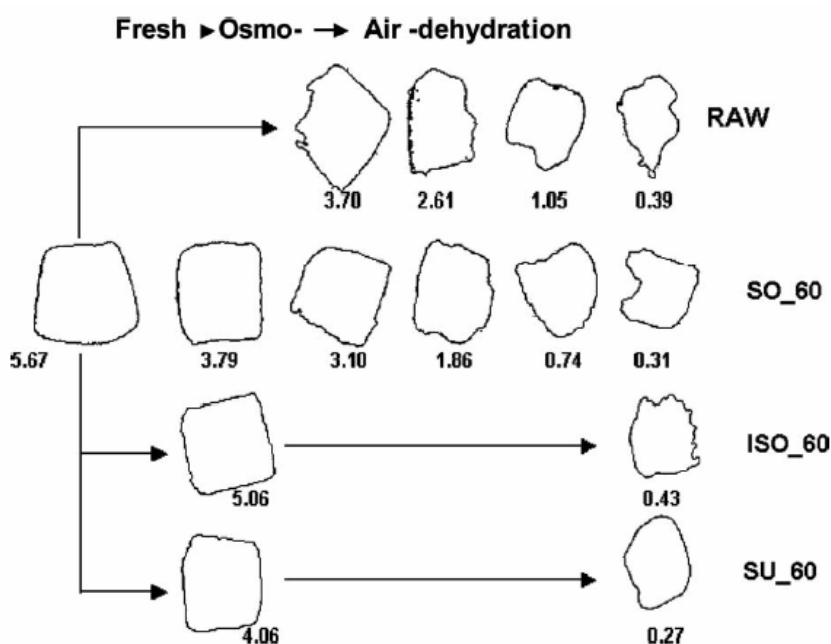
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้งได้แก่ สภาพธรรมชาติของอาหาร ขนาดรูปร่าง การจัดเรียงอาหาร สภาพในขณะทำแห้งอาหาร อุณหภูมิอากาศร้อนในเครื่องทำแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขณะทำแห้ง ความเร็วลมในขณะทำแห้งอาหาร (วิไล, 2546)



ภาพที่ 2 กลไกของการอบแห้ง

ที่มา : Fellows (2000)

แต่อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยลมร้อนจะส่งผลให้เนื้อเยื่อผลิตภัณฑ์เกิดการหดตัวและการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างขนาดเล็ก ซึ่งจะทำให้มีผลต่ออัตราการอบแห้ง ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น แต่เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาแช่ในสารละลายน้ำตาลก่อนการอบแห้งจะช่วยลดการยุบตัวของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งการแช่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นนี้เรียกว่ากระบวนการออสโมซิส ดังการศึกษาของ Riva และคณะ (2005) ศึกษาเปรียบเทียบแอปพริคอตไม่แช่สารละลายออสโมติก แช่ในสารละลายซูโครสร้อยละ 13 สารละลายซูโครสร้อยละ 60 และสารละลายซอร์บิทอลร้อยละ 60 นาน 60 นาทีก่อนการอบแห้ง พบว่าการแช่สารละลายออสโมติกช่วยลดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแอปพริคอตได้ดังแสดงในภาพที่ 3



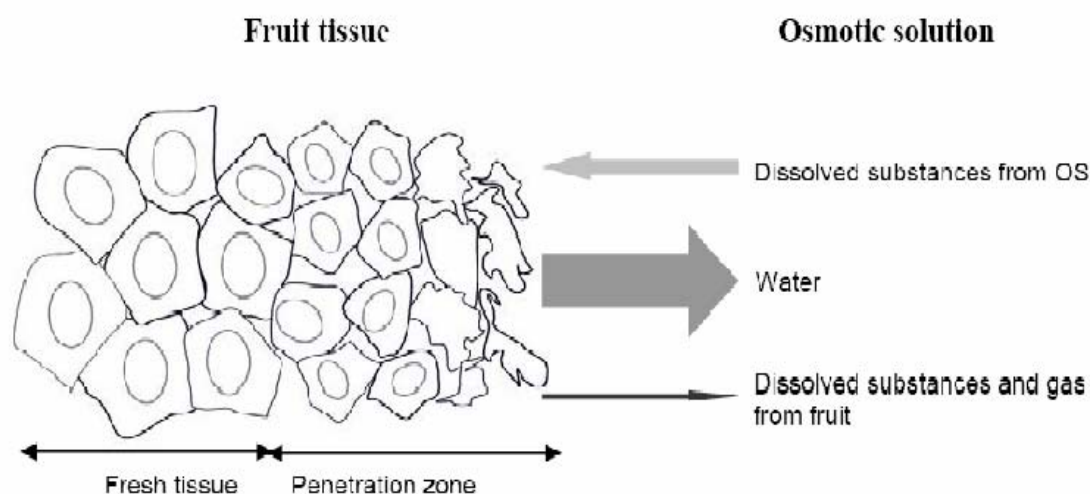
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบรูปร่างของแอปเปิ้ลคอกเต้ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติก (RAW) แช่สารละลายซูโครส 13% (ISO) แช่สารละลายซูโครส 60% (SU) และสารละลายซอร์บิทอล 60% (SO)

ข้อดีของกระบวนการออสโมซิส คือ สามารถช่วยรักษาคุณค่าทางอาหาร ช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ซึ่งจะทำให้ลดการเสื่อมเสียทางจุลชีววิทยา และชะลอการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาต่างๆ ให้ช้าลง ทำให้อายุการเก็บนานขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดเวลาและพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง (Warczok, 2005)

กระบวนการออสโมซิส (Osmotic dehydration)

กระบวนการดึงน้ำในผักและผลไม้สด โดยการแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นกระบวนการที่น่าสนใจมาเป็นเวลา 10 ปีผ่านมาแล้ว ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหาร โดยใช้ร่วมกับการอบแห้ง การอบแห้งแบบระเหยน้ำ การอบแห้งแบบสุญญากาศ หรือเทคนิคการถนอมอาหารอื่นๆ เช่น การแช่แข็ง เป็นต้น (Antonio และคณะ, 2004) และวิธีการออสโมซิสเป็นกระบวนการที่นิยมในอุตสาหกรรมอาหาร และมีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากเกี่ยวกับกระบวนการออสโมซิสผักและผลไม้ (Torreggiani, 1993)

วิธีออสโมซิสอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายน้ำบางส่วนออกจากอาหารไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่า หรือมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่านั้น เนื่องจากความแตกต่างระหว่างความดันออสโมติกของสารละลายกับอาหารทำให้เกิดแรงขับ (driving force) ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างสารละลายออสโมติก และอาหาร โดยจะเกิดการแพร่ของน้ำจากชั้นอาหารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังสารละลายและในขณะเดียวกันจะเกิดการแพร่ของของแข็งจากสารละลายผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังชั้นอาหาร นอกจากนี้อาจเกิดการแพร่ของสารธรรมชาติ เช่น กรดอินทรีย์ วิตามิน ออกจากเซลล์ในปริมาณน้อยด้วย (วรัญญา และวิษณีย์, 2550) ดังแสดงในภาพที่ 4 หรืออาจกล่าวได้ว่าการออสโมซิสเป็นกระบวนการที่มี 2 ช่วงระยะเวลา คือ ช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ และการเข้าสู่สมดุล โดยช่วงเวลาของการเคลื่อนที่นั้นจะมีอัตราการถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้น หรือลดลงจนกระทั่งเข้าสู่สมดุล ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของการออสโมซิส คือ อัตราการถ่ายเทมวลเป็นศูนย์ (Antonio และคณะ, 2004) การใช้กระบวนการออสโมซิสร่วมกับการอบแห้งด้วยลมร้อนมีผลต่อจลพหุศาสตร์ของการอบแห้ง และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งในการใช้กระบวนการออสโมซิสก่อนการอบแห้งมีผลช่วยรักษากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค (Khiabani และคณะ, 2002) ดังการศึกษาของ Wais และคณะ (2004) ศึกษาการใช้กระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันร่วมกับการอบแห้งลมร้อน ในการทำแห้งแอปเปิ้ลหั่นชิ้นและกล้วยพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 4 การถ่ายเทมวลในเนื้อเยื่อผลไม้ระหว่างกระบวนการออสโมซิส
ที่มา : Warczok (2005)

ส่วนประกอบของสารละลายออสโมติกเป็นการปรับเปลี่ยนสารตั้งต้น โดยทั่วไปจะทำให้อัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งขนาดโมเลกุลของตัวถูกละลายจะมีผลต่ออัตราส่วนของการสูญเสียน้ำต่อการเพิ่มขึ้นของของแข็ง ดังการศึกษาของ Hussian และคณะ (2004) ได้ศึกษาการแช่กล้วยในสารละลายออสโมติกต่างชนิดกันพบว่าการแช่กล้วยในสารละลายซูโครสร้อยละ 70 ผสมกลูโคสร้อยละ 30 มีปริมาณของแข็งที่ละลายเพิ่มขึ้นหลังผ่านการแช่สารละลายออสโมติกมากกว่าการแช่ในสารละลายซูโครสร้อยละ 50 ผสมกลูโคสร้อยละ 50 และสารละลายกลูโคสร้อยละ 100 ตามลำดับ สำหรับระดับการซึมผ่านของเมมเบรนจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวถูกละลายและ โครงสร้างของเมมเบรน โดยน้ำสามารถผ่านเซลล์เมมเบรนโดยหลักการ 2 หลักการ คือ การแพร่ผ่านชั้นไขมัน (lipid bilayer) และช่องทางการผ่านของน้ำเรียกว่า อควอพอริน (aquaporins) การยับยั้งการเกิดอควอพอรินได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นและขนาดของตัวถูกละลาย สรุปได้ว่าความเข้มข้น และชนิดของสารละลายเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำ การซึมผ่านของตัวถูกละลาย โดยวิธีการออสโมซิส (Behsnilian และ Spiess, 2006)

แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการอบแห้งและการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของผลไม้ เนื้อสัมผัส การดูดน้ำกลับและลักษณะปรากฏ นอกจากนี้ยังมี การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหาร และการเปลี่ยนแปลงสี เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอันเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้ง ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการเนื่องจากส่งผลต่อกลิ่นรส และสีของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการศึกษาถึงกลไก และวิธีการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจึงเป็นสิ่งสำคัญ

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning Reactions)

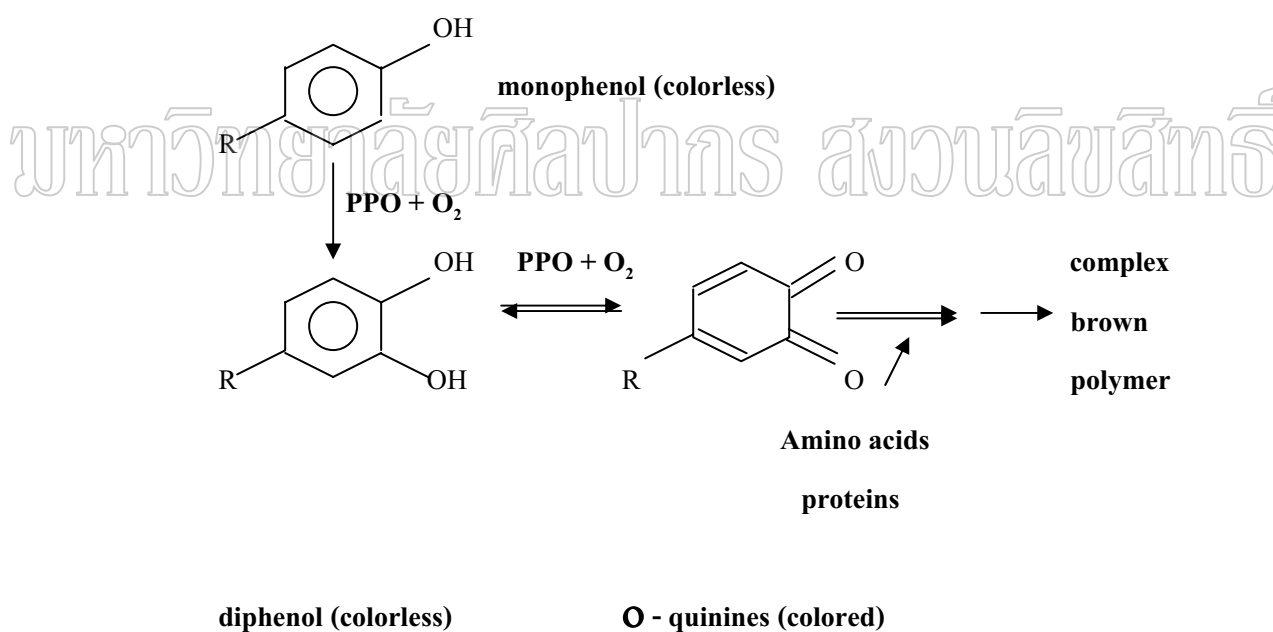
การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของผลไม้ที่ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ในระหว่างการอบแห้งมี 2 สาเหตุด้วยกันคือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning) และปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (non-enzymatic browning) ในขณะที่ปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จะเกิดในระหว่างการเก็บรักษา (Pott และคณะ, 2005)

อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นกับอุณหภูมิของการอบแห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณความชื้น เวลาในการให้ความร้อนและความเข้มข้นของสารตั้งต้น ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อความร้อนสูงขึ้น และเร็วขึ้นเมื่อมีน้ำตาลมากขึ้น โดยกลไกการเกิดสีน้ำตาลหลักๆ มี 2 กลไก คือปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เนื่องจากเอนไซม์ และปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่แบบไม่อาศัยกับเอนไซม์ (Eskin, 1997)

1. ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) จะพบมากในพืช และถูกเร่งด้วยออกซิเจน เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็น *ออร์โท-ไดฟีนอล (o-diphenol)* เปลี่ยนไป *ออร์โท-ควิโนน (o-quinone)* และเกิดโพลีเมอร์ให้เป็นสารสีน้ำตาล ดังแสดงในภาพที่ 3 สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ด้วยความร้อน โดยความคงตัวของเอนไซม์ต่อความร้อนขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสารตั้งต้น หรือการใช้สารรีดิวซ์ สารแอนติออกซิแดนซ์ และสารยับยั้งเอนไซม์ เป็นต้น

นอกจากนี้การใช้กรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้น 250 mg/kg ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.5 พบว่าน้ำมะม่วงพร้อมเนื้อที่มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส 11.9 unit/min/ml ในขณะที่การเติมกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 500 และ 1000 mg/kg มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส 7.1 และ 5.4 unit/min/ml ตามลำดับ (Guerrero Beltran และคณะ, 2005) ซึ่งกรดแอสคอร์บิกจะไปรีดิวซ์ *ออร์โท-ควิโนน* ไปเป็น *ไดฟีนอล* ที่ไม่มีสี



ภาพที่ 5 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

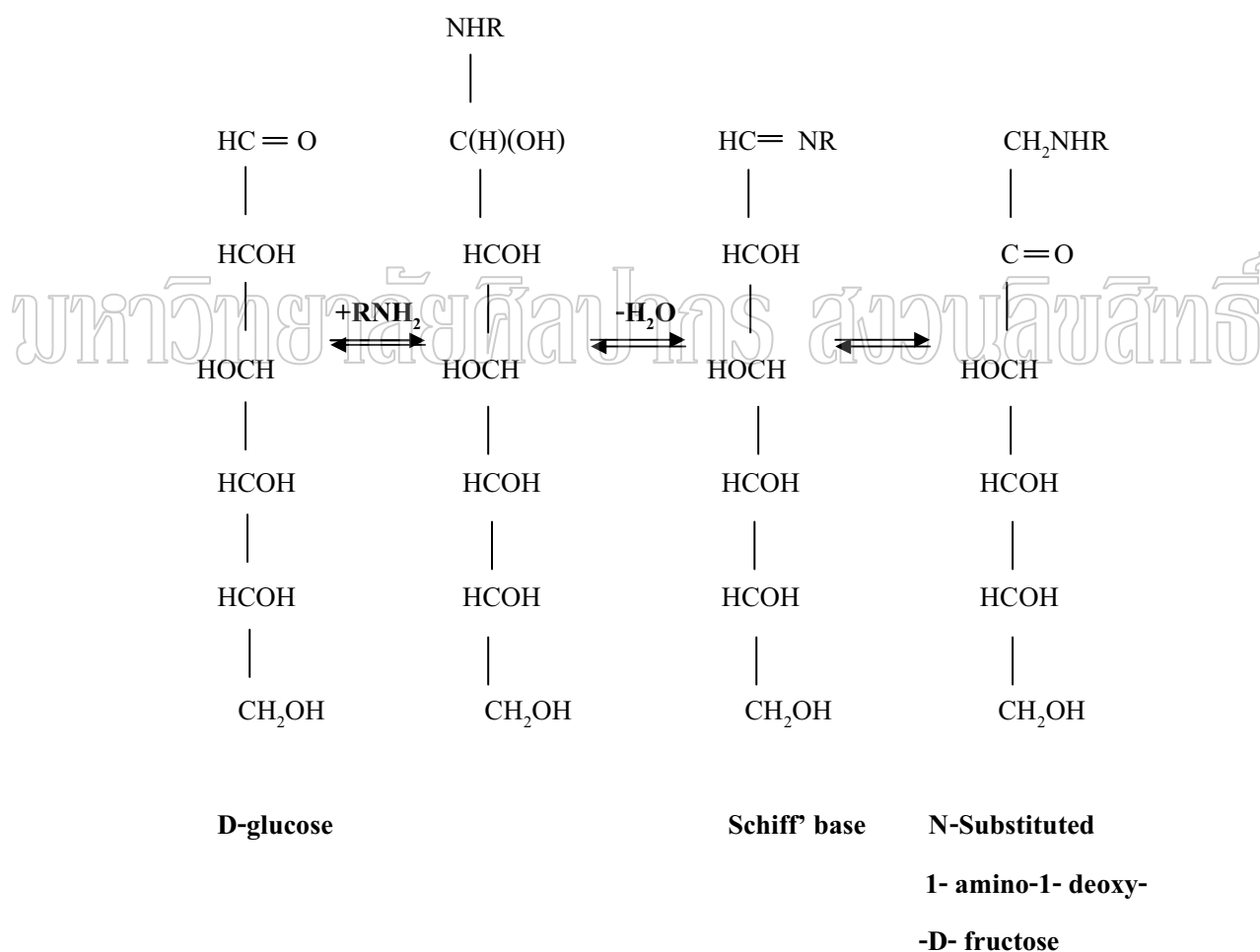
ที่มา : Sapers 1993 อ้างโดย นิธิยา (2545)

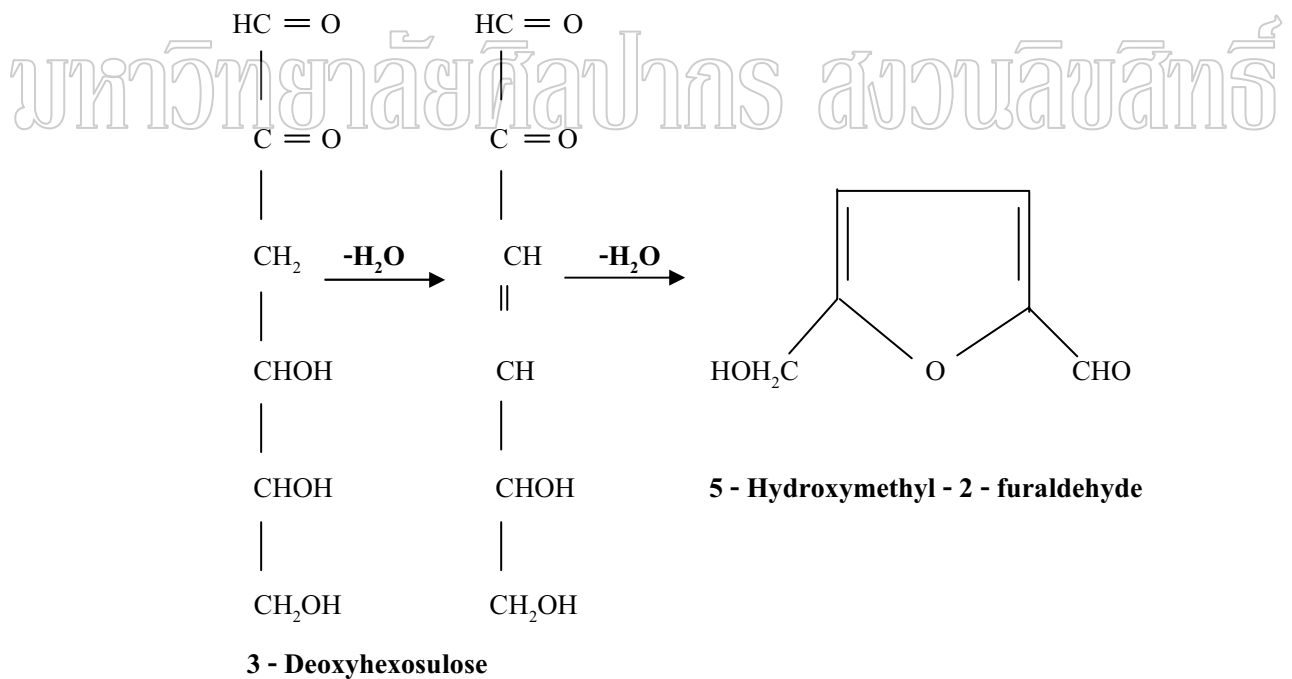
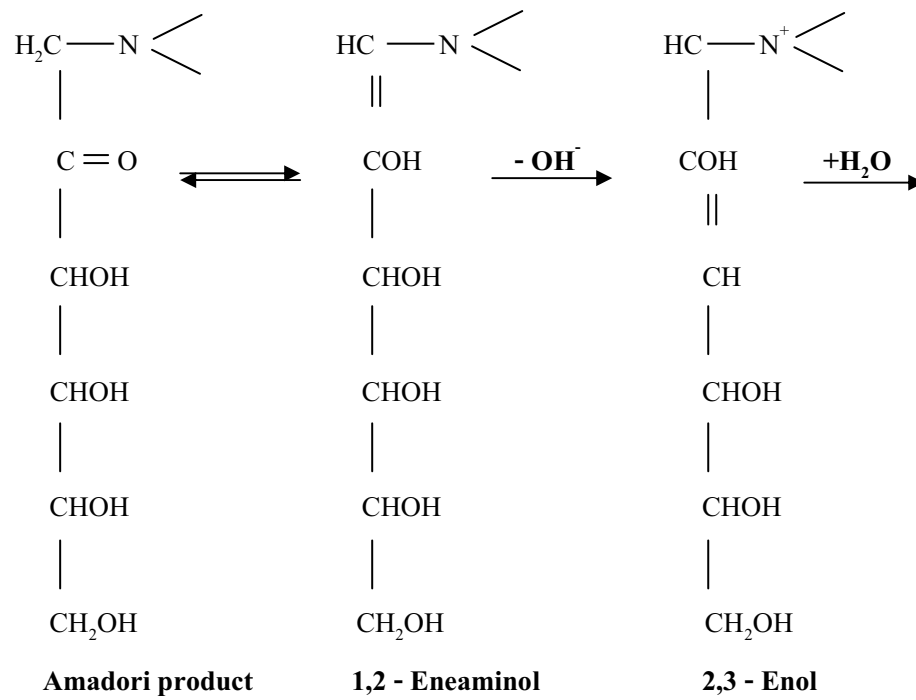
การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ ไม่ให้เกิดขึ้นในผักและผลไม้บางชนิดทำได้โดยการลวก เพื่อยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส แต่วัตถุดิบบางชนิดหากนำไปลวกจะมีผลกระทบต่อกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ผลไม้และหัวหอม

2.ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์

2.1 การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction)

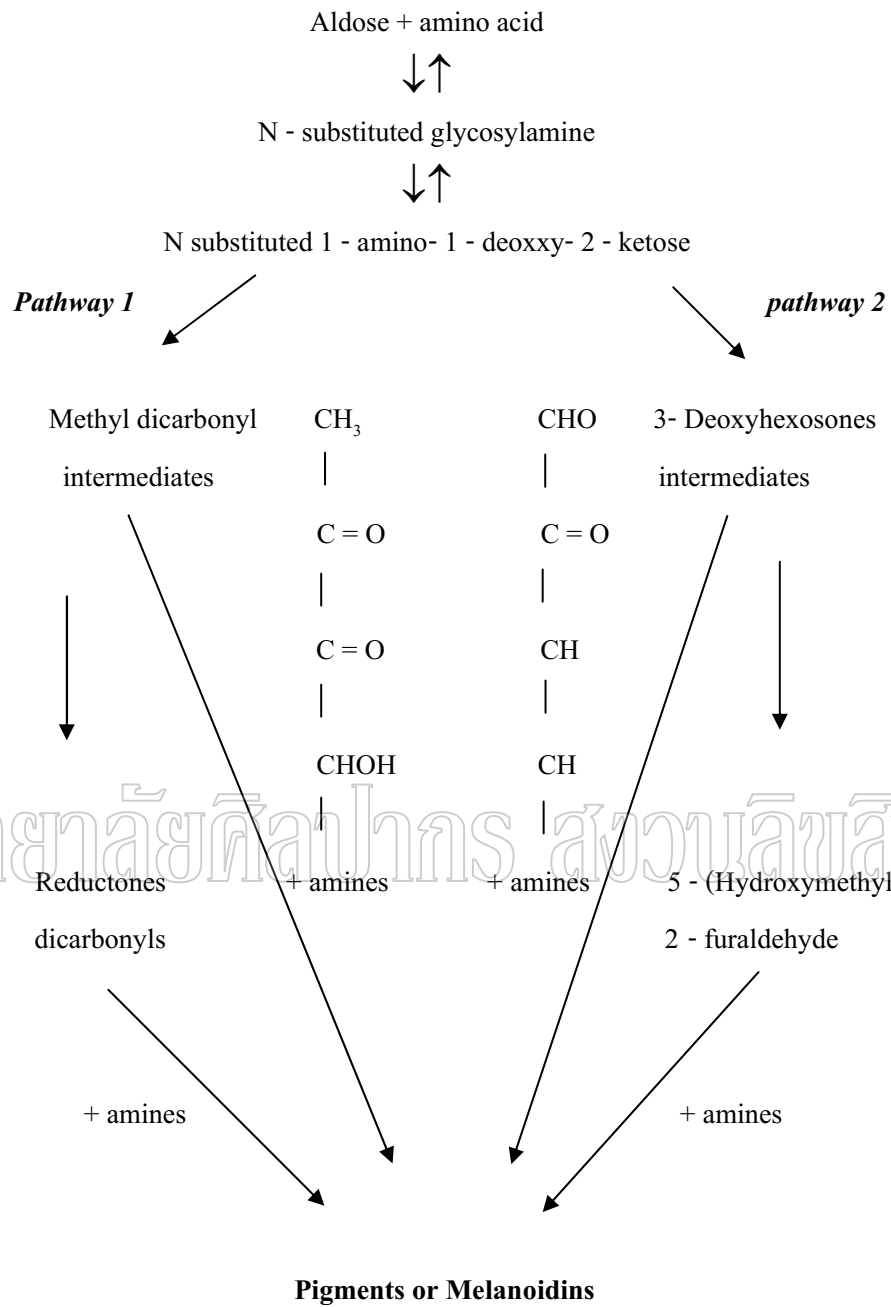
ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิซ (Miao และ Roos, 2005) ทำให้เกิดสารอินเทอร์มีเดียทเป็น 5-ไฮดรอกซีเมทิล-2-เฟอร์ลดีไฮด์ (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde หรือ HMF) และสุดท้ายเกิดสารให้สี (Torun, 2004) ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7 และพบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี และอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ของพริกไทยบดในระหว่างการเก็บรักษา (GoGus และ Eren, 1998)





ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยามอลดาร์ด์

ที่มา : ดัดแปลงจาก Fennema (1996)

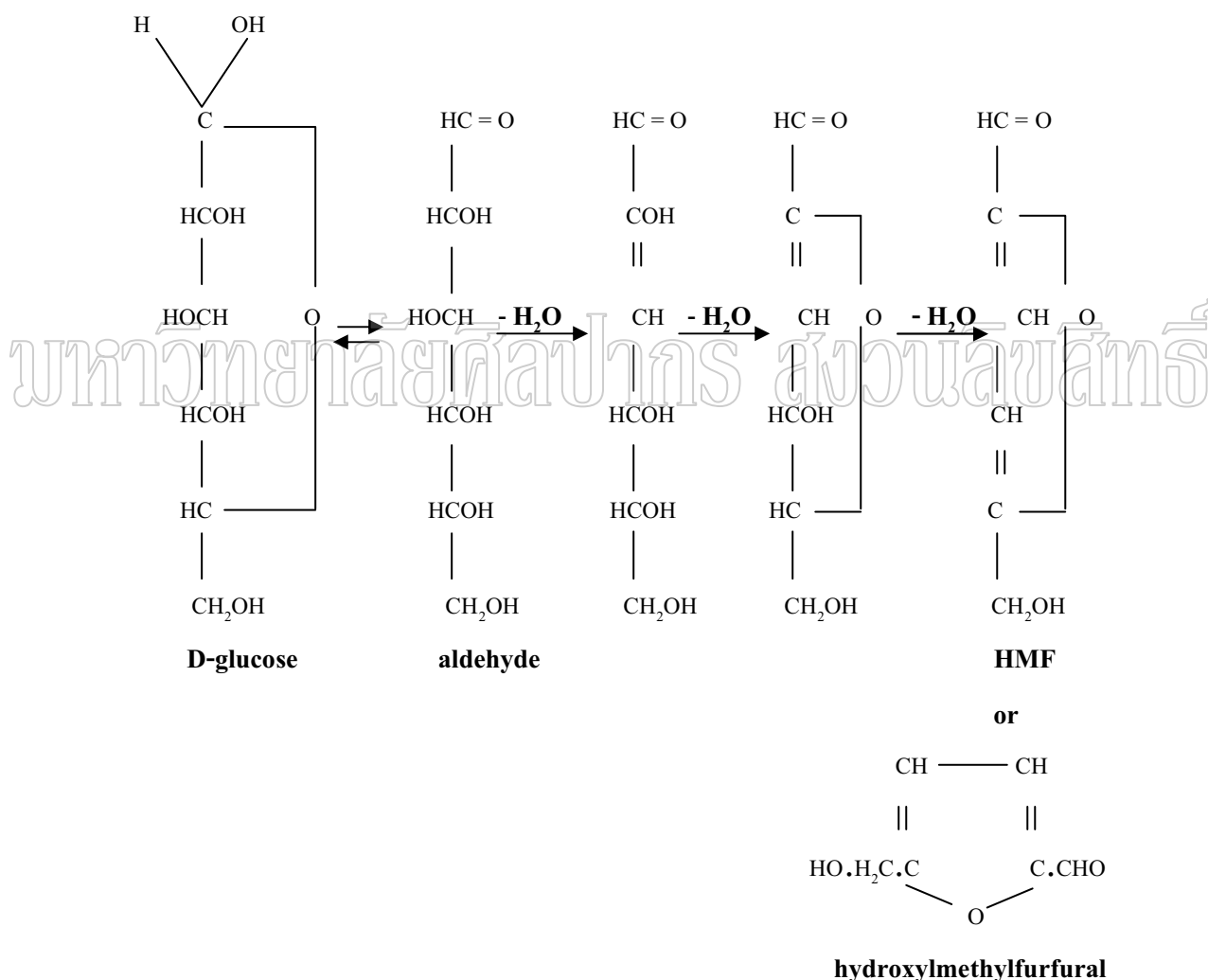


ภาพที่ 7 กลไกการเกิดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin)

ที่มา : Eskin และคณะ (1997)

2.2 การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (caramelization reactions)

การเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากน้ำตาลเมื่ออยู่ในสถานะอุณหภูมิสูงและเกิดการสูญเสียน้ำโดยไม่มีสารประกอบพวกอะมิโนหรือโปรตีน น้ำตาลบริสุทธิ์จะเกิดคาราเมลไลเซชันอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มีตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้ คือ phosphate, alkalis, acids และเกลือของกรดคาร์บอกซิลิก เช่น citrate, fumarate, tartrate, และ malate สำหรับกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็นที่ทราบกันว่าคล้ายกับการเกิดสีน้ำตาล ระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน เปลี่ยนเป็น enolization dehydration และแตกตัวเป็น HMF (Berk, 1976) แสดงดังภาพที่ 8

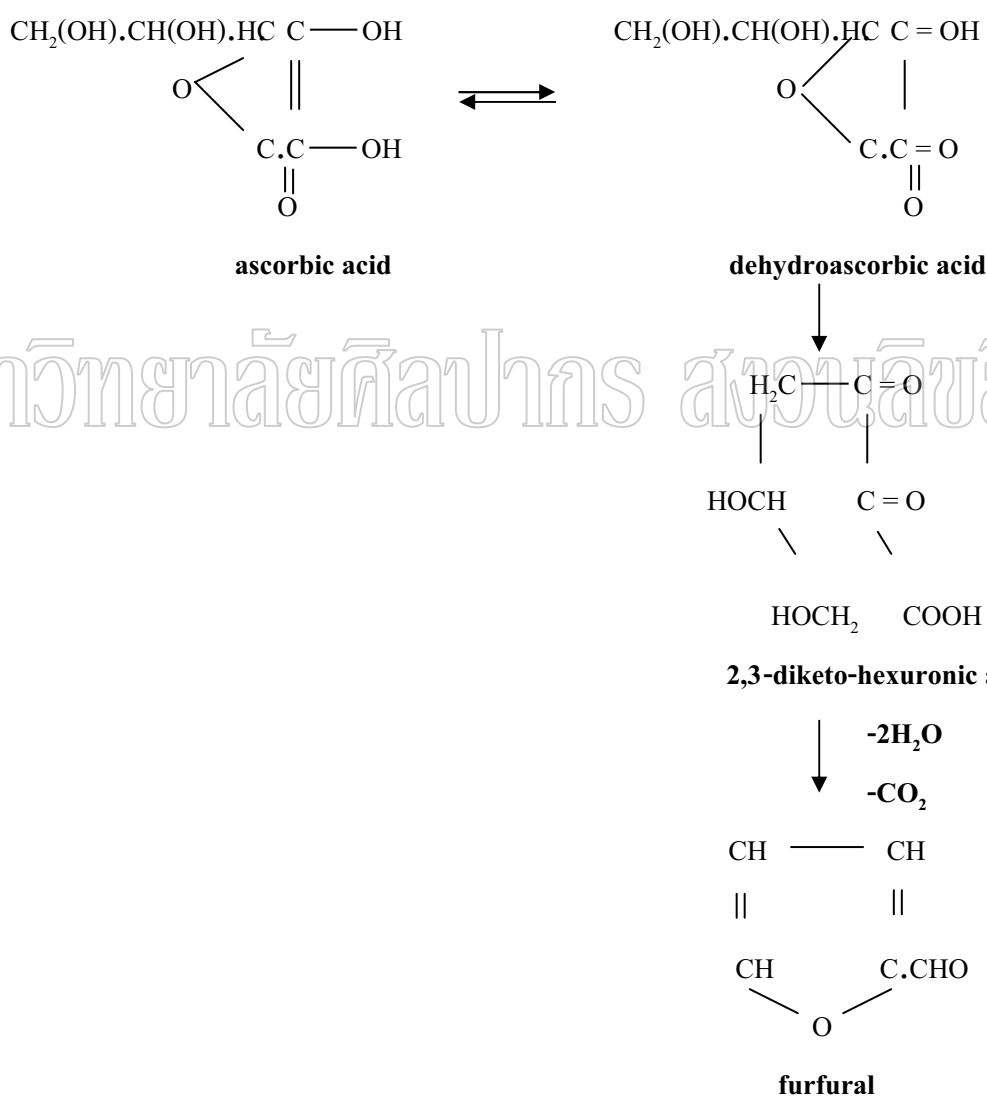


ภาพที่ 8 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน

ที่มา : Braverman (1963)

2.3 การเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid browning)

จากการศึกษาของธีรวัลย์ และคณะ (2545) พบว่าน้ำมะม่วงพร้อมเนื้อพันธุ์สามปีที่ผ่านมา กรดแอสคอร์บิกสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ได้เนื่องจากปฏิกิริยาการแตกตัวของกรดแอสคอร์บิก เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก หรือ ไดคีโตกลูโรนิก แอซิด ซึ่งจะปฏิกิริยาตั้งต้นไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ต่อไป (Eskin, 1997) ดังแสดงในภาพที่ 9 ซึ่งการแตกตัวของกรดแอสคอร์บิกเกิดเนื่องจากการเกิดออกซิเดชัน (Burdurlu และ Karadeniz, 2003)



ภาพที่ 9 กลไกการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก

ที่มา : Braverman (1963)

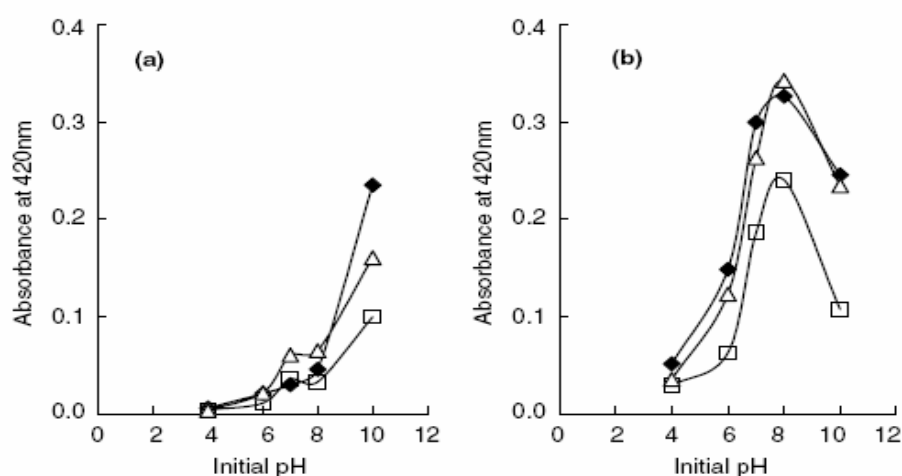
การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยานี้มีหลายปัจจัยด้วยกันคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ออกซิเจน ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และสารตั้งต้น (นิธิยา, 2545)

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง

สำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์นั้นเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสามารถทำงานได้ดีที่ 5-7 สำหรับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้งมีค่าความกรด-ด่างเท่ากับ 3-4 ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และจากการศึกษาของ Saengnil และคณะ (2005) พบว่าศึกษากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในลิ้นจี่ที่แช่ด้วยกรดออกซาลิก ไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.2 เนื่องจากกรดออกซาลิกจะไปจับกับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสป้องกันการเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้การใช้กรดซิตริกจะช่วยยับยั้งกิจกรรมโพลีฟีนอลออกซิเดสในลำไยทั้งผลได้เช่นกัน (Pongsakul และคณะ, 2004)

สำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์สามารถเกิดได้ดีในช่วงที่เป็นด่าง ซึ่งจากการศึกษาของ Oh.S.H และคณะ (2006) ในสารละลายน้ำตาล และน้ำตาล-ไกลซีน ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 10 และ 8 สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้ดีที่สุด ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การเกิดสีน้ำตาลของสารละลายน้ำตาลที่ปราศจากการเติมไกลซีนและเติมไกลซีน หลังจากการฉายรังสี 30 kGy, (a) สารละลายน้ำตาลปราศจากการเติมไกลซีน และ (b) สารละลายน้ำตาลที่เติมไกลซีน, (□) กลูโคส, (△) ฟรุคโตส และ (◆) ซูโครส

จากการศึกษาของ GOGUS และ Eren (1998) พบว่าในพริกไทยบดที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าจะมีอัตราการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมากกว่าที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า

2. อุณหภูมิ

สำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์นั้นพบว่าเอนไซม์สามารถทำลายได้อย่างสมบูรณ์ที่ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป (นิธิยา, 2545) Chutintrasi และ Noomhorm (2006) ได้ทำการศึกษาระดับของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำสับประดพร้อมเนื้อ (Pineapple puree) พบว่าการให้อุณหภูมิที่สูงกว่า 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เหลืออยู่ร้อยละ 7 และการให้อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เหลือเพียงร้อยละ 1.2 ซึ่งในกระบวนการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งนั้นมีการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที

การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงลดลง 50% โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18.8 นาที ในขณะที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียสจะใช้เวลาน้อยกว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Aroga และคณะ, 1998)

Cais และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของนมสเตอริไรซ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 8 และ 20 องศาเซลเซียส พบการเปลี่ยนแปลงของ HMF เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งปริมาณ HMF ของนมที่เก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส มีปริมาณเพิ่มมากกว่าการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็น 2 เท่า เช่นเดียวกับการศึกษาอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาพริกไทยบดพบว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จะมีปริมาณสูงขึ้นไปด้วยเช่นกัน (GoGus และ Eren, 1998)

ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาอุณหภูมิที่สามารถทำลายกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ทั้งหมด ส่วนปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์นั้นจะมีอัตราการเกิดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นหากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ได้

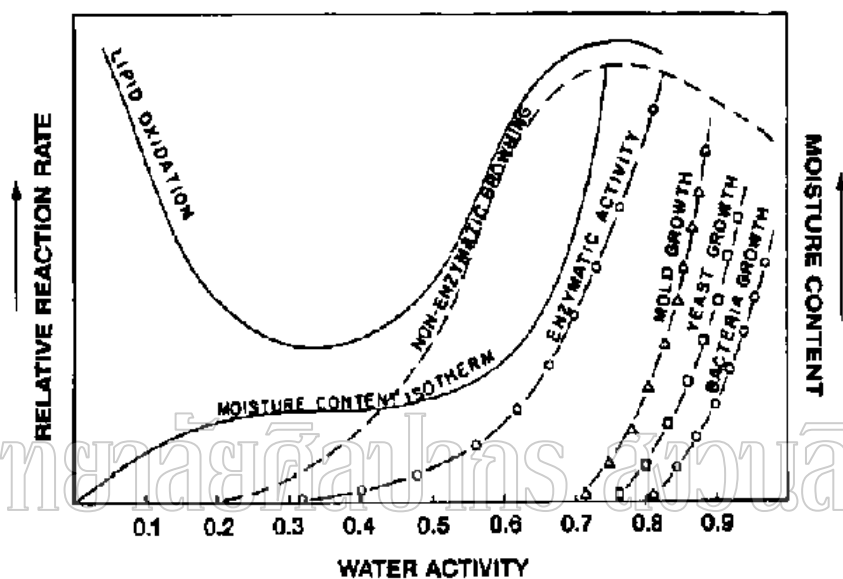
3. สารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา

อัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสารตั้งต้นด้วย เช่น น้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าน้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอนมากกว่า และกรดอะมิโนจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่ากรดอะมิโนที่มีความเป็นกรด (Acidic amino acid)

ในสถานะที่ไม่เป็นบัฟเฟอร์พบว่าฟรุกโตสจะทำปฏิกิริยาน้ำตาลได้ดีกว่ากลูโคส แต่ในสถานะที่เป็นบัฟเฟอร์ฟรุกโตสจะเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลได้ช้ากว่าน้ำตาลซูโครส (Davies และ Labuza, 2003)

4. วอเตอร์แอกติวิตี้

ความสัมพันธ์ของค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ต่อการทำงานของเอนไซม์และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นไป ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของอัตราการเสื่อมเสียของอาหารกับค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

จากภาพที่ 11 จะเห็นว่าที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ต่ำกว่า 0.3 ผลึกน้ำตาลก่อนข้างจะมีความคงตัวต่อการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์และไม่อาศัยเอนไซม์ที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ รวมถึงการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย แต่เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้มีค่าเพิ่มไปทางด้านขวามือพบว่าการเสื่อมเสียเนื่องจากสาเหตุต่างๆ จะเกิดได้ดีเพิ่มมากขึ้นด้วย ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่สูงจะเพิ่มการเคลื่อนที่ของสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา แต่ถ้ามีค่าสูงเกินไปจะไปเจือจางความเข้มข้นของสารตั้งต้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาช้าลง โดยค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในช่วง 0.6 - 0.7 จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้ดีที่สุด (Burdurlu and Karadeniz, 2002) และกิจกรรมของเอนไซม์จะเกิดได้ช้าลงเมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้สูงกว่า 0.8 (Fontana, 1998)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้กับการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากเอนไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมีจะแตกต่างกัน ซึ่งน้ำจะสามารถทำปฏิกิริยากับอาหาร โดยจะไปไฮเดรท (hydrate)

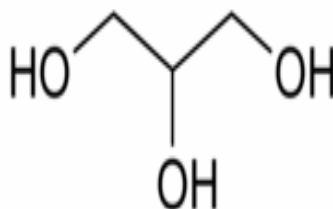
ความเป็นขั้วหรือกลุ่มของอออน มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาซึ่งจะไปละลายและทำให้สารที่จะทำปฏิกิริยาเกิดการเคลื่อนที่อีกทั้งยังไปทำให้โพลิเมอร์เกิดการพองตัวเพิ่มพื้นที่ในการทำปฏิกิริยา และเพิ่มการแพร่ผ่านของสารทำปฏิกิริยา (Maltini, 2003) ดังนั้นการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

4.1 การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้ง

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Water activity, a_w) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยนั้นสามารถใช้สารดูดความชื้นทดแทนน้ำตาลในการเตรียมสารละลายออสโมติก (osmotic solution) ซึ่งสารที่ใช้ในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ที่น่าสนใจคือกลีเซอรอล และซอร์บิทอล

4.1.1 กลีเซอรอล

กลีเซอรอลหรือกลีเซอริน (glycerine) เป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความหวานประมาณ 0.6 – 0.7 เท่าของน้ำตาลซูโครส จัดเป็นสารประกอบประเภทไตรไฮดริกแอลกอฮอล์ (trihydric alcohol) มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 สูตรโครงสร้างทางเคมีของกลีเซอรอล

ที่มา : <http://en.wikipedia.org>

นิษณา (2548) ได้ทำการศึกษาการใช้สารกลีเซอรอล (glycerol) เพื่อลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งแบบน้ำตาลต่ำ โดยศึกษาความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่ร้อยละ 5 10 15 และ 20 ซึ่งพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 สามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ได้ต่ำที่สุด แต่เมื่อทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคแล้วกลับพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะชอบผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มากที่สุด

Eichner และ Kerel (1997) ได้กล่าวว่าการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลจะทำให้ค่าแอมเตอร์แอกติวิตีต่ำลง แต่การเกิดสีน้ำตาลอาจจะสูงขึ้นเมื่อค่าแอมเตอร์แอกติวิตีต่ำ เนื่องจากความหนืดของอาหารลดลงจึงทำให้สารตั้งต้นเข้ามาทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น (Mayino, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Davies และ Labuza (2003) ทำการศึกษาการใช้กลีเซอรอลในการผลิตขนมขบเคี้ยวพบว่าที่ค่าแอมเตอร์แอกติวิตีต่ำ การใช้กลีเซอรอลสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดี

4.1.2 ซอร์บิทอล

เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่สามารถดูดความชื้นได้ และมีความหวานเป็นร้อยละ 50 ของน้ำตาลซูโครส ซึ่งมีการใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหารควบคุมน้ำหนักและในอาหารกระป๋อง สำหรับในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และลูกกวาดจะใช้รูปสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 70 ในปริมาณร้อยละ 5-10 เพื่อให้เกิดเนื้อสัมผัสที่นุ่มและชุ่มชื้น

จากการศึกษาของ Behsnilian และ Spiece (2006) พบว่าการใช้ซอร์บิทอลสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นแคโรทได้ดีกว่าการใช้ซูโครสแต่ใกล้เคียงกับกลูโคส เนื่องจากมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าซูโครสและใกล้เคียงกับกลูโคส จึงช่วยลดค่าแอมเตอร์แอกติวิตีได้ดีกว่าซูโครสนั่นเอง และจากการศึกษา Davies และ Labuza (2003) พบว่าการใช้ซอร์บิทอลผลิตขนมขบเคี้ยวจะสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ทุกช่วงค่าแอมเตอร์แอกติวิตี เนื่องจากความหนืดสูงจึงเกิดการเคลื่อนที่ของสารตั้งต้นได้ไม่ดีจึงทำให้การเกิดปฏิกิริยาได้ไม่ดี

อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้สารลดค่าแอมเตอร์แอกติวิตีดังกล่าว เพื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ อันได้แก่ กลิ่นรส (flavour) ของสารลดค่าแอมเตอร์แอกติวิตีที่ใช้ เช่น การใช้เกลือหรือน้ำตาลซึ่งเป็นที่นิยมในอาหาร อาจก่อให้เกิดรสชาติที่เค็มหรือหวานจนเกินไป ความเป็นพิษ (toxicity) โดยสารประกอบนั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ณ ระดับความเข้มข้นที่มีการอนุญาตให้ใช้ในอาหาร นอกจากนี้แล้วสารดังกล่าวจะต้องไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์อาหาร อันได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (นิธิยา, 2545)

5. ออกซิเจน

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์จะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจน และการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบต่างๆ เช่น รงควัตถุ วิตามินในผลไม้ ทำให้เกิดสารตั้งต้นที่สามารถไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้สารประกอบที่มีสีน้ำตาล ดังนั้นการลดการสัมผัสกับอากาศของผลิตภัณฑ์สามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้

5.1 การลดการสัมผัสออกซิเจนของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บอบแห้ง

วิธีการลดการสัมผัสออกซิเจนของผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในปัจจุบันวิธีหนึ่งการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ด้วยสารเคลือบที่สามารถรับประทานได้ ซึ่งสารเคลือบเหล่านี้สามารถเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของความชื้น เป็นตัวกลางสำหรับสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันหรือวัตถุดิบเสียต่างๆ และสารบางชนิดสามารถเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดี เช่น เพคติน และคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส

5.1.1 เพคติน

เพคตินเป็นสารที่ได้มาจากพืช โดยมีองค์ประกอบหลัก คือกรดเพคตินิก (pectinic acid) ซึ่งเกิดจากกรดโพลีกาแลคทูโรนิก (Polygalacturonic acid) สร้างพันธะเอสเทอร์กับเมทานอล เพคตินสามารถละลายน้ำได้ อีกทั้งยังสามารถสร้างเจลได้ในสภาวะที่เหมาะสม ในทางการค้าเพคตินมี 2 ประเภทคือ ไฮเมทอกซิลเพคติน (High methoxyl pectin: HM-pectin) และโลเมทอกซิลเพคติน (Low methoxyl pectin: LM-pectin) โดยทำการแบ่งแยกประเภทตาม degree of methylesterification (DE) ซึ่งหมายถึงเปอร์เซ็นต์ของจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟด์

High methoxyl pectin มีค่า DE ร้อยละ 50 ขึ้นไป โดยในทางการค้าจะมีค่า DE อยู่ในช่วง ร้อยละ 55-75 ซึ่งการเกิดเจลของ HM-pectin นั้นต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) และค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สมดุล

Low methoxyl pectin มีค่า DE ต่ำกว่า ร้อยละ 50 โดยในทางการค้าจะมีค่า DE อยู่ในช่วงร้อยละ 20-40 สำหรับ LM-pectin ที่มีการ deesterification ด้วยแอมโมเนียจะเรียกว่า amidated LM-pectin ซึ่งการเกิดเจลต้องอาศัยแคลเซียมในการสร้างเจล

นอกจากคุณสมบัติของเพคตินข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วเพคตินที่นำมาเคลือบผิวผลิตภัณฑ์นั้นจะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของออกซิเจน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้อีกด้วย (วันวิสาข์, 2535)

5.1.2 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose: CMC)

เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสอีเทอร์ที่อยู่ในรูปเกลือ โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เป็นพอลิเมอร์ชนิดประจุลบที่ละลายได้ในน้ำ คุณสมบัติของ CMC แต่ละชนิดจะผันแปรไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของการแทนที่ นอกจากนี้สมบัติของ CMC แต่ละชนิดยังขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ความสามารถในการดูดน้ำ และความหนืดของสารละลายอีกด้วย Degree of substitution (DS) เป็นจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลของแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose) ซึ่งจะถูกแทนที่ด้วยหมู่คาร์บอกซิล CMC ที่มี DS 0.3 หรือต่ำกว่าจะละลายได้ในน้ำและไม่ละลายน้ำ และจะเริ่มละลายในน้ำเมื่อมี DS ตั้งแต่ 0.45 ขึ้นไป สำหรับความหนืดของ

สารละลาย CMC จะขึ้นอยู่กับ degree of polymerization (DP) ถ้ามีค่า DP สูง จะทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของ CMC อีกด้วย

โดยทั่วไป CMC จะมีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4-10 แต่จะให้ค่าความหนืดสูงสุดและมีความคงตัวดีที่สุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7-9 ค่าความหนืดของ CMC จะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ CMC ยังสามารถนำมาทำเป็นฟิล์มใสและมีความแข็งแรง (นิธิยา, 2549)

Miller และ Krochta (1997) ศึกษาการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน พบว่าฟิล์มประเภทเซลลูโลสจะกั้นการซึมผ่านของก๊าซ เช่น เมทิลเซลลูโลส (methylcellulose: MC) ยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านได้ $97 \text{ cm}^3 \cdot \mu\text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{d.kPa})$ ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ในขณะที่โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high-density polyethylene: HDPE) ซึ่งใช้เป็นภาชนะบรรจุในระหว่างการเก็บรักษาในอุตสาหกรรมผักและผลไม้บ่มแห้งโดยทั่วไปยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านได้มากกว่า คือ $427 \text{ cm}^3 \cdot \mu\text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{d.kPa})$ ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 (Miller และ Krochta, 1997)

จากการศึกษาการเคลือบผิวสตอร์เบอร์รี่สดด้วยสารละลายคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 1 จะสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของสตอร์เบอร์รี่ให้ช้าลงได้ ซึ่งยังสามารถช่วยลดการสูญเสีย น้ำของสตอร์เบอร์รี่ได้อีกด้วย เนื่องจากป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ (ศิริโสภา และคณะ, 2008) การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารละลายคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 1 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ (Plotto และคณะ, 2004)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ดิบที่จะนำศึกษาจะมาจากจังหวัดราชบุรี เพื่อลดผลของปัจจัยอื่นๆ เช่นคุณภาพของดิน สภาพภูมิอากาศ และการให้น้ำ เป็นต้น และคัดที่เขียวแก่จัด ขนาดสม่ำเสมอ ปราศจากโรค ที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะคัดความแก่ด้วยการจมน้ำ (เลือกมะม่วงที่จมน้ำมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 ซึ่งวิธีที่ใช้นี้เป็นวิธีที่ปฏิบัติกันทั่วไปในโรงงานในการคัดเลือกวัตถุดิบ จากนั้นนำมะม่วงดิบมาทำการบ่ม โดยนำมะม่วงจุ่มในสารละลายเอทิลฟอน 4 มิลลิลิตรต่อน้ำ 10 ลิตร นาน 1 นาที แล้วนำมาผึ่งลมให้แห้ง แล้วจึงนำไปบ่ม จนกระทั่งมะม่วงสุกพอเหมาะสำหรับผลิต โดยพิจารณาค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 15.33 ± 0.52 ซึ่งเป็นระดับความสุกที่สอดคล้องกับที่ปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรม

3.2 สารเคมี

ชื่อสามัญ	ยี่ห้อ
Sucrose	Mithpol
Glycerine	P & G Chemical
Sorbitol	Siam sorbitol
Citric acid monohydrate	WFC
Sodium ascorbate (Na-As)	Siam-phama
Carboxymethyl cellulose (CMC)	TPC
High methyl pectin (HM-P)	Nutririon
Acetic acid	JT
95% Ethanol	Merck
Trichloroacetic acid	Merck
2-Thiobabituric acid	Fluka
5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde	Fluka
Sodiumphosphate monobasic	Ajax

Sodium phosphate dibasichydrate	Ajax
4-methylcatechol	Fluka
Sodium hydroxide	Merck
Hydrochloric acid	Fluka
Copper sulphate	Fluka
Potassium sodium tartrate	Fluka
Methylene blue	Fluka
Polyvinylpyrrolidone	Fluka

3.3 อุปกรณ์

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

(รุ่น Geneys -10 UV/VIS Thermo Spectronic, USA)

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

(รุ่น Geneys - 20 Thermo Spectronic, USA)

มาตรวัดดัชนีหักเห (Hand refractometer)

(Atago Co.Ltd., Japan)

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

(รุ่น PHM 210 Metro Lab, France)

เครื่องเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ (Refrigerated centrifuge)

(รุ่น Sorvall RC 6 N.Y.R, USA)

เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge)

(รุ่น Universal 16 บริษัท Hettich, Germany)

เครื่องปั่นผสม (Homoginizer)

(รุ่น UltraTurrax T25 Basic, Malasia)

ตู้อบสูญญากาศ (Vacuum oven)

(รุ่น Vacucell 22, Germany)

มาตรเทียบสี (Colorimeter)

(รุ่น Miniscan XE Plus Hunter Lab, USA)

เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง

(รุ่น BP 221S Sartorius, Germany)

เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ 2 ตำแหน่ง

(KERN & Sohn GmbH D-72336, Balingen, Germany)

เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (รุ่น Thermoconstanter TH 200 Novasina, Switzerland)

Texture Analyzer (Stable Micro systems รุ่น TA-XT2i บริษัท Charpa Techcenter Co, LTD., England)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ

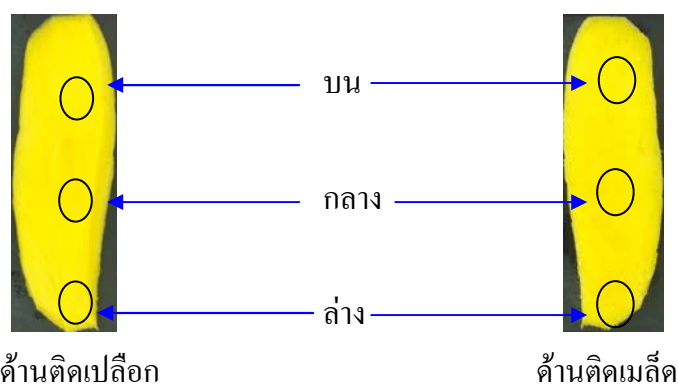
วิเคราะห์คุณภาพเริ่มต้นของมะม่วงสุก ก่อนการอบแห้ง โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

-ความแน่นเนื้อของมะม่วงสุกทั้งผล โดยใช้ texture analyzer (TA-XT2i, Stable Micro Systems, UK) โดยการนำมะม่วง 5 ผล มาวัดค่าแรงสูงสุด (กรัม) ด้วยหัววัดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ที่ระยะทางกดตัวอย่าง 8 มิลลิเมตร ความเร็วก่อนวัด 5 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะวัด 5 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหลังวัด 10 มิลลิเมตร/วินาที

-สีของเปลือก ในระบบ CIELAB วัดค่า $L^* a^* b^*$ (โดยที่ในระบบสี $L^* a^* b^*$ นี้ L^*

แสดงค่าความสว่าง a^* และ b^* บอกทิศทางของสี เช่น $+a^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีแดง $-a^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีเขียว, $+b^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีเหลือง และ $-b^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีน้ำเงิน) ด้วยมาตรเทียบสี โดยวัดสีเปลือกของมะม่วง 5 ผล โดยมะม่วง 1 ผล จะวัดค่าสี 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ส่วนบน กลาง และล่างผลมะม่วง (แสดงรายละเอียดมาตรฐานวัดสีดังกล่าวในภาคผนวก ก ข้อ 1)

-สีของเนื้อ ในระบบ CIELAB วัดค่า $L^* a^* b^*$ ด้วยมาตรเทียบสี โดยนำชิ้นมะม่วงจำนวน 5 ชิ้น ทำการวัดค่าสี 2 ด้าน ในแต่ละด้านวัด 3 ตำแหน่ง (บน กลาง และล่าง)



ภาพที่ 13 ตำแหน่งการวัดค่าสีชิ้นมะม่วงสุกก่อนนำไปแช่อบ

- ปริมาณความชื้นด้วยวิธี AOAC (2000) (แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก ข้อ 4)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) โดยใช้มาตรดัชนีหักเห (Atago Co.Ltd., Japan) (แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก ข้อ 9)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) โดยการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก ข้อ 2)
- คำนวณค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด/ ปริมาณกรดทั้งหมด (TSS/TA) เพื่อประมาณค่า Sugar-acid ratio
- วัดปริมาณน้ำตาล (Lane - Enal method แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก ข้อ 8)
- กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) (Zauberman และคณะ, 1991 แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก ข้อ 5)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3.2.2 การเตรียมผลไม้ก่อนแช่

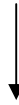
มะม่วงสุกที่ใช้ในการศึกษาทำการแช่และอบแห้ง กำหนดระดับความสุกโดยพิจารณาจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดคือ 15.33 ± 0.52 องศาบริกซ์

โดยนำมะม่วงสุกมาล้าง ปอกเปลือกแล้วมาทำการหั่นตามยาวของผลมะม่วงให้ได้ 5 – 6 ชั้นต่อผลให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ชิ้นมะม่วงที่หั่นแล้วให้นำไปล้างน้ำ จากนั้นนำชิ้นมะม่วงไปลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 99 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเนื้อมะม่วง 1:1 แล้วจึงนำไปแช่ตามขั้นตอนในข้อ 3.2.3

3.2.3 ขั้นตอนทั่วไปในการผลิตมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่อบแห้ง

ในการศึกษานี้ได้ผลิตมะม่วงแช่อบแห้งตามขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 14

มะม่วงสุกหลังลวก (จากข้อ 3.2.2)



แช่สารละลายออกสโมติกดังแสดงในตารางที่ 1
ที่ผ่านการให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



เทสารละลายออกสโมติกออก



ล้างผิวมะม่วงด้วยน้ำเปล่า



วางเรียงบนตะแกรงสแตนเลส



อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส
จนผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.6 – 0.7

ภาพที่ 14 กระบวนการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

ตารางที่ 1 สารละลายออสโมติกที่ใช้ในการศึกษา

สิ่งทดลอง	สูตรสารละลายออสโมติก	pH
control	สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์	3.0
gly 10%	สารละลายกลีเซอรอล 10% + ซูโครส = 30 องศาบริกซ์	3.0
gly 20%	สารละลายกลีเซอรอล 20% + ซูโครส = 30 องศาบริกซ์	3.0
sor 10%	สารละลายซอร์บิทอล 10% + ซูโครส = 30 องศาบริกซ์	3.0
sor 20%	สารละลายซอร์บิทอล 20% + ซูโครส = 30 องศาบริกซ์	3.0
sor 10% + gly 10%	สารละลายกลีเซอรอล 10% + ซอร์บิทอล 10% + ซูโครส = 30 องศาบริกซ์	3.0
sor 10% + gly 10% + Na-As 1%	สารละลายกลีเซอรอล 10% + ซอร์บิทอล 10% + ซูโครส = 30 องศาบริกซ์ + Na-As 1%	3.0 ก่อนเติม Na-As 1%

3.2.4 ศึกษาผลของการใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลในกระบวนการแช่ อิมมูโนคูล์ทิมมิ่งมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์หลังการอบแห้ง

นำมะม่วงอบแห้งมาวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณความชื้นด้วยวิธี AOAC (2000) Water activity ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดปริมาณน้ำตาล (Lane - Enal method) สี ในระบบ CIELAB วัดค่า $L^*a^*b^*$ ด้วย Colorimeter กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) คัดแปลงจากวิธีการของ Zauberman และคณะ (1991) (ภาคผนวก ก ข้อ 5) ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล คัดแปลงจากวิธีการของ Baloch และคณะ (1973) (ภาคผนวก ก ข้อ 6) และวิเคราะห์หาปริมาณสาร 5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) คัดแปลงจากวิธีการของ Rattanathanalerk และคณะ (2005) (ภาคผนวก ก ข้อ 7) ในการวิเคราะห์ทางเคมีทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ complete randomize design (CRD) วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS Version 8 สำหรับ Windows เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's Range Procedure (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจำนวน 100 คน ด้วย 7 point hedonic scale ดังภาคผนวก ง โดยผู้ทดสอบเป็นผู้บริโภคริโภคทั่วไป และนำมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุดมาทำการศึกษาการเคลือบผิวด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ วาง

แผนการทดลองแบบ randomize complete block design (RCBD) วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS Version 8 สำหรับ Windows เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's Range Procedure (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.5 ศึกษา ผลของการใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลในกระบวนการแช่ อิมต่อการเปลี่ยนแปลงมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์หลังการอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

นำมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่อิมอบแห้งจากข้อ 3.2.4 บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนสีฟ้า และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 55 – 60) และนำมาวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณความชื้นด้วยวิธี AOAC (2000) Water activity ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดปริมาณน้ำตาล (Lane - Enal method) สี ในระบบ CIELAB วัดค่า $L^*a^*b^*$ ด้วย Colorimeter กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) คัดแปลงจากวิธีการของ Zauberman และคณะ (1991) (ภาคผนวก ก ข้อ 5) ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล คัดแปลงจากวิธีการของ Baloch และคณะ (1973) (ภาคผนวก ก ข้อ 6) และวิเคราะห์หาปริมาณสาร 5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) คัดแปลงจากวิธีการของ Rattanathanalerk และคณะ (2005) (ภาคผนวก ก ข้อ 7) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน ในการวิเคราะห์ทางเคมีทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ complete randomize design (CRD) วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS Version 8 สำหรับ Windows เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's Range Procedure (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับด้านสีและลักษณะปรากฏของตัวอย่างมะม่วงแช่อิมอบแห้งจำนวน 30 คน ด้วย 7 point hedonic scale ดังภาคผนวก ค โดยผู้ทดสอบเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แช่อิมอบแห้ง โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 30 60 และ 90 วัน วางแผนการทดลองแบบ randomize complete block design (RCBD) วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS Version 8 สำหรับ Windows เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's Range Procedure (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.6 การเคลือบผิวมะม่วงอบแห้งด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์

3.2.6.1 การเตรียมสารละลายคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose : CMC) ความเข้มข้นร้อยละ 1

นำคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส 10 กรัม มาละลายในน้ำ 1000 มิลลิลิตร จนสารละลายใสเป็นเนื้อเดียวกัน

3.2.6.2 การเตรียมสารละลายไฮเมททอกซิล เพคติน (High-methoxyl pectin : HM-P) ความเข้มข้นร้อยละ 2

นำคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส 20 กรัม มาละลายในน้ำ 1000 มิลลิลิตร จนสารละลายใสเป็นเนื้อเดียวกัน

ข้อควรระวังในระหว่างการเตรียมต้องเทสารไฮโดรคอลลอยด์ทีละน้อย และกวนสารละลายตลอดเวลาเพื่อป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อน

3.2.6.3 นำมะม่วงแช่เชื่อมอบแห้งที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุดจากข้อ 3.2.4 มาจุ่มในสารละลายนาน 1 นาที นำมาผึ่งบนตะแกรงสแตนเลส 1 นาทีเพื่อสะเด็ดสารเคลือบ และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

3.2.7 ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เชื่อมอบแห้งที่ไม่เคลือบ

ผิว และเคลือบผิวด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษา

นำมะม่วงอบแห้งที่เคลือบด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์จากข้อ 3.2.6 และ นำมาบรรจุด้วยถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนสีฟ้า และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 – 90) และอุณหภูมิห้อง (31 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 55 – 60) และนำมาวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณความชื้นด้วยวิธี AOAC (2000) Water activity ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดปริมาณน้ำตาล (Lane - Enal method) สี ในระบบ CIELAB วัดค่า L* a* b* ด้วย Colorimeter กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) คัดแปลงจากวิธีการของ Zauberman และคณะ (1991) (ภาคผนวก ก ข้อ 5) ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล คัดแปลงจากวิธีการของ Baloch และคณะ (1973) (ภาคผนวก ก ข้อ 6) วิเคราะห์หาปริมาณสาร 5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) คัดแปลงจากวิธีการของ Rattanathanalerk และคณะ (2005) (ภาคผนวก ก ข้อ 7) และวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน จากวิธีการของ Schuep และ Schierle(1997) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน ใน

การวิเคราะห์ทางเคมีทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำวางแผนการทดลองแบบ complete randomize design (CRD) วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS Version 8 สำหรับ Windows เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's Range Procedure (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับด้านสีและลักษณะปรากฏของตัวอย่างมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจำนวน 30 คน ด้วย 7 point hedonic scale ดังภาคผนวก ง โดยผู้ทดสอบเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แช่อิ่มอบแห้ง โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 30 60 และ 90 วัน วางแผนการทดลองแบบ randomize complete block design (RCBD) วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS Version 8 สำหรับ Windows เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's Range Procedur (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 คุณภาพทางเคมี และกายภาพของมะม่วงสดพันธุ์โชคอนันต์ก่อนการแช่ส้ม

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของมะม่วงสุกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสีของเปลือก ดังนี้ ค่าความสว่าง (L^*) 64.14 ± 4.15 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) 7.18 ± 2.13 ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 40.98 ± 4.68 และ สีของเนื้อมะม่วงหลังปอกมีค่าความสว่าง (L^*) 70.97 ± 1.57 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) 1.20 ± 2.60 ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 56.14 ± 1.57 โดยระดับความหวานของมะม่วงสุกที่นำมาใช้ในการแช่ส้มอบแห้ง พิจารณาจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าอยู่ในช่วง 15.33 ± 0.52 องศาบริกซ์ โดยเป็นช่วงความสุกของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำมะม่วงอบแห้ง ซึ่งมีค่าในช่วง 15 – 18 องศาบริกซ์ (Mahayothee, 2005) โดยความแน่นเนื้อของมะม่วงอยู่ในช่วง 9.13 – 12.32 กรัม ซึ่งความแน่นเนื้อของมะม่วงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ต้องทำการควบคุมเนื่องจากมีผลต่อการถ่ายเทมวลในระหว่างการแช่ส้มและการอบแห้งนั่นเอง (Chottanom และคณะ, 2007) โดยมะม่วงที่สุกเกินไปจะมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของมะม่วงนุ่มและหลังการลวก และหากมะม่วงดิบจนเกินไปจะมีผลความแน่นเนื้อแข็งเกินไปการซึมผ่านของน้ำตาลเข้าสู่ชิ้นมะม่วงจะเกิดได้ไม่ดี ทำให้คุณภาพของมะม่วงอบแห้งไม่เป็นที่ยอมรับ เช่น มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง หรือเหนียว เกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวเนื่องจากน้ำตาลไม่สามารถซึมผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อภายในได้ เป็นต้น

นอกจากนี้ น้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบในมะม่วงสุกประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสมีค่าร้อยละ 5.43 ± 0.04 น้ำตาลรีดิคัลร้อยละ 5.48 ± 0.31 และน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 11.21 ± 0.76 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีอื่นๆ ของมะม่วงสุกซึ่งใช้ในการทดลองครั้งนี้แสดงไว้ในตารางที่ 1 สำหรับลักษณะของวัตถุดิบมะม่วงสุกก่อนปอกเปลือก และหลังหั่นชิ้นแสดงดังภาพที่ 15



มะม่วงก่อนปอกเปลือก



มะม่วงหลังปอกเปลือก

ภาพที่ 15 ลักษณะมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ก่อนปอกและหลังปอกเปลือก

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์

ปัจจัยคุณภาพ	คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์
TSS, °Brix	15.33 ± 0.52
TA, mg/100g	0.35 ± 0.04
TSS/ TA (sugar-acid ratio)	44.88 ± 4.88
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.03 ± 0.05
น้ำตาลทั้งหมด (%)	11.21 ± 0.76
น้ำตาลซูโครส (%)	5.43 ± 0.44
น้ำตาลรีดิวิซ์ (%)	5.48 ± 0.31
อัตราส่วนระหว่างน้ำตาล ทั้งหมดต่อน้ำตาลซูโครส	2.06 ± 0.04
สีของเปลือก	
L*	64.14 ± 4.15
a*	7.18 ± 2.13
b*	40.98 ± 4.68

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์

ปัจจัยคุณภาพ	คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์
สีของเนื้อหลังปอก	
L*	70.97 ± 1.57
a*	1.20 ± 2.60
b*	56.14 ± 1.57
ปริมาณความชื้น (%)	77.40 ± 2.43
ความแน่นเนื้อ (g)	
บนของผล	11.59 ± 2.48
กลางของผล	12.32 ± 4.26
ท้ายของผล	9.13 ± 3.98

4.2 การเตรียมผลไม้ก่อนแช่

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ในขั้นตอนก่อนการแช่จะทำการลวกวัตถุดิบมะม่วงด้วยน้ำเดือดอุณหภูมิประมาณ 99 – 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อเนื้อมะม่วง 1:1 ซึ่งได้ทำการวัดอุณหภูมิน้ำก่อนลวกและอุณหภูมิในชั้นมะม่วงหลังลวกผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ในการลวกชั้นมะม่วงและอุณหภูมิเนื้อมะม่วงหลังผ่านการลวก

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
น้ำร้อนก่อนลวก	99.0±0.00
ในเนื้อมะม่วงหลังลวก	59.5±0.71

ตารางที่ 3 พบว่าอุณหภูมิในเนื้อมะม่วงในการศึกษานี้หลังผ่านการลวกมีอุณหภูมิต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส จึงมีแนวโน้มที่ยังไม่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ทั้งหมด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 ที่พบว่าการลวกด้วยน้ำอุณหภูมิ 99 องศาเซลเซียส ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงร้อยละ 63 Chutintrasi และ Noomhorm

(2006) ที่ได้ทำการศึกษาระดับยั้งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำสับประคพร้อมเนื้อ (Pineapple puree) พบว่าการให้อุณหภูมิที่สูงกว่า 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เหลืออยู่ร้อยละ 7 และการให้อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เหลือเพียงร้อยละ 1.2

ตารางที่ 4 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงสดก่อนและหลังการลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 99 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาทีด้วยอัตราส่วนของน้ำต่อเนื้อมะม่วง 1:1

ตัวอย่าง	PPO activity (units/g db)	% การลดลงของ PPO activity
เนื้อมะม่วงสดก่อนลวก	2.99±062	-
เนื้อมะม่วงสดหลังลวก	1.10±054	63.07

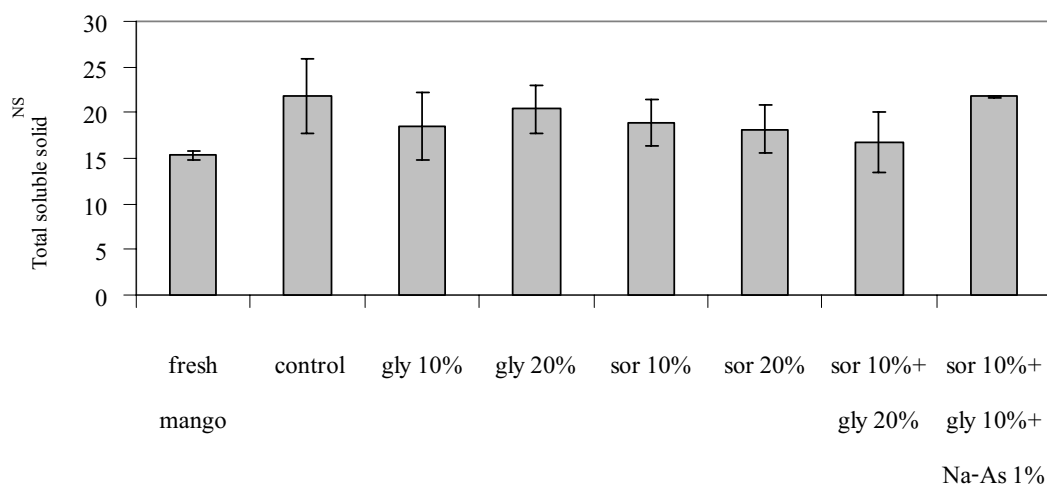
มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

4.3 วิธีการผลิตมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่อบแห้ง

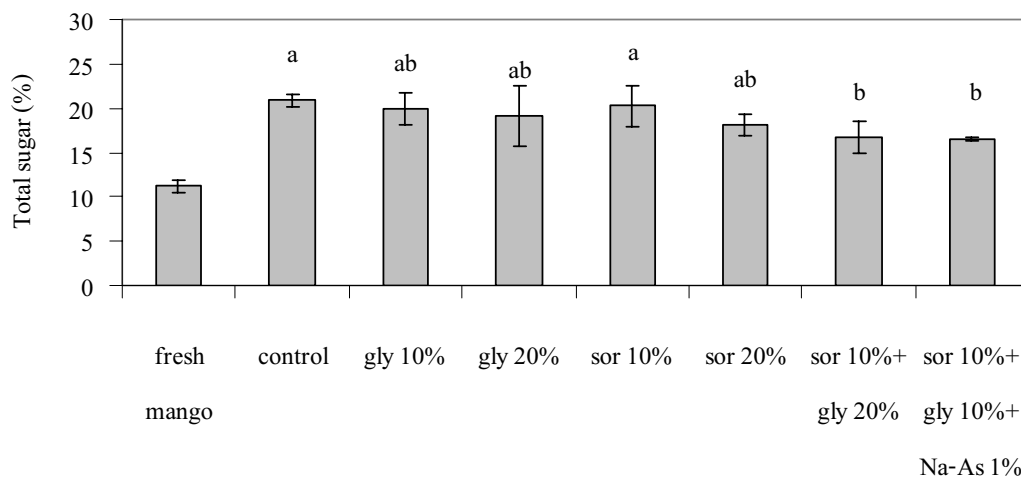
4.3.1 คุณลักษณะของมะม่วงก่อนและหลังแช่สารละลายออสโมติก

จากการศึกษาการแช่อบมะม่วงในสารละลายออสโมติก 7 ชนิดดังแสดงในข้อ 3.2.3 ตารางที่ 1 โดยสารละลายออสโมติกก่อนนำไปแช่ขึ้นมะม่วงจะถูกให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที แล้วจึงนำไปแช่ขึ้นมะม่วงนาน 3 ชั่วโมงก่อนนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของขึ้นมะม่วงก่อนและหลังแช่สารละลายออสโมติกดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวิซ์ น้ำตาลซูโครส อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมดต่อน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อบแห้งให้ลักษณะปรากฏหลังอบแห้งสม่ำเสมอ โดยถ้ามีค่าสูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะผิวเหนียวเยิ้มได้ ในขณะที่ค่าต่ำเกินไปจะทำให้ลักษณะผลิตภัณฑ์เกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวหน้าได้ในระหว่างการเก็บรักษา และค่าความเป็นกรด-ด่าง

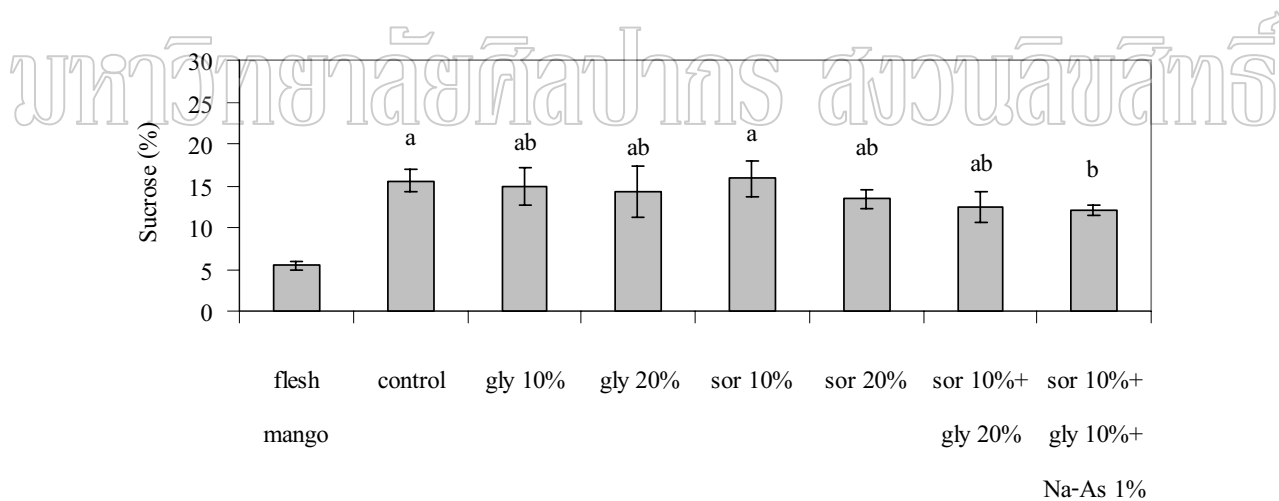
การแช่ซึ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกทำให้ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลซูโครส หลังแช่ซึ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการถ่ายเทมวลของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าสู่เซลล์ของซึ้นมะม่วง (Hussian และคณะ, 2004) ดังแสดงในภาพที่ 16 17 และ 18 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการแช่ซึ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลรีดิซึ้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Behnilian และ Spiess (2006) นำแครอทแช่ในสารละลายกลูโคส ซอร์บิทอล กลีเซอรอลและซูโครส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าค่าของแข็งที่เพิ่มขึ้น (solid gain) ของแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซอรอล กลูโคส และซอร์บิทอลแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีค่าของแข็งที่เพิ่มขึ้น 0.12 0.11 และ 0.10 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมน้ำ ตามลำดับ แต่สำหรับแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสมีค่าของแข็งที่เพิ่มขึ้น 0.06 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมน้ำ ซึ่งต่ำกว่าสารละลายออสโมติกอื่นๆ ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้มะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์ (control) ก่อนการแช่ซึ้นมะม่วงถูกให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียสที่สภาวะเป็นกรดทำให้น้ำตาลซูโครสอินเวอร์สเป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตส (Rai และ Chauhan, 2008) จึงทำให้ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดหลังผ่านการแช่ซึ้นมะม่วงจึงไม่มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 16 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids:TSS) ในเนื้อมะม่วงก่อน และ หลังแช่สารละลายออสโมติก

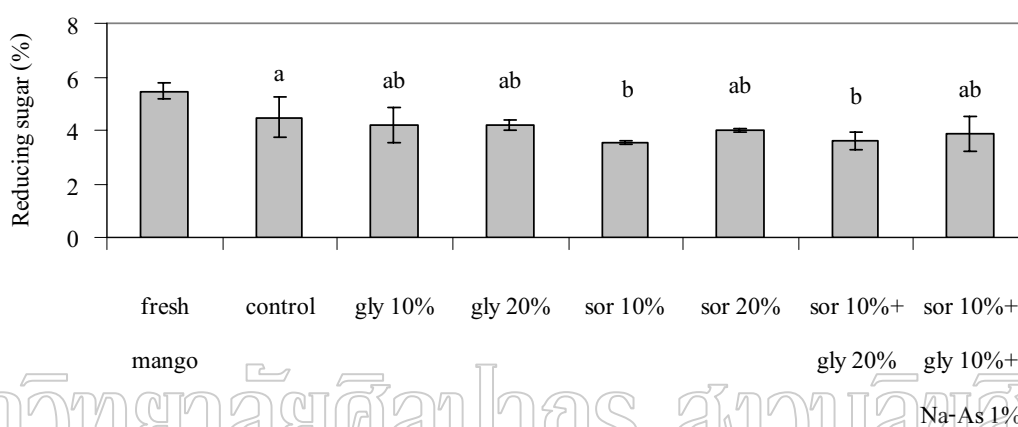


ภาพที่ 17 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar :TS) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่สารละลาย ออสโมติก



ภาพที่ 18 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose :SC) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่สารละลายออสโมติก

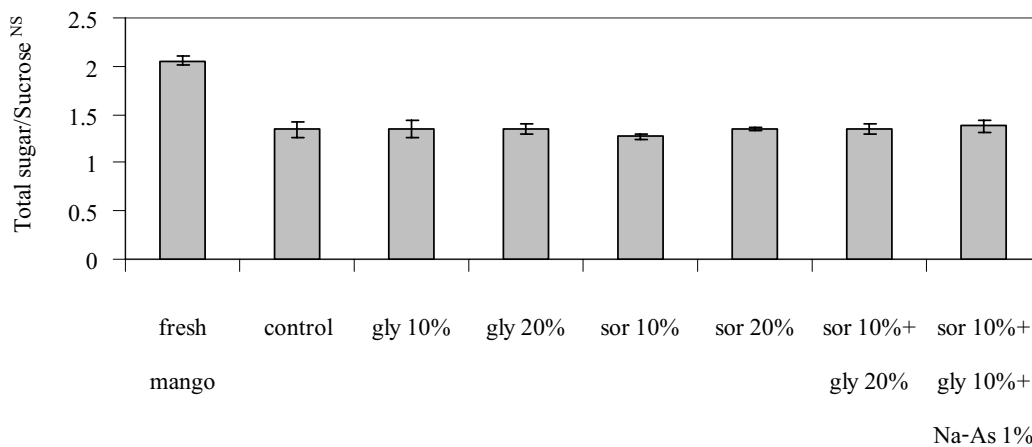
น้ำตาลรีดิวซ์ในมะม่วงหลังแช่สารละลายออสโมติกมีแนวโน้มลดลง ซึ่งตรงกันข้ามกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลซูโครส เนื่องจากในมะม่วงสดก่อนแช่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าในสารละลายออสโมติกจึงมีการเคลื่อนที่จากภายในขึ้นมะม่วงออกสู่สารละลายออสโมติกดังแสดงในภาพที่ 19 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในขึ้นมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันไม่ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังแช่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

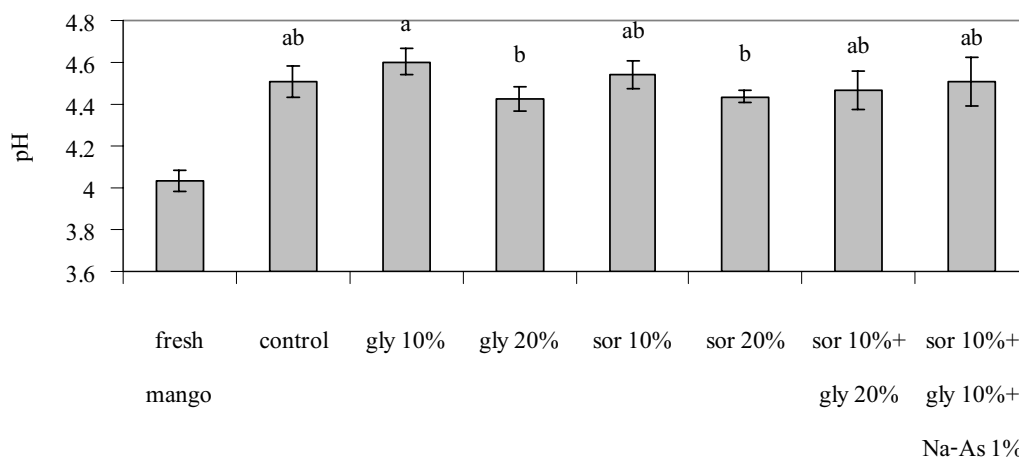
ภาพที่ 19 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar :RS) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่สารละลายออสโมติก

อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมดต่อปริมาณน้ำตาลซูโครสของขึ้นมะม่วงหลังผ่านการแช่สารละลายออสโมติกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาพที่ 20 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรมให้มีความสม่ำเสมอ โดยในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วงควบคุมที่ทางโรงงานอุตสาหกรรมใช้งาน ซึ่งเป็นระดับที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดผิวเหนียวเยิ้มหลังการอบแห้ง



ภาพที่ 20 อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar :TS) ต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose:SC) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

จากภาพที่ 21 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะม่วงหลังแช่สารละลายออสโมติกมีค่าเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทมวลของน้ำภายในชิ้นมะม่วงที่มีปริมาณมากกว่าสู่สารละลายที่มีปริมาณน้อยกว่า พร้อมกับเกิดการแพร่ของสารธรรมชาติ เช่น กรดอินทรีย์ ออกจากเซลล์ด้วย (วรัญญา และวิษณีย์, 2550) จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นหลังแช่สารละลายออสโมติก

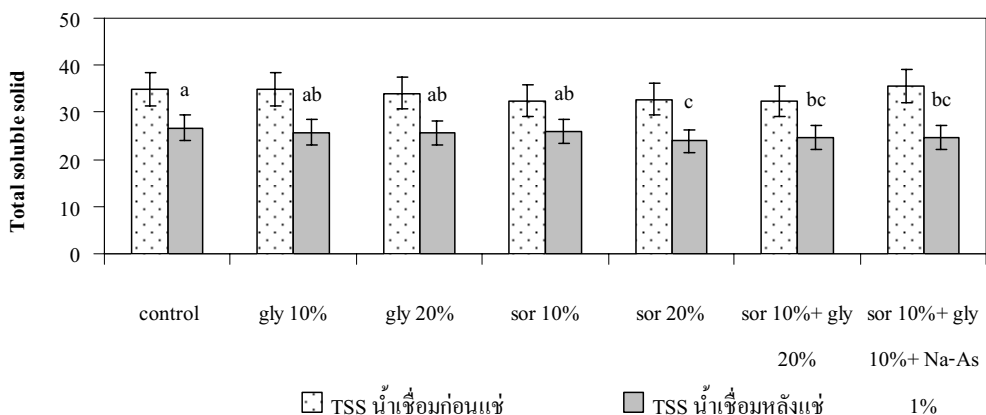


ภาพที่ 21 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อมะม่วงก่อน และหลังแช่ชิ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

4.3.2 คุณลักษณะของสารละลายออสโมติกก่อนและหลังแช่ขึ้นมะม่วง

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลซูโครสของสารละลายออสโมติกหลังผ่านการแช่ขึ้นมะม่วงพบว่ามีปริมาณลดลง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกเข้าสู่ขึ้นมะม่วง และในขณะเดียวกันน้ำภายในขึ้นมะม่วงเกิดการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังสารละลาย (วรัญญา และวิษณีย์, 2550) ซึ่งส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลซูโครสในสารละลายลดลง ดังแสดงในภาพที่ 22 23 และ 24

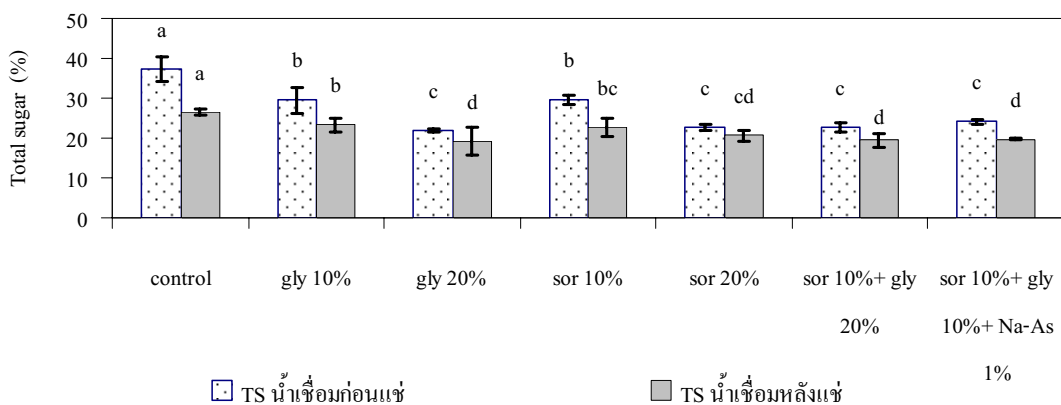
พิจารณาค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสารละลายออสโมติกก่อนการแช่ขึ้นมะม่วง พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่า 30 องศาบริกซ์ (ความเข้มข้นที่ใช้ในการเตรียม) เนื่องจากก่อนการแช่ขึ้นมะม่วงได้ให้ความร้อนกับสารละลายออสโมติกที่ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของน้ำตาลจะเพิ่มมากขึ้น เช่น อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส น้ำตาลซูโครสสามารถละลายได้ 2.12 กรัม/น้ำ 1 กรัม และเมื่อให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียสจะสามารถละลายได้เพิ่มขึ้นเป็น 3.69 กรัม/น้ำ 1 กรัม ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงขึ้น หลังการให้ความร้อนดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 12 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสารละลายออสโมติกหลังให้ความร้อนเปรียบเทียบแต่ละชนิดที่ทำการศึกษาคพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อทำการแช่ขึ้นมะม่วงพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดหลังแช่ที่ต่างชนิดกันส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้หลังแช่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากชนิดของตัวถูกละลายที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณตัวถูกละลายที่เคลื่อนที่เข้าสู่ขึ้นมะม่วง และการดึงน้ำออกที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งกลีเซอรอลมีผลต่อการสูญเสียน้ำน้อยกว่ากลูโคส และซอร์บิทอลแต่สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ขึ้นมะม่วงได้มากกว่า เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของกลีเซอรอลน้อยกว่ากลูโคส และซอร์บิทอลนั่นเอง (Behnilian และ Spiess, 2006)



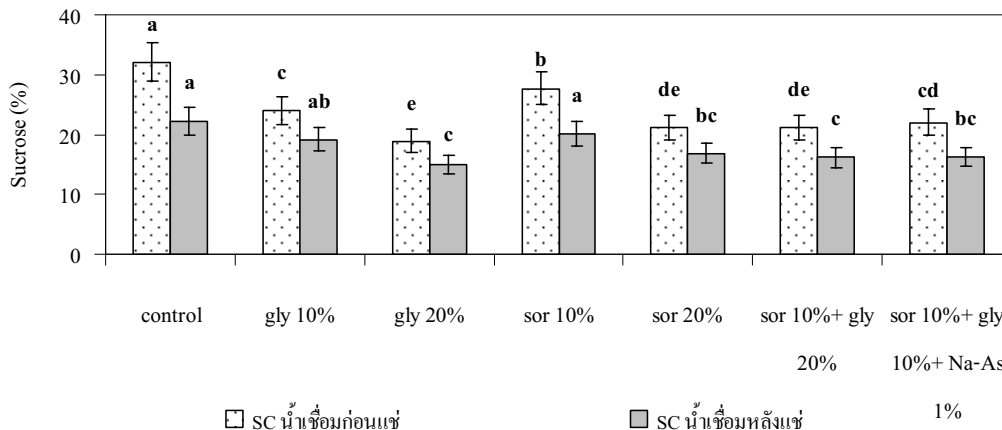
ภาพที่ 22 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids : TSS) ก่อน และหลังแช่ขึ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลซูโครสในสารละลายก่อน และหลังแช่ขึ้น

มะม่วงพบว่าสารละลายออสโมติกที่มีปริมาณการใช้น้ำตาลซูโครสในการเตรียมมากกว่าจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่า ดังนั้นปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลซูโครสจึงผันแปรตามปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย

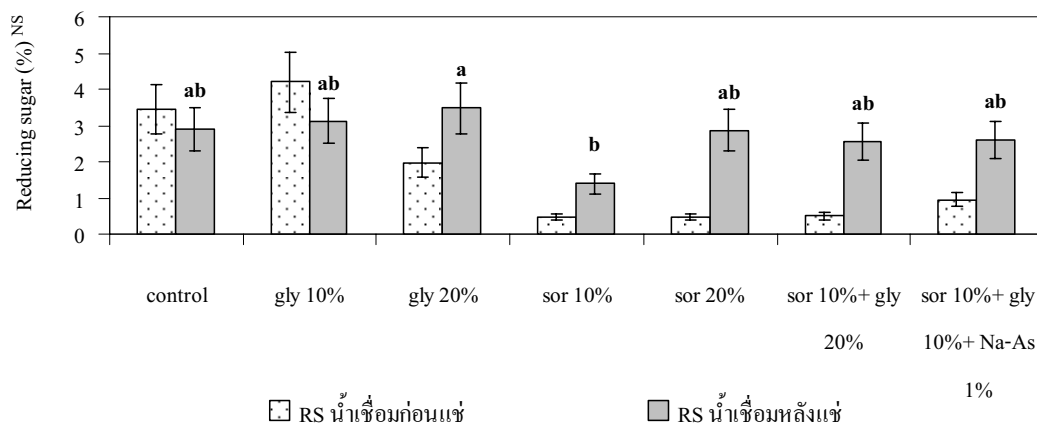


ภาพที่ 23 น้ำตาลทั้งหมด (Total sugar : TS) ก่อน และหลังแช่ขึ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด



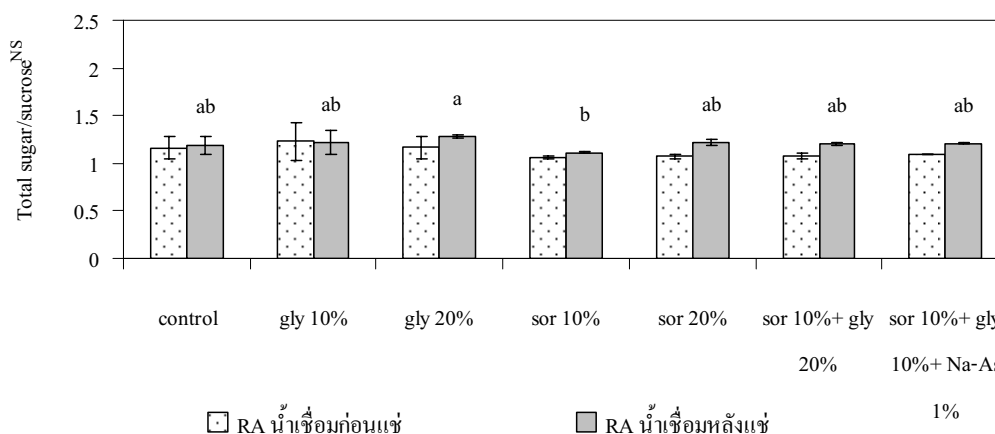
ภาพที่ 24 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose : SC) ก่อน และหลังแช่ขึ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

สำหรับน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายออสโมติกหลังแช่ขึ้นมะม่วงพบว่ามีความสูงขึ้นเนื่องจากในขึ้นมะม่วงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าในสารละลายจึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่จากภายในขึ้นมะม่วงออกสู่สารละลายทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น แต่สำหรับสารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์ และสารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 10 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ภายในขึ้นมะม่วง กับสารละลายออสโมติกมีความแตกต่างกันน้อย จึงมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายออสโมติกก่อนและหลังแช่ที่ไม่ชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 25



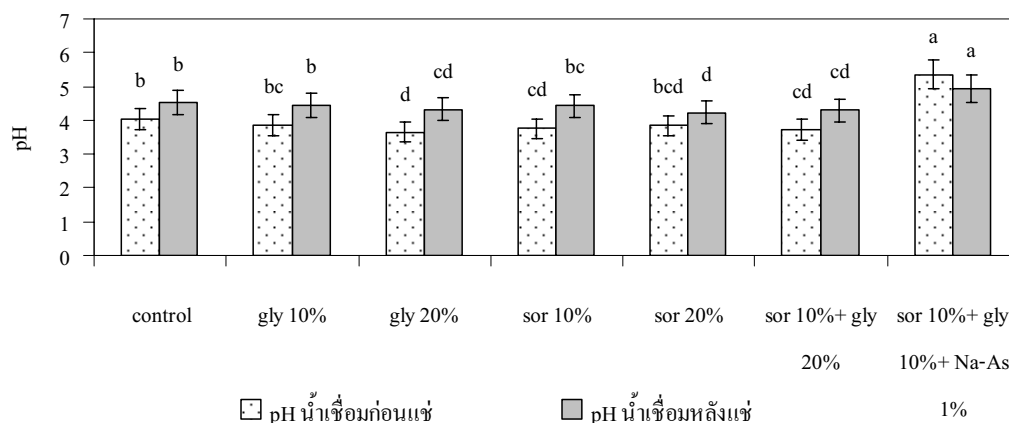
ภาพที่ 25 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar : RS) ก่อน และหลังแช่ขึ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมดต่อปริมาณน้ำตาลซูโครสในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมพบว่า ในสารละลายออสโมติกก่อนและหลังการแช่ขึ้นมะม่วงไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และอยู่ในช่วงที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพในระดับอุตสาหกรรมดังแสดงในภาพที่ 26



ภาพที่ 26 อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar:TS) ต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose:SC) ก่อน และหลังแช่ขึ้นมะม่วงในสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

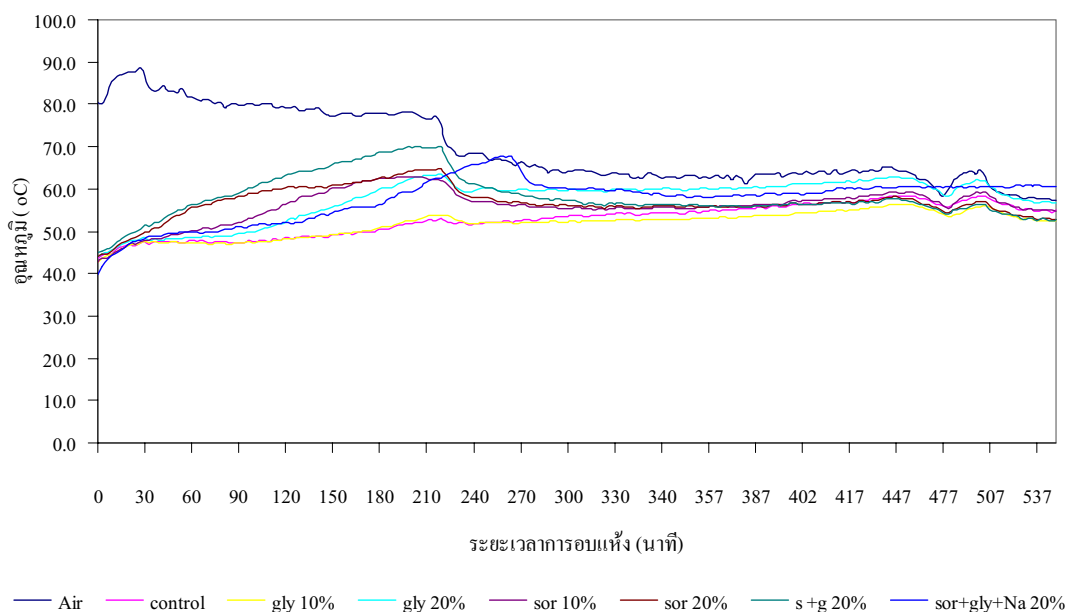
ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายออสโมติกหลังแช่ขึ้นมะม่วงมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำภายในขึ้นมะม่วงสู่สารละลาย ทำให้สารละลายเจือจางค่าความเป็นกรด-ด่างจึงสูงขึ้น ถึงแม้ว่าในระหว่างการแช่จะมี การแพร่ของสารอินทรีย์มาพร้อมกับน้ำเข้าไปในสารละลายออสโมติกก็ตาม แต่ปริมาณน้อยมากจึงไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายออสโมติกต่ำลง แต่สำหรับสารละลายซอร์บิทอลร้อยละ 10 ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 10 และโซเดียมแอสคอร์เบทร้อยละ 1 มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสูงกว่าในขึ้นมะม่วงจึงเกิดการถ่ายเทมวลจากส่วนที่มีความเข้มข้นสูงสู่ที่ความเข้มข้นต่ำกว่าจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับสารละลายอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ก่อนและหลังแช่ขึ้นมะม่วงของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

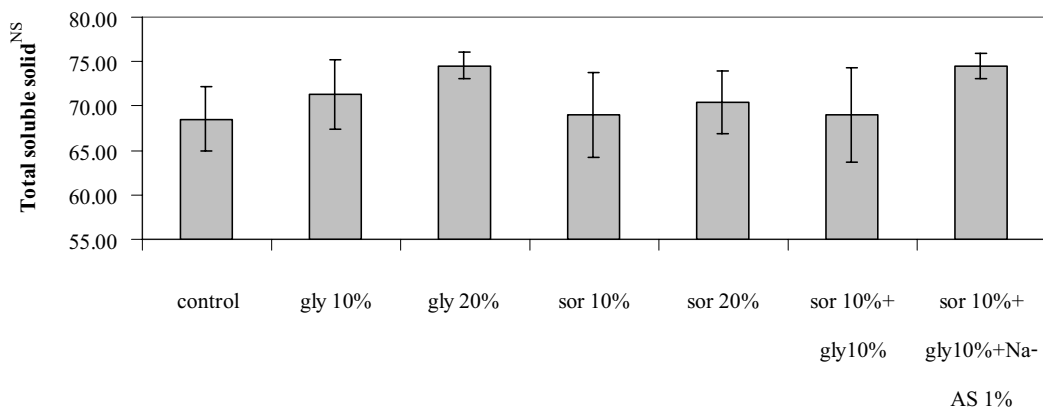
4.4 ผลของการใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลในกระบวนการแช่ขึ้นต่อคุณลักษณะ มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์หลังการอบแห้ง

มะม่วงหลังจากผ่านการแช่สารละลายออสโมติก จะนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ซึ่งผลของอุณหภูมิในอากาศของตู้อบลมร้อน และในชั้นมะม่วงแช่ขึ้นในระหว่างการอบแห้งแสดงดังภาพที่ 28 โดยในระหว่างการอบแห้งความร้อนภายในชั้นผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากอุณหภูมิเริ่มต้นภายในชั้นมะม่วงอยู่ในช่วง 36-40 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มขึ้นจนอุณหภูมิภายในชั้นอยู่ในช่วง 50 - 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งครบชั่วโมงการอบที่ 10 ชั่วโมง

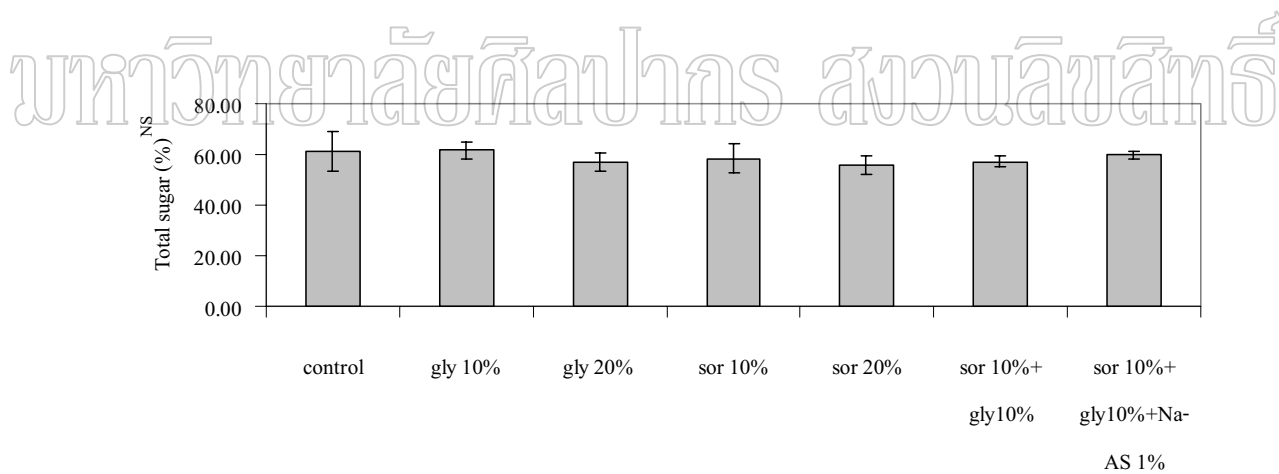


ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในตู้อบลมร้อน และในชั้นมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกชนิดต่างๆ ในระหว่างการอบแห้งที่ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงและลดอุณหภูมิเหลือ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง

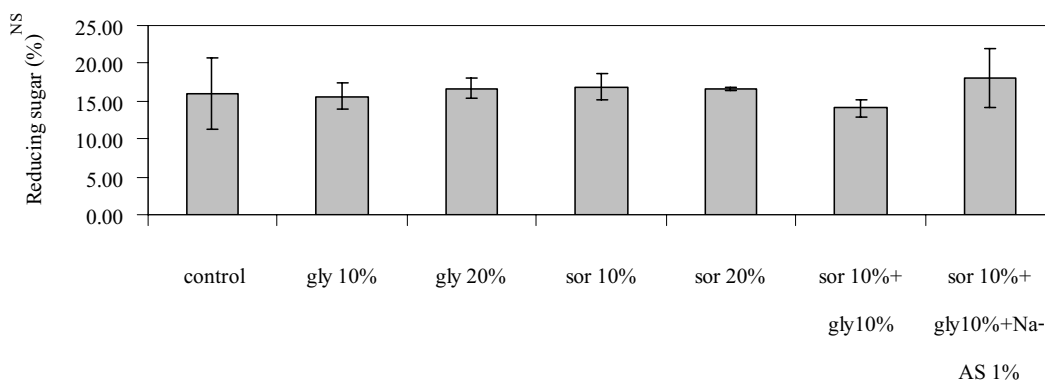
คุณลักษณะของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด แสดงดังภาคผนวก ข ตารางที่ 15 เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวิซ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาพที่ 29 30 และ 31 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของมะม่วงหลังแช่อิ่มก่อนนำมาอบแห้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกัน เนื่องจากการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีความสามารถไม่แตกต่างกันดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น



ภาพที่ 29 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid : TSS) มะม่วงเชื่อมอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

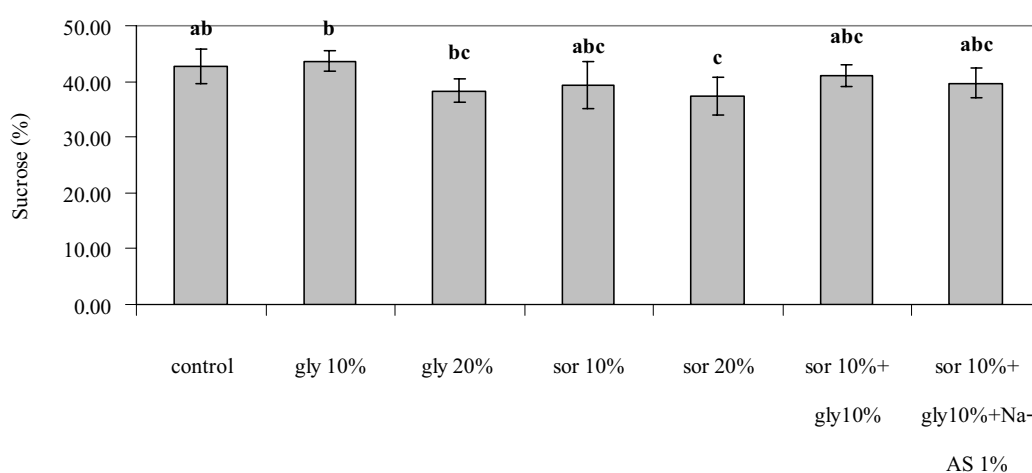


ภาพที่ 30 ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar : TS) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด



ภาพที่ 31 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar : RS) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

สำหรับปริมาณน้ำตาลซูโครส พบว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันส่งผลให้มะม่วงแช่อิ่มหลังอบแห้งมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ถึงแม้ว่าในการศึกษาที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสแตกต่างกัน แต่การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายไม่มีความแตกต่างกัน จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสในแต่ละทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 32

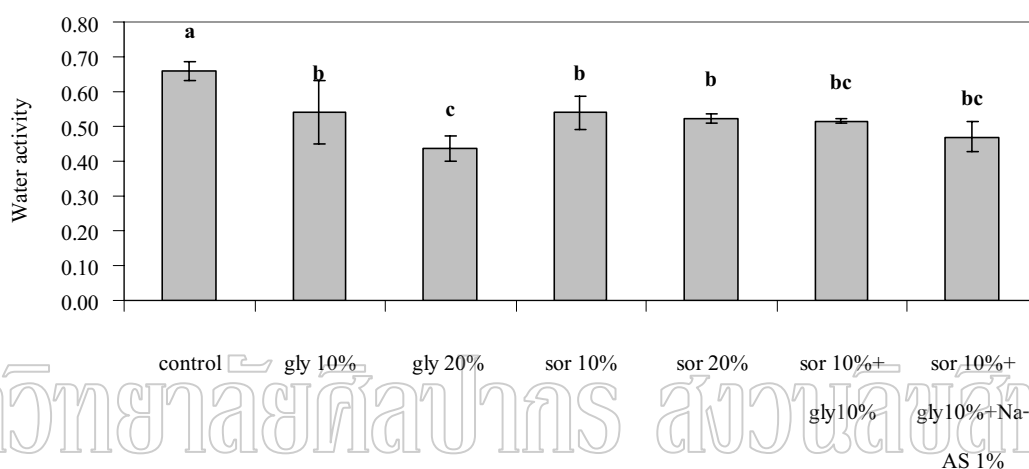


ภาพที่ 32 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (Sucrose : SC) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

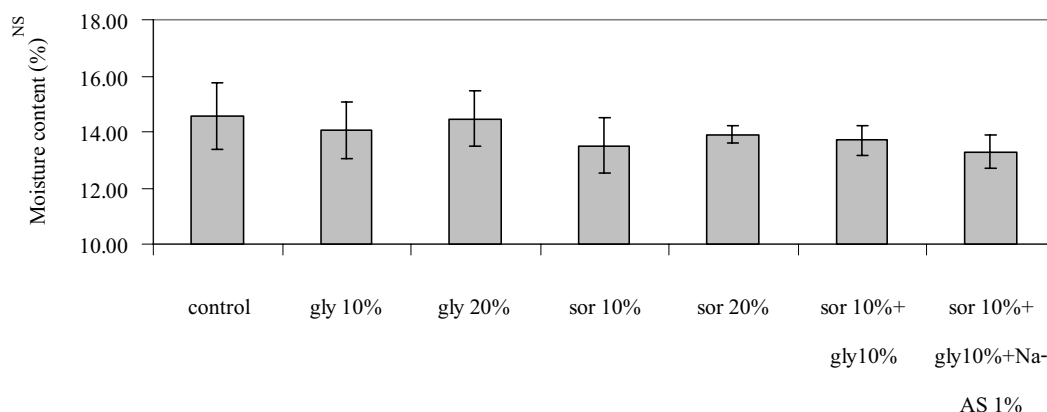
มะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันไม่ส่งผลอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมดต่อน้ำตาลซูโครสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.35 – 1.50 ซึ่งเป็นระดับที่ยอมรับได้ในโรงงานอุตสาหกรรม และค่าความเป็นกรด-ด่างของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 4.26 – 4.56 โดยมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์ กลีเซอรอลร้อยละ 10 และซอร์บิทอลร้อยละ 10 มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่ามะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการศึกษาของ Behnlian และ Spiess (2006) พบว่าการแช่แครอทในสารละลายซูโครส และกลูโคสมีการสูญเสียน้ำมากกว่าการใช้กลีเซอรอล ดังนั้นมะม่วงที่มีการแช่อิ่มในสารละลายออสโมติกที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบมากกว่าจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากกว่า ซึ่งจะเกิดการแพร่ของกรดภายในของชิ้นมะม่วงออกมาพร้อมกับน้ำสู่สารละลายได้มากกว่าจึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในชิ้นมะม่วงสูงกว่ามะม่วงที่แช่สารละลายออสโมติกที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลซูโครสต่ำกว่า จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่า 5 ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสทำงานได้ไม่ดี โดยช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เอนไซม์ทำงานได้ดีคือ 5-7 แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่า จะไม่มีการทำงานของเอนไซม์ เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างที่สามารถยับยั้งการกิจกรรมของเอนไซม์ได้ทั้งหมดต้องมีค่าต่ำกว่า 3 ซึ่งในผลิตภัณฑ์ผลไม้ไม่สามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่างได้มากนัก เนื่องจากมีผลต่อรสชาติอันมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Guerrero Beltran และคณะ, 2005)

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 20 มีค่าต่ำมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 33 เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารดูดความชื้นที่มีคุณสมบัติในการเกาะจับกับน้ำได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งแล้วมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (นิษณา และบุศรากรณ์, 2549) และการสูญเสียน้ำในระหว่างการแช่อิ่มในผลไม้ที่แช่ในสารละลายกลีเซอรอลจะมีปริมาณน้อยกว่าการแช่ในสารละลายกลูโคส ซูโครสและซอร์บิทอล ในขณะที่การเคลื่อนที่ของของแข็งเข้าสู่ชิ้นผลไม้สูงกว่า (Behnlian และ Spiess, 2006) และนอกจากนี้ความหนืดของสารละลายมีผลต่อการซึมผ่านของของแข็งเข้าสู่ชิ้นผลิตภัณฑ์ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ผลของการดึงน้ำออกซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของการสูญเสียน้ำต่อการเพิ่มขึ้นของของแข็ง มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลายออสโมติก โดยอัตราการดึงน้ำออกจะเพิ่มขึ้นเมื่อมวลโมเลกุลของตัวถูกละลายสูงขึ้น ซึ่งน้ำหนักโมเลกุลของกลีเซอรอลน้อยกว่ากลูโคสซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกับซอร์บิทอลแต่น้อยกว่าซูโครส และเมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงภาพที่ 34 แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรอลช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ให้

ต่ำลงแต่ยังคงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากการแช่ด้วยสารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ยังคงมีความนุ่ม ซึ่งคุณสมบัติของกลีเซอรอลช่วยในเรื่องการปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์แช่อบแห้งไม่ให้แห้งแข็ง (Osorio และคณะ, 2007) และสอดคล้องกับการศึกษาของนิษณา และบุศรากรณ์ (2549) ทำการศึกษาการแช่ขึ้นสับปะรดในสารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 1 นาน 2 ชั่วโมงก่อนการอบแห้งที่ 75 องศาเซลเซียสจนมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ต่ำกว่า 0.55 แต่ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เนื้อสัมผัสยังคงนุ่มอยู่และผู้บริโภคยอมรับ



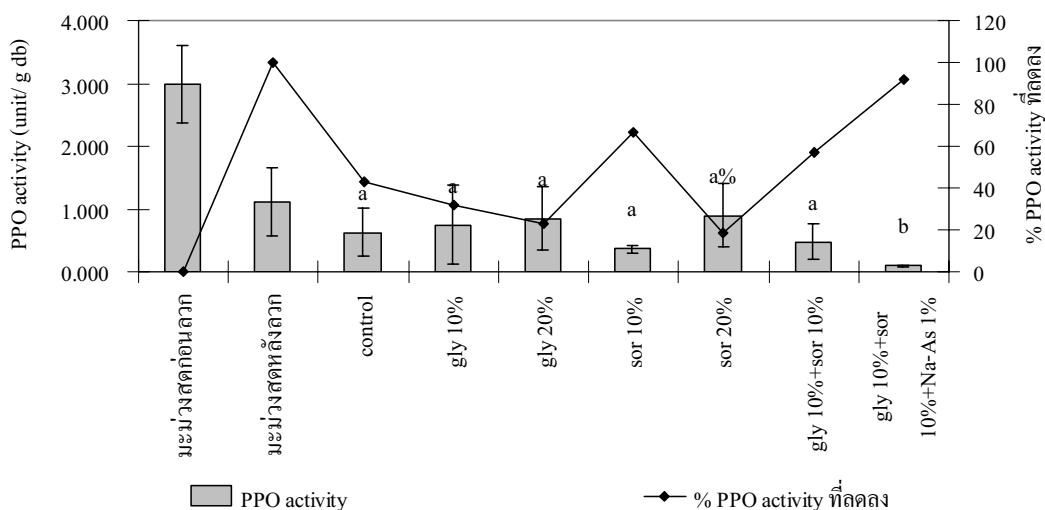
ภาพที่ 33 วอเตอร์แอกติวิตี้ (water activity) มะม่วงแช่อบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด



ภาพที่ 34 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

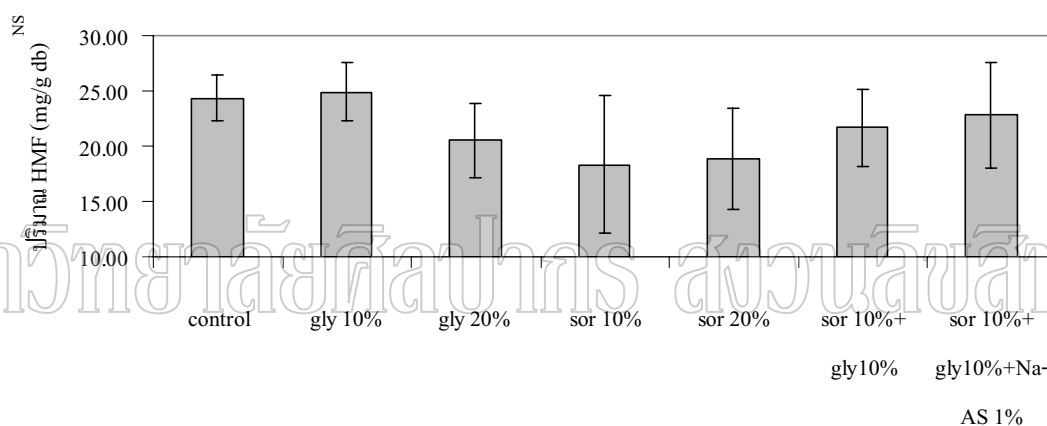
สำหรับกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส พบว่ามะม่วงแช่หีบอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลร้อยละ 10 ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 10 และเติมโซเดียมแอสคอร์เบทร้อยละ 1 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายออสโมติกอื่นๆ ซึ่งโซเดียมแอสคอร์เบทเป็นเกลือของกรดแอสคอร์บิก นิยมใช้ลดความเป็นกรดของอาหาร โดยโซเดียมแอสคอร์เบทจะแตกตัวให้กรดแอสคอร์บิก ซึ่งกรดแอสคอร์บิกจะปรีดิคซ์ *O-quinone* เป็นสารประกอบ *O-dihydroxyphenol* ซึ่งจะป้องกันการเกิดสารตั้งต้นของปฏิกิริยาสีน้ำตาลนั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pongsakol และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาระบบยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในลำใย โดยจุ่มลำใยลงในสารละลายแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 0.3 น้ำหนักต่อปริมาตร พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ได้ และจากการศึกษาของ Guerero-Beltran และคณะ (2005) ใช้กรดแอสคอร์บิกยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในน้ำมะม่วงพร้อมเนื้อ (mango puree) พบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ได้เมื่อเพิ่มปริมาณกรดแอสคอร์บิกจะสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ได้เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย และจากรูปที่ 35 พบว่าโซเดียมแอสคอร์เบทสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ ซึ่งหลังอบแห้งเปรียบเทียบกับมะม่วงหลังลวกกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงร้อยละ 92.06

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 35 กิจกรรม โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะม่วงสด หลังลวกและหลังแช่หีบอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

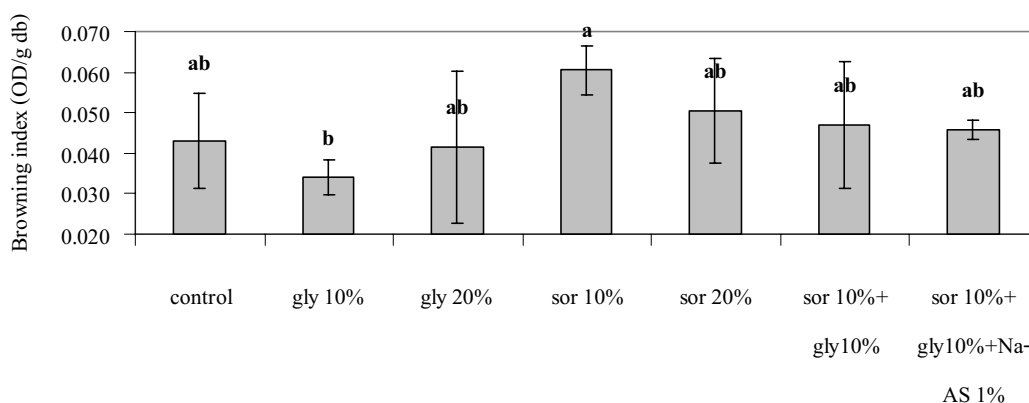
ปริมาณ HMF ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน (นิธิยา, 2545) และจากการศึกษาปริมาณ HMF ในมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาพที่ 36 เกิดเนื่องจากปริมาณสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา นั่นคือน้ำตาลรีดิวซ์ของแต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงส่งผลให้ปริมาณ HMF ไม่แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากสถานะในการทดลอง ได้แก่ มะม่วง อุณหภูมิในการแช่อิ่ม และการอบแห้งถูกควบคุมให้เป็นสถานะเดียวกัน ถึงแม้ว่าส่วนประกอบของสารละลายออสโมติกจะมีความแตกต่างกันก็ตาม แต่การเคลื่อนที่เข้าสู่ชิ้นมะม่วงไม่มีความแตกต่างกันจึงส่งผลให้องค์ประกอบภายในชิ้นมะม่วงหลังอบแห้งไม่แตกต่างกันด้วย



ภาพที่ 36 ปริมาณ HMF ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

ปริมาณการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันไม่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งมีปริมาณการเกิดสีน้ำตาลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาพที่ 37 ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลที่ได้กล่าวมาแล้วคือปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณ HMF และกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ไม่มีความแตกต่างกันด้วยเช่นกัน ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงอบแห้งที่ปราศจากการเติมสารกลุ่มซัลไฟต์ในระหว่างการอบแห้งจะเกิดจากปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์และไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Pott และคณะ, 2005)

จากการศึกษาของ Leeratanarak และคณะ (2006) ศึกษาการอบแห้งมันฝรั่งเกิดสีน้ำตาลหลังผ่านการอบแห้ง โดยเฉพาะการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง 90 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกิดได้ดีที่สุด และเป็นกรเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์และการออกซิเดชันของวิตามินซี



ภาพที่ 37 แสดงปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ในมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

จากการวัดค่าสีเป็นดังตารางที่ 5 พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดสีน้ำตาล ของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) พบว่ามะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายน้ำตาลซูโครส 30 องศาบริกซ์ มีค่าความเป็นสีแดงต่ำที่สุด และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 10 และกลีเซอรอลร้อยละ 10 ผสมซอร์บิทอลร้อยละ 10 ก่อนการอบแห้งมีค่าต่ำที่สุดในระหว่างการแช่อบมะม่วงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลไม้ดังการศึกษาของ Osorio และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของเบอร์รี่ พบว่าหลังผ่านการแช่สารละลายออสโมติกมีการสูญเสียของค่าสีเนื่องจากสูญเสียรงควัตถุ นอกจากนี้ในระหว่างการอบแห้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ และดังการศึกษาของ Mohammadi และคณะ (2008) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของกีวี่ในระหว่างการอบแห้ง พบว่าในระหว่างการอบแห้งค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง แสดงถึงมีการเกิดสีน้ำตาลขึ้น และนอกจากนี้ยังเกิดการสลายตัวของรงควัตถุในกีวี่อีกด้วย

ตารางที่ 5 ค่าสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

Treatment	L*	a*	b*	Hue	Chroma
control	65.99± 4.41 ^{ab}	3.29±4.77 ^b	49.9±3.44 ^b	86.16 ±5.55 ^a	50.29± 3.34 ^a
glycerol 10%	65.21±4.05 ^b	5.5 ±4.34 ^a	47.05±5.72 ^c	82.85 ±5.78 ^b	47.61±5.38 ^b
glycerol 20%	65.93 ±3.96 ^{ab}	5.4 ± 2.52 ^a	50.14±4.46 ^b	83.68 ±3.28 ^b	50.51±4.29 ^a
sorbitol 10%	66.97±4.30 ^a	4.51±2.90 ^{ab}	52.29±3.53 ^a	84.99 ±3.30 ^{ab}	52.57±3.42 ^a
sorbitol 20%	66.73± 4.68 ^{ab}	4.64±3.07 ^a	50.56±5.40 ^{ab}	84.45 ±4.02 ^{ab}	50.88±5.14 ^a
sorbitol 10%+ glycerol					
10%	65.66 ± 4.91 ^{ab}	5.71±1.99 ^a	46.43±6.00 ^c	82.78±2.82 ^b	46.84±5.88 ^b
sorbitol 10%+ Glycerol					
10%	67.03±4.77 ^a	5.53±3.53 ^a	50.70±4.70 ^{ab}	83.57±4.30 ^b	51.14±4.47 ^a
+ Sodium ascorbate 1%					

^{a, b, c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

จากการทดสอบผู้บริโภครู้สึกว่าคะแนนความชอบเป็นดังตารางที่ 6 พบว่าในด้านสี ผู้บริโภคยอมรับสีของมะม่วงที่แช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์น้อยที่สุด เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ สำหรับในด้านรสชาติผู้บริโภคยอมรับไม่แตกต่างกันในแต่ละทรีทเมนต์ และสำหรับเนื้อสัมผัสผู้บริโภคจะยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีการผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่มีกลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำได้ดีจึงทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มผู้บริโภคยอมรับมากกว่ามะม่วงที่แช่สารละลายออสโมติกที่ไม่มีกลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบ สำหรับความชอบรวมจะเห็นได้ว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 20 มากที่สุด ผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและการใช้กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบในสารละลายออสโมติกช่วยลดความหวานของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกลีเซอรอลมีความหวานเป็น 0.6 -0.7 เท่าของน้ำตาลซูโครสจึงส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 6 ผลของชนิดและปริมาณของสารให้ความชื้นต่อความชอบของผู้บริโภค

Treatment	คะแนนความชอบ			
	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
control	3.80 ± 1.82 ^c	4.47±1.60 ^{ab}	4.11±1.77 ^b	4.38 ± 1.47 ^{ab}
glycerol 10%	4.20 ± 2.00 ^{bc}	4.21±1.62 ^{ab}	4.28±1.48 ^{ab}	4.30 ± 1.45 ^b
glycerol 20%	4.82 ± 1.54 ^{ab}	4.89±1.34 ^a	4.87±1.48 ^a	5.03 ± 1.27 ^a
sorbitol 10%	5.06 ± 1.53 ^a	4.28±1.67 ^{ab}	3.81±1.00 ^b	4.33 ± 1.63 ^b
sorbitol 20%	5.19 ± 1.58 ^a	4.29±1.56 ^{ab}	3.73±1.27 ^b	4.27 ± 1.61 ^b
sorbitol 10%+ glycerol 10%	4.54 ± 1.69 ^{ab}	4.24±1.73 ^{ab}	4.90±1.51 ^a	4.38 ± 1.63 ^{ab}
sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	5.14 ± 1.66 ^a	4.16±1.68 ^a	3.97±1.63 ^b	4.44 ± 1.69 ^{ab}

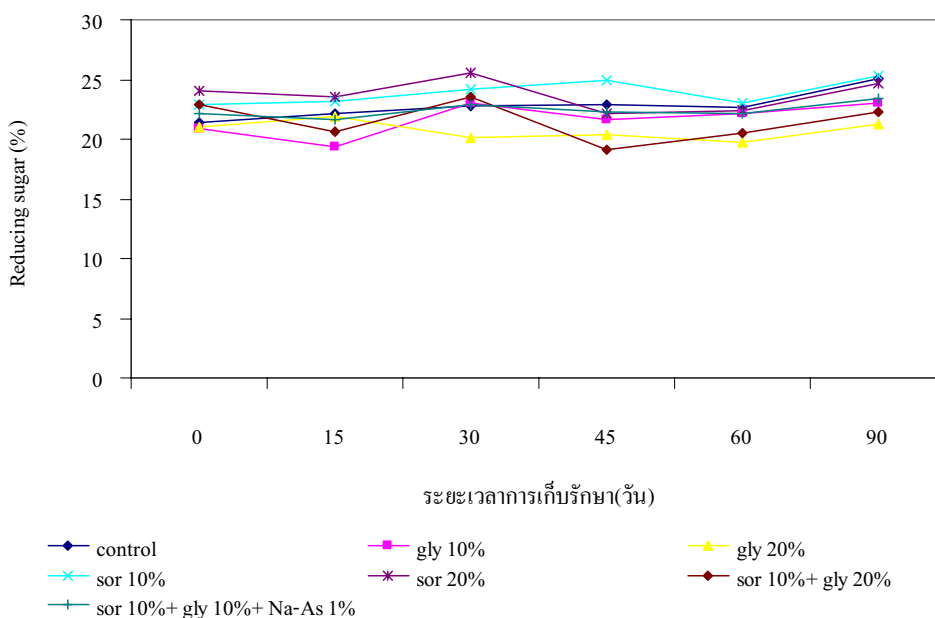
^{a, b, c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=100)

4.5 ผลของการใช้น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลในกระบวนการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์หลังการอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงแช่อบแห้งชนิดหวานน้อยปราศจากการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าออกเทอร์เอกติวิตี กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) ปริมาณสารไฮดรอกซิลเมทิลเฟอฟูรอล (HMF) ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (browning index) ค่าสีในระบบ CIE LAB และทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.5.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมะม่วงเชื่อมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

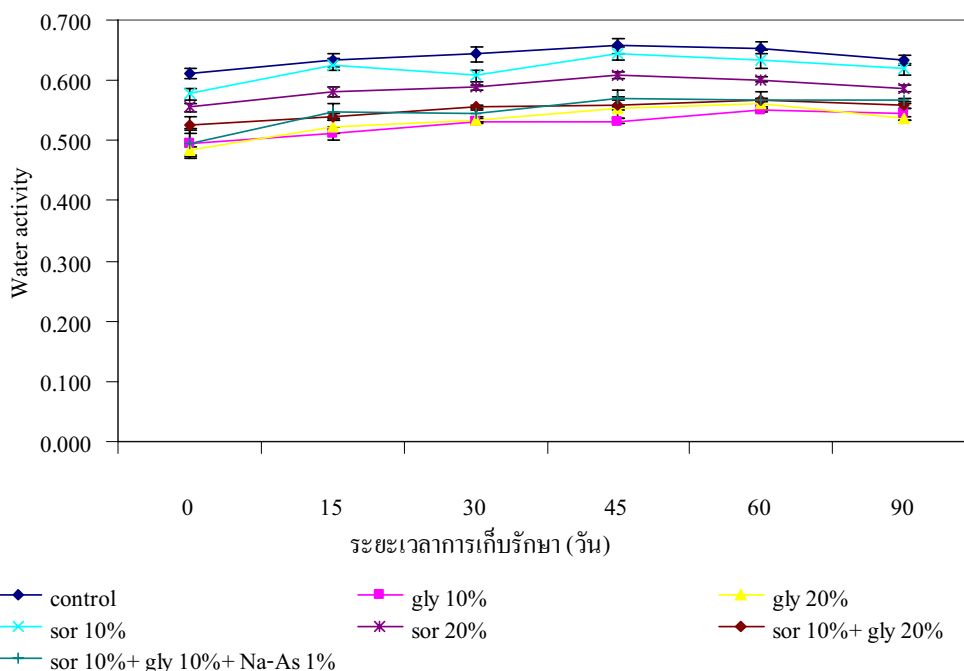
การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 38 มะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่แตกต่างกันไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 16 ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Rai และ Chauhan (2008) ได้ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ของมะละกอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Nezam El-Din และ Abd El-Hameed (2001) ได้ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงของซีวียเทศ (SIWI dates) ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหวานน้อยจึงมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบต่ำจึงส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาน้อย ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยา พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรดอะมิโนสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงขึ้นด้วย (Davies และ Labuza, 2006)



ภาพที่ 38 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar:RS) ของมะม่วงเชื่อมอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของมะม่วงเชื่อมอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

จากภาพที่ 39 แสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะม่วงเชื่อมอบแห้งแต่ละทรีทเมนต์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบแต่ละทรีทเมนต์มะม่วงเชื่อมอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 10 และ 20 สามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ให้มีค่าต่ำที่สุด ถึงแม้จะทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 90 วัน ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของมะม่วงเชื่อมอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 10 และ 20 ยังคงมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำได้ดี และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในระหว่างการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 90 วันพบว่า 45 วันแรก ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากภาชนะบรรจุที่ใส่ผลิตภัณฑ์ยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าไป (Rai and Chauhan, 2008) และหลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เข้าสู่สมดุล ซึ่งค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าวอเตอร์แอกติวิตี้มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ที่สำคัญในระหว่างการเก็บรักษา (GOGUS และ Eren, 1998) โดยการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์จะเกิดได้ดีในช่วง 0.6 -0.7 (Burdurlu และ Karadeniz, 2002)



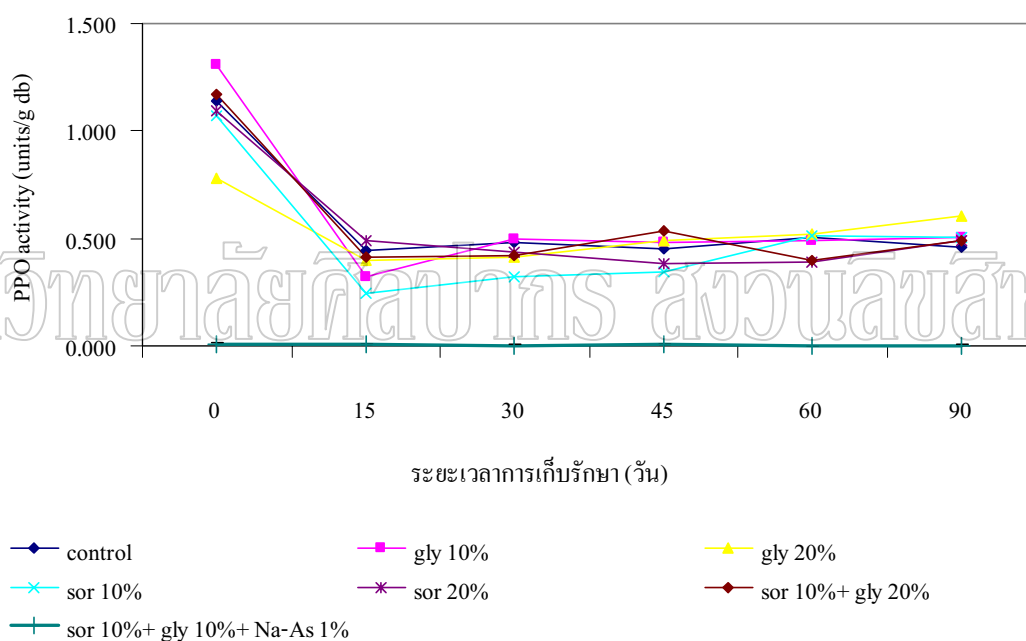
ภาพที่ 39 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5.3 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

จากภาพที่ 40 แสดงกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละทรีทเมนต์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน พบว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกที่มีการเติมโซเดียมแอสคอร์เบทร้อยละ 1 มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกชนิดอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกช่วงเวลาในการเก็บรักษา กรดแอสคอร์บิกจะไปรีดิวซ์ออร์โทควิโนน (*O*-quinone) ไปเป็นสารประกอบออร์โทไดไฮดรอกซิลฟีนอล (*O*-dihydroxyphenol) ซึ่งจะป้องกันการเกิดสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ต่อไป เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 15

วัน หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทั้งนี้เนื่องจากค่าเอนไซม์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ไม่อยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งค่าเอนไซม์แอคติวิตี้ของแต่ละทรีทเมนต์มีค่าต่ำกว่า 0.70 โดยค่าเอนไซม์แอคติวิตี้ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์อยู่ในช่วง 0.80 -1.0 (นิธิยา, 2549) จึงทำให้เอนไซม์ทำงานได้น้อย นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่า 5 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสอยู่ในช่วง 5-7 (Guerrero Beltran และคณะ, 2005) ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษากิจกรรมของเอนไซม์จึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อย

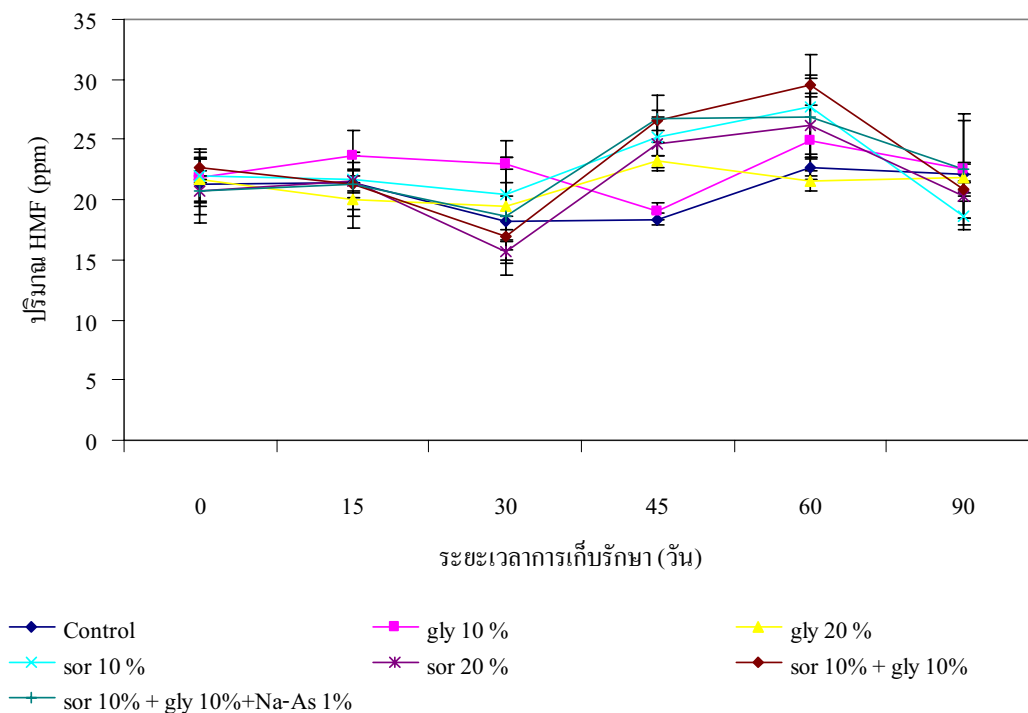


ภาพที่ 40 กิจกรรมโพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) ของมะม่วงแช่หีบอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายฮอสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไฮดรอกซิลเมทิลเฟอรูล (HMF) ของมะม่วงแช่หีบอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ HMF ของมะม่วงแช่หีบอบแห้งแต่ละทรีทเมนต์ที่ทำการศึกษาเมื่อเก็บรักษาไว้ระยะเวลา 90 วันพบว่าในแต่ละทรีทเมนต์มีปริมาณ HMF ไม่มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาพที่ 41 สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์บอนิล ที่จะไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้เกิดสารระหว่างปฏิกิริยา (intermediates) คือ HMF และสุดท้ายจึงจะไปเกิดเป็นสารสีน้ำตาล ภายหลัง (Tosun, 2004) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Gvozdenovic' และคณะ (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแอปเปิ้ลอบแห้งที่มีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจาก HMF เป็นสารเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ต่อไป ดังนั้นในบางช่วงเวลาที่ปริมาณ HMF เพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์ ได้ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนมากช่วงนั้นและเกิดเป็น HMF มาก และเมื่อ HMF เกิดปฏิกิริยา เปลี่ยนไปเป็นเมลานอยดินปริมาณ HMF จึงลดลง และจากการศึกษาของ Burdurlu และ Karadeniz (2002) ศึกษาปริมาณ HMF ที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาน้ำส้มพบว่าเมื่อระยะเวลาการ เก็บนานขึ้นปริมาณ HMF จะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะเห็นเด่นชัดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 หรือ 4 เดือน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาอายุการเก็บ 3 เดือน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ HMF จึงอาจยังไม่ เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้อัตราการการเกิดปฏิกิริยายังขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์อีกด้วยดังการศึกษาของ GOGUS และ EREN (1996) พบว่าพริกไทยบดที่มีค่า ความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Oh.S.H และคณะ (2006) ในสารละลายน้ำตาล-ไกลซีนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 10 และ 8 สามารถ เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้ดีที่สุด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีค่าความ เป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 จึงทำให้อัตราการสร้าง HMF ช้า ซึ่งยังไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงนี้ ได้ในช่วงการเก็บรักษาที่ศึกษา



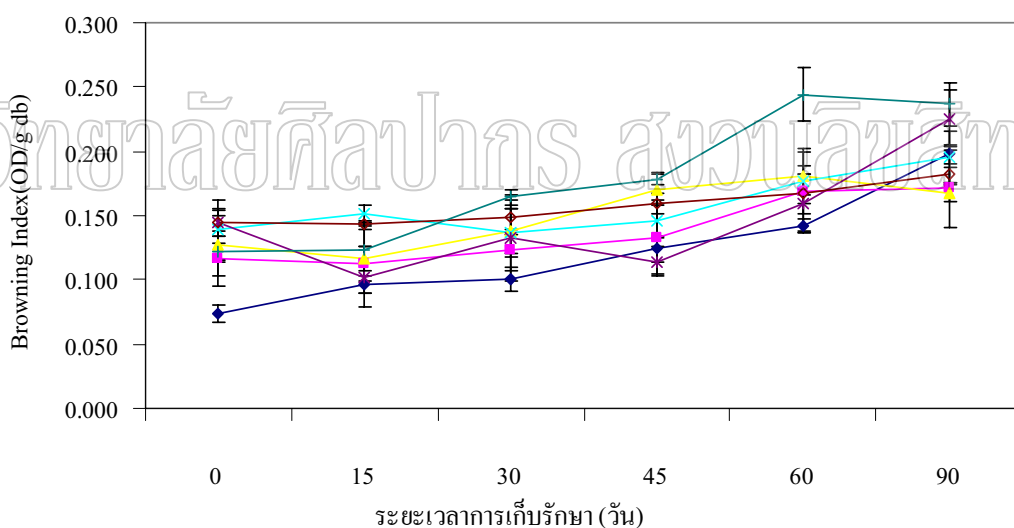
ภาพที่ 41 ปริมาณ HMF ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5.5 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

ในระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองพบว่าปริมาณการเกิดสีน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นดังแสดงในภาพที่ 42 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ภาคผนวก ข ตารางที่ 21 เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งที่อาศัยเอนไซม์และไม่อาศัยเอนไซม์ โดยปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยเฉพาะปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาหลักในการการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังเกิดการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ในผลไม้มัทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษามากกว่าปฏิกิริยาที่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งกล่าวได้ว่าการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วยนั่นเอง (Koca และคณะ, 2007) เช่น ความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ปริมาณสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา ซึ่งจะเห็นได้จากการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมโซเดียม

แอสคอร์เบทร้อยละ 1 มีปริมาณการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้เป็นดีไฮโดรแอสคอร์บิก แอซิด (dehydroascorbic acid) และไดคีโตกลูโรนิก แอซิด (diketogluconic acid) ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดสารสีน้ำตาลได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชีร์วัลย์และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในน้ำมะม่วง โดยเติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.02 และ 0.05 เปรียบเทียบกับน้ำมะม่วงที่ไม่มีการเติมกรดแอสคอร์บิก พบว่าการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ยังคงเกิดได้เช่นเดิม เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก และน้ำมะม่วงที่เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.05 เกิดสีน้ำตาลได้มากกว่าอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการเติมโซเดียมแอสคอร์เบทอาจมีปริมาณมากเกินไปจึงทำให้มีกรดแอสคอร์บิกเหลืออยู่ในระบบ ซึ่งจะกลายเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกต่อไป



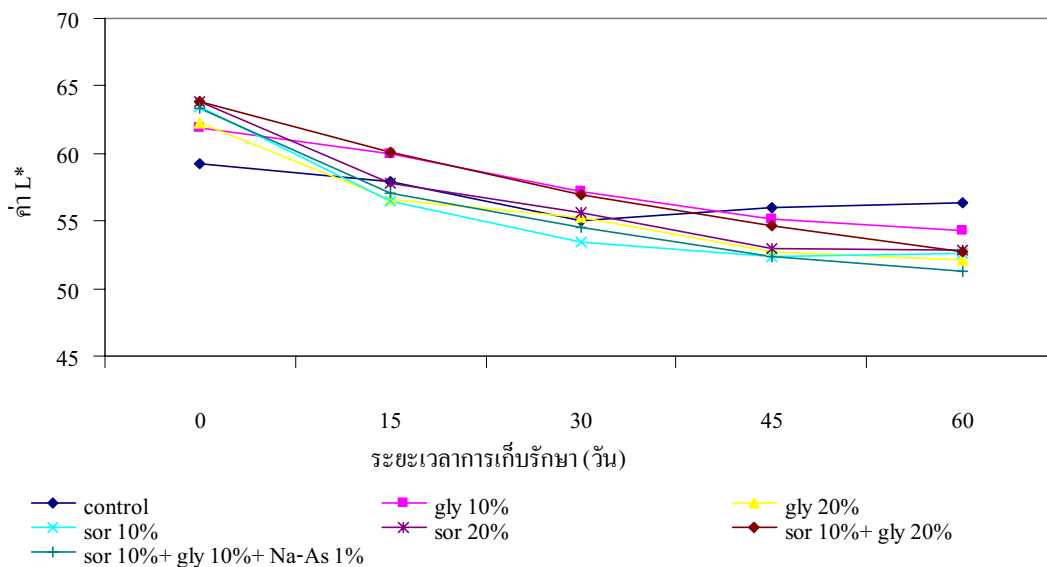
ภาพที่ 42 ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5.6 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

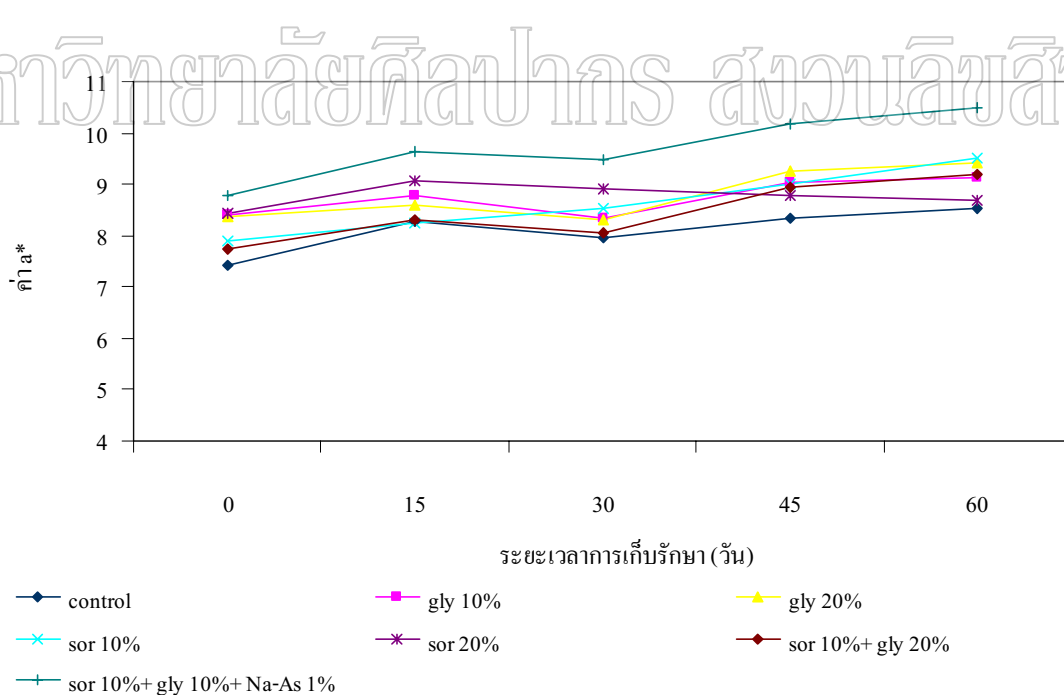
จากภาพที่ 43 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งแต่ละทริทเมนต์ที่เก็บรักษาที่ระยะเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละทริทเมนต์ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษามีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดเพิ่มมากขึ้น (Tosun, 2004) จึงทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง และการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 30 วัน จนครบ 90 วัน การเปลี่ยนแปลงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเปรียบเทียบแต่ละทริทเมนต์พบว่าระหว่างเริ่มเก็บรักษาที่ 0 วันจนกระทั่ง 45 วัน ค่าความสว่างแต่ละทริทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่เมื่อทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 60 วัน มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์มีค่าความสว่างต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการเกิดการสูญเสียรงควัตถุในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งที่สำคัญ คือเบต้าแคโรทีน เนื่องจากการเกิดออกซิเดชัน (Maltini และคณะ, 2003) ซึ่งมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์นั้นมีค่าออกซิเดชันสูงกว่าทริทเมนต์อื่น ๆ คือมีค่าสูงกว่า 0.60 ในขณะที่ทริทเมนต์อื่น ๆ มีค่าต่ำกว่าจึงทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้ดีกว่า เนื่องจากที่ค่าออกซิเดชันสูงจะทำให้การเคลื่อนที่ของสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาเกิดได้ดี อีกทั้งยังไปละลายตัวเร่งปฏิกิริยาที่ตกตะกอน และทำให้ส่วนประกอบในอาหารพองตัว ซึ่งจะไปเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาอีกด้วย (Maltini และคณะ, 2003)

จากภาพที่ 44 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจะมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ในระหว่างเก็บรักษา โดยเฉพาะปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนและทำให้เกิดสารเมลานอยดินซึ่งให้สีน้ำตาล นอกจากนี้ยังเกิดการออกซิเดชันของวิตามินซีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ซึ่งจะไปเพิ่มปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นอีก ดังการศึกษาของ ชีร์วัลย์ และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาการลดลงของวิตามินซี และการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ในน้ำมะม่วง เนื่องจากวิตามินซีสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในสภาวะกรดเกิดออกซิเดชัน ได้สารที่จะไปเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ส่งผลทำให้น้ำมะม่วงมีค่าสีแดงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาค้นคว้า มะม่วงที่มีการเติมโซเดียมแอสคอร์เบทร้อยละ 1 มีค่าความเป็นสีแดงสูงกว่าทริทเมนต์อื่น ๆ และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับเวลา พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น

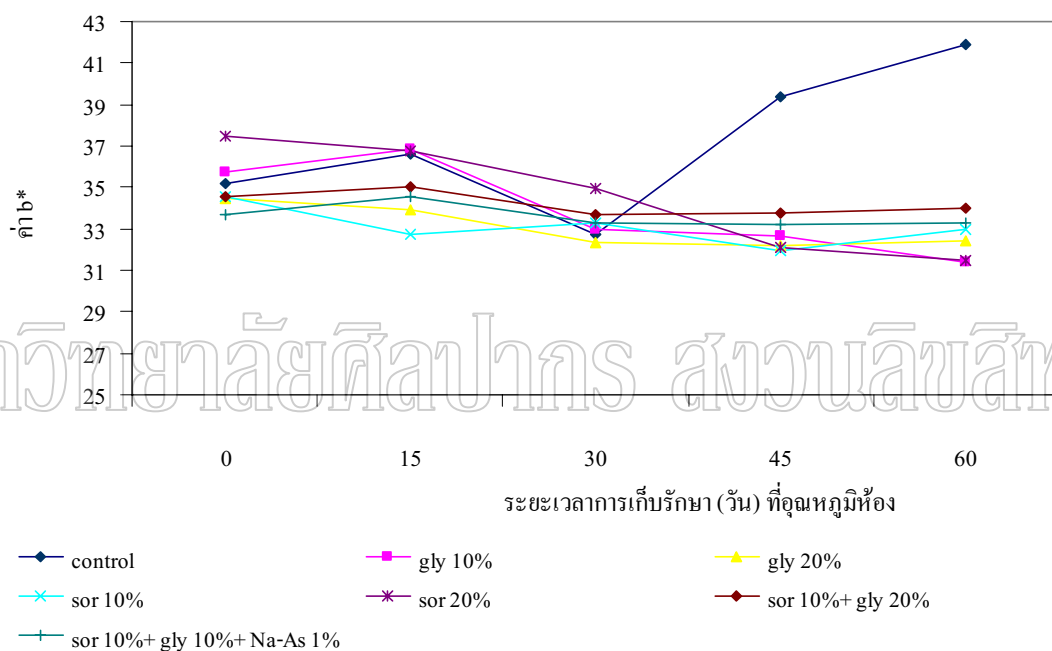


ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 44 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

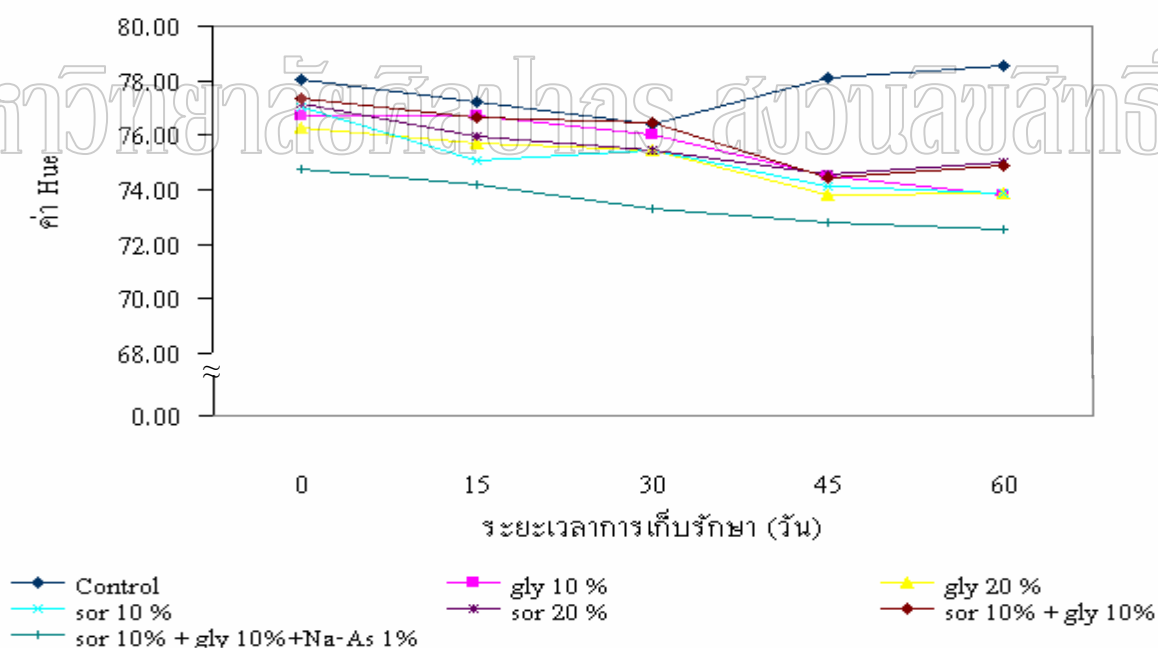
จากภาพที่ 45 พบว่าค่าความเป็นสีเหลืองในแต่ละทรีทเมนต์ที่ทำการศึกษา มีแนวโน้มลดลงทุกๆ ทรีทเมนต์ เนื่องจากเกิดการสูญเสียรงควัตถุ เช่น เบต้าแคโรทีน จากการออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษาจึงทำให้สีเหลืองของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ดังนั้นเมื่อสารให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลให้ลักษณะสีปรากฏของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยจะมีสีอ่อนลง (จากสีส้มเหลืองเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน) (ธีรวัลย์ และคณะ, 2545) สำหรับมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์ มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 45 และ 60 วัน



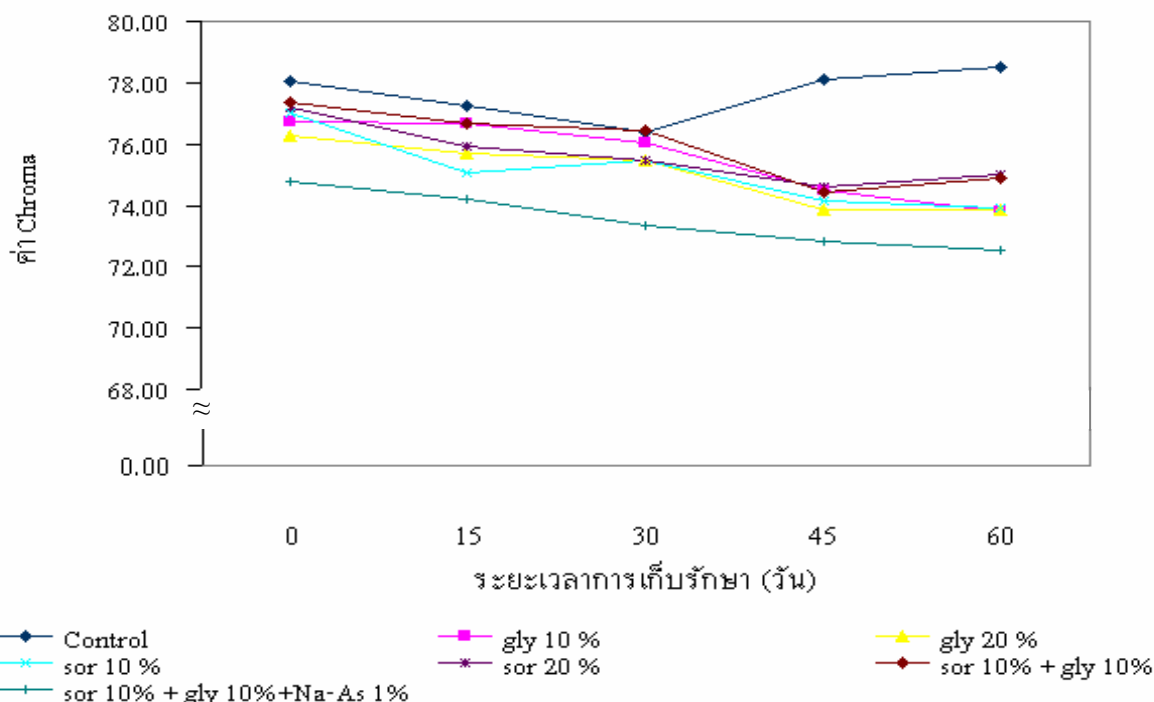
ภาพที่ 45 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

จากการตรวจสอบค่าสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษา โดยคำนวณค่า Hue และ Chroma ดังแสดงในภาพที่ 46 และ 47 ตามลำดับ พบว่าค่า Hue มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 34 ยกเว้นมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส 30 องศาบริกซ์ และมะม่วงที่การเติมโซเดียมแอสคอร์เบท ซึ่งค่า Hue ของผลิตภัณฑ์ทุกพริทเมนต์มีค่าอยู่ในช่วง 70 – 80 ซึ่งอยู่ในช่วงของสีเหลืองแดง (มีค่า Hue น้อยกว่า 90) และเมื่อเก็บรักษาไว้มีแนวโน้มลดลงนั้นหมายถึงสีจะเปลี่ยนไปทางสีแดงเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Mohammadi และคณะ, 2008)

สำหรับค่า Chroma แสดงถึงความเข้มของสีพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 36 ยกเว้นในมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่มะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายกลูโคสร้อยละ 10 และซอร์บิทอลร้อยละ 10 มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น



ภาพที่ 46 ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 47 ค่า Chroma ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5.6 ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาได้ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในระหว่างการเก็บรักษาทุก 1 เดือน โดยใช้แบบทดสอบผู้บริโภคทั้งหมด 30 คน ซึ่งเป็นพนักงานบริษัทเอกชนที่ผลิตผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้ง ซึ่งมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี ได้ทำการทดสอบความชอบด้านสี และความชอบดังตารางที่ 7 พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 90 วันพบว่าผู้ทดสอบยอมรับมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 10 ซอร์บิทอลร้อยละ 10 ซอร์บิทอลร้อยละ 10 ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 10 มากที่สุด และสำหรับลักษณะปรากฏพบว่าผู้ทดสอบยอมรับทุกวิธีทเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งไม่สัมพันธ์กับค่าความสว่างที่แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลดังที่ได้กล่าวข้างต้น ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ผู้ทดสอบจึงระบุความชอบของผลิตภัณฑ์ได้ไม่ชัดเจน

ตารางที่ 7 คะแนนความชอบของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิดที่ระยะเวลาการเก็บ 0 30 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	สี				ลักษณะปรากฏ			
	0	30	60	90	0	30	60	90
control	3.80 ± 1.82 ^c	4.07 ± 1.84 ^b	4.07 ± 1.74 ^{bc}	3.50 ± 1.01 ^c	4.38 ± 1.47 ^{ab}	2.47 ± 1.46 ^b	3.87 ± 1.41 ^b	3.57 ± 1.22 ^b
glycerol 10%	4.20 ± 2.00 ^{bc}	4.30 ± 1.74 ^b	4.13 ± 1.55 ^{abc}	3.73 ± 1.36 ^{bc}	4.30 ± 1.45 ^b	4.77 ± 1.59 ^a	4.27 ± 1.51 ^{ab}	3.87 ± 1.68 ^{ab}
glycerol 20%	4.82 ± 1.54 ^{ab}	4.10 ± 1.69 ^b	3.03 ± 1.38 ^c	2.83 ± 1.37 ^c	5.03 ± 1.27 ^a	4.27 ± 1.74 ^a	4.47 ± 1.31 ^{ab}	4.07 ± 1.64 ^{ab}
sorbitol 10%	5.06 ± 1.53 ^a	5.77 ± 1.48 ^a	3.30 ± 1.82 ^c	3.20 ± 1.71 ^c	4.33 ± 1.63 ^b	5.30 ± 1.56 ^a	3.53 ± 1.96 ^b	3.43 ± 1.81 ^b
sorbitol 20%	5.19 ± 1.58 ^a	5.80 ± 1.16 ^a	5.00 ± 1.72 ^{ab}	4.60 ± 1.96 ^{ab}	4.27 ± 1.61 ^b	5.43 ± 1.25 ^a	4.63 ± 1.83 ^{ab}	4.43 ± 1.76 ^{ab}
sorbitol 10%+ glycerol 10%	4.54 ± 1.69 ^{ab}	4.40 ± 1.54 ^b	5.37 ± 1.22 ^a	4.97 ± 1.43 ^a	4.38 ± 1.63 ^{ab}	4.40 ± 1.43 ^a	5.17 ± 1.18 ^a	4.77 ± 1.52 ^a
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	5.14 ± 1.66 ^a	5.07 ± 1.34 ^{ab}	4.23 ± 1.87 ^{abc}	2.77 ± 0.96 ^c	4.44 ± 1.69 ^{ab}	4.57 ± 1.57 ^a	4.53 ± 1.91 ^{ab}	3.73 ± 1.17 ^{ab}

^{a, b, c} ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=30)

4.6 ผลการเคลือบผิวและการเปลี่ยนแปลงของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่ห่ออบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิต่ำ ในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแช่ห่ออบแห้งชนิดหวานน้อยปราศจากการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ที่ไม่เคลือบผิว (gly 20%) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 1 (CMC) และไฮเมทอกซิลเพคตินร้อยละ 2 (HM-P) ที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) และที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity) ปริมาณสารไฮดรอกซิลเมทิลเฟอฟูรอล (HMF) ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (browning index) ค่าสีในระบบ CIE LAB และทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.6.1 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อมะม่วงแช่ห่ออบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P

ตารางที่ 8 ผลของการเคลือบผิวมะม่วงแช่ห่ออบแห้งด้วย CMC และ HM-P ต่อความชอบของผู้บริโภค

Treatment	คะแนนความชอบ			ความชอบโดยรวม
	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
gly 20 %	4.79 ± 1.29 ^b	5.00 ± 1.31 ^a	5.14 ± 1.36 ^{ab}	5.17 ± 1.04 ^a
CMC	5.38 ± 1.15 ^{ab}	4.66 ± 1.59 ^a	5.03 ± 1.61 ^b	5.14 ± 1.38 ^a
HMPC	5.69 ± 1.17 ^a	5.45 ± 1.33 ^a	5.45 ± 1.48 ^a	5.55 ± 1.21 ^a

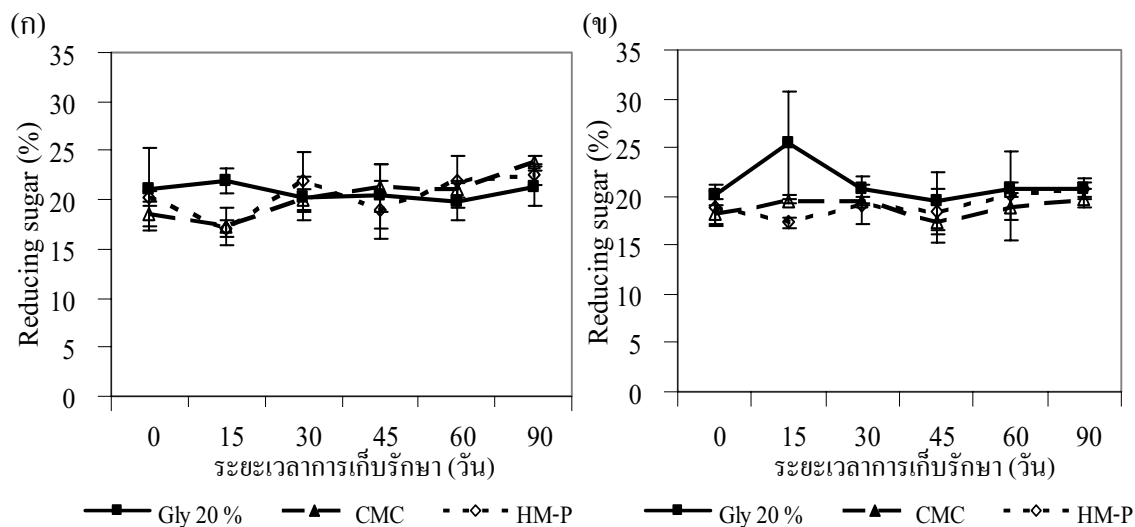
^{a, b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=30)

จากตารางที่ 8 พบว่ามะม่วงแช่ห่ออบแห้งที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิว และผ่านการเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P นั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบ

โดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่คะแนนความชอบด้านสี และเนื้อสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย CMC น้อยที่สุดเนื่องจากมีลักษณะผิวเหนียวเยิ้ม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ได้เคลือบผิว และสำหรับความชอบด้านสี ซึ่งเป็นปัจจัยที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเคลือบผิวด้วย HM-P ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากการเคลือบผิวด้วย CMC แต่ยอมรับมากกว่ามะม่วงแช่อิ่มที่ไม่เคลือบผิว ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุด ดังนั้นการศึกษายาอายุการเก็บรักษาจึงทำการศึกษาทั้ง 3 ทรีทเมนต์ต่อไป ซึ่งจะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน โดยทำการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ต่อไปนี้

4.6.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส

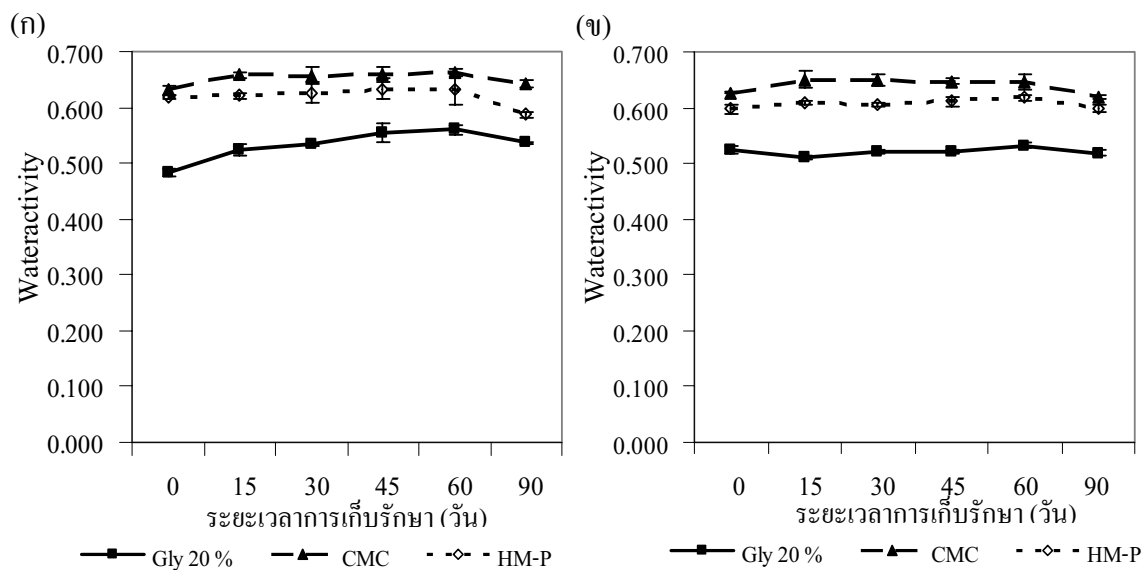
จากภาพที่ 48 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ถึงแม้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นก็ตาม และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของแต่ละทรีทเมนต์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาหนึ่ง ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อเก็บรักษาครบ 90 วัน พบว่าการเคลือบผิวมะม่วงอบแห้งด้วย CMC มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่ามะม่วงอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว แต่ไม่แตกต่างจาก HM-P เนื่องจากมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวมีค่าออกซิเดชันสูงกว่ามะม่วงอบแห้งที่ไม่ได้เคลือบผิว จึงทำให้น้ำตาลซูโครสอินเวอร์สเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ได้ง่ายกว่าเนื่องจากน้ำทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย (Maltini และคณะ, 2003) โดยน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์สามารถอินเวอร์สจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ได้ในสภาวะที่ผลิตภัณฑ์มีสถานะเป็นกรด ซึ่งเป็นสภาวะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษานี้ สำหรับมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำตาลของมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำการเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ จนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rai และ Chauhan (2008) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ของมะละกออบแห้งพบว่าการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพียงร้อยละ 0.7 ซึ่งต่ำกว่ามะละกออบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่มีการเปลี่ยนแปลงถึงร้อยละ 2.98



ภาพที่ 48 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar:RS) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

4.6.3 การเปลี่ยนแปลงวอเตอร์แอกติวิตีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส

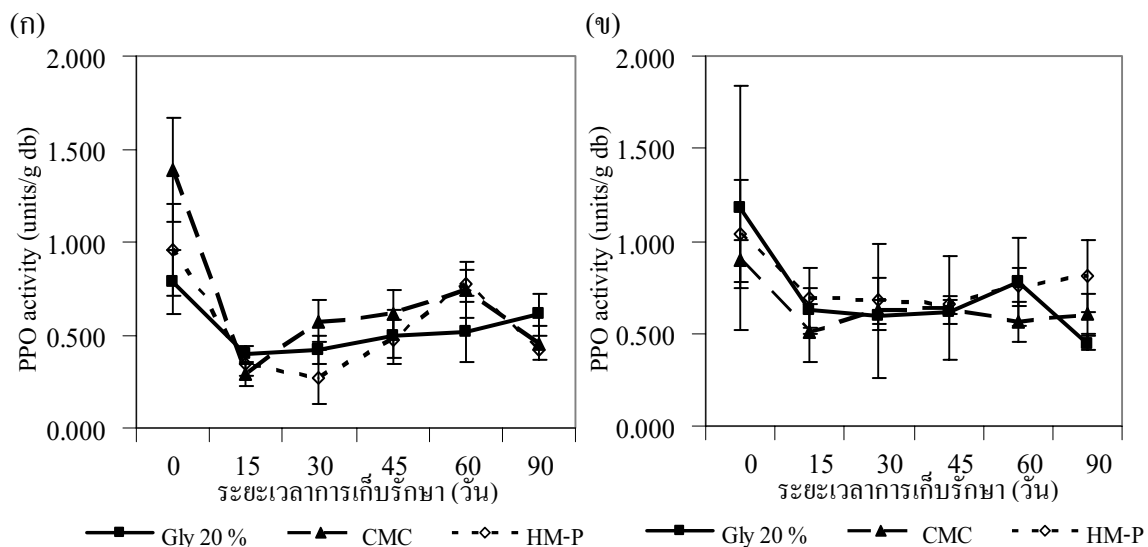
จากการทดลองพบว่าการเคลือบผิวมะม่วงอบแห้งด้วย CMC จะให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูงกว่าการเคลือบผิวด้วย HM-P และมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ได้เคลือบผิว ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 24 เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการจับกับน้ำทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น และในกระบวนการเคลือบผิวนั้นนำมะม่วงจุ่มลงในสารเคลือบผิว 1 นาที ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการดูดน้ำกลับ (rehydrate) ด้วยจึงส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ซึ่งแสดงดังภาพที่ 49 และในระหว่างการเก็บรักษาพบว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P มีการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยกว่า เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์จะสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำจากสิ่งแวดล้อมได้ (Kange และคณะ, 2008) ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 49 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของมะม่วงแช่อบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

4.6.4 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะม่วงแช่อบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส

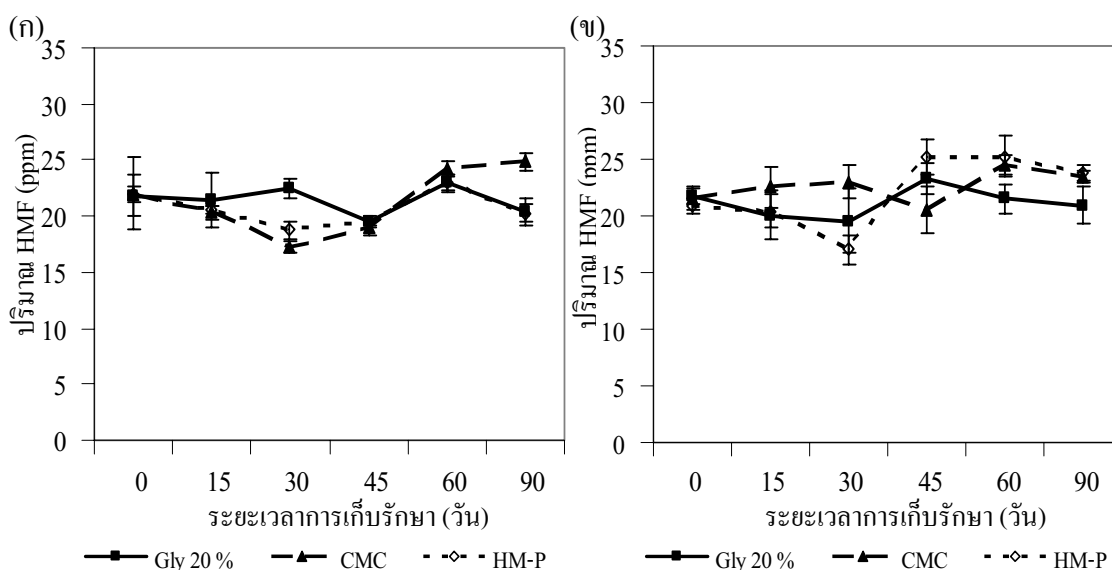
จากภาพที่ 50 แสดงการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เนื่องจากสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังนั้นการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวจะสามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้ (Kang และคณะ, 2008) แต่ไม่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง เนื่องจากคุณลักษณะของมะม่วงอบแห้งไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น รวมถึงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไม่สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ด้วยเช่นกัน อีกทั้งในผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวด้วย HM-P ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ทำงานได้ดีกว่าที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 50 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

4.6.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ HMF ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส

จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ HMF ในระหว่างการเก็บรักษาของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเป็นดังภาพที่ 51 พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ HMF ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังภาคผนวก ข ตารางที่ 26 ในทุกทรีทเมนต์ที่ทำการศึกษา และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่สามารถช่วยชะลอการสร้าง HMF ได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Cais และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาการเก็บรักษานม UHT ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง (20 องศาเซลเซียส) พบว่าปริมาณ HMF ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณสูงกว่าที่ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะเกิด autocatalytic อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องจากมะม่วงอบแห้งที่ทำการศึกษามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาที่ไม่แตกต่างกันจึงส่งผลให้การสร้าง HMF ไม่แตกต่างกันด้วย รวมถึงคุณลักษณะอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์ที่สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาได้ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเกิดได้ดีในสภาวะที่เป็นด่าง



ภาพที่ 51 ปริมาณ HMF ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

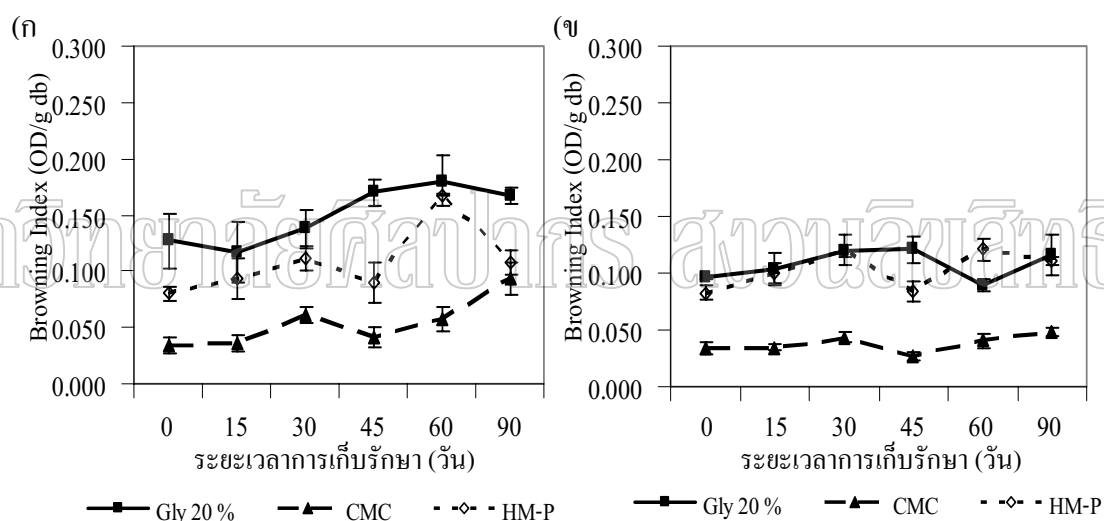
4.6.6 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่

ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 52 แสดงการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว เคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 5 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 15 30 15 60 และ 90 วัน พบว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย CMC มีปริมาณการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าที่เคลือบผิวด้วย HM-P และที่ไม่เคลือบผิว ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 27 เนื่องจากการเคลือบผิวด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์สามารถลดการซึมผ่านของอากาศ ซึ่งออกซิเจนในอากาศจะไปออกซิเดชันรงควัตถุในชั้นมะม่วงเช่น เบต้าแคโรทีนทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจางลง นอกจากนี้ยังเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี และทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยการเคลือบผิวด้วย CMC สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด เนื่องจากฟิล์มเคลือบผิวที่ทำจากเซลลูโลสจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี ซึ่งฟิล์มที่เตรียมจากเซลลูโลสยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ $90 \text{ cm}^3 \cdot \mu\text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{kPa})$ ในขณะที่พลาสติกชนิด HDPE ซึ่งใช้

เป็นสถานะบรรจุตัวอย่างยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ถึง $427 \text{ cm}^3 \cdot \mu\text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{kPa})$ (Miller and Krochta, 1997)

เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 5 องศาเซลเซียส พบว่าการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะเกิดต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ GOGUS และ Eren (1996) ได้ทำการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ที่อุณหภูมิ 5, 25 และ 35 องศาเซลเซียสในพริกไทยบด พบว่าการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของพริกไทยบดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำใช้เวลานานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Koca และคณะ (2007) ทำการศึกษาการเกิดสีน้ำตาลในแครอทอบแห้งพบว่าแครอทอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่า

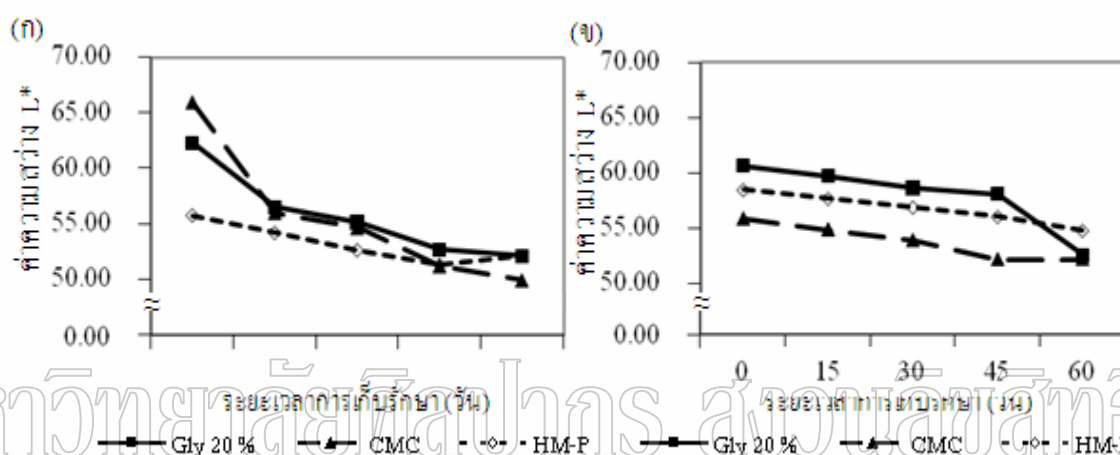


ภาพที่ 52 ค่าการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

4.6.6 ค่าสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 53 แสดงค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งจะเห็นได้ว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่มีการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการลดลง

ของค่าความสว่างสูงกว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้ เนื่องจากการเคลือบผิวจะไปป้องกันการออกซิเดชันรงควัตถุและวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ให้เกิดได้ช้า และที่อุณหภูมิต่ำอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดได้ช้าลงอีกด้วยดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดช้าลงไปด้วย ยกเว้นในมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย 1% CMC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการลดลงของค่าความสว่างมาก เนื่องจากมีค่าออกซิเดชันสูงกว่าที่พรีทเมนต์อื่นๆ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลไม้อบแห้ง

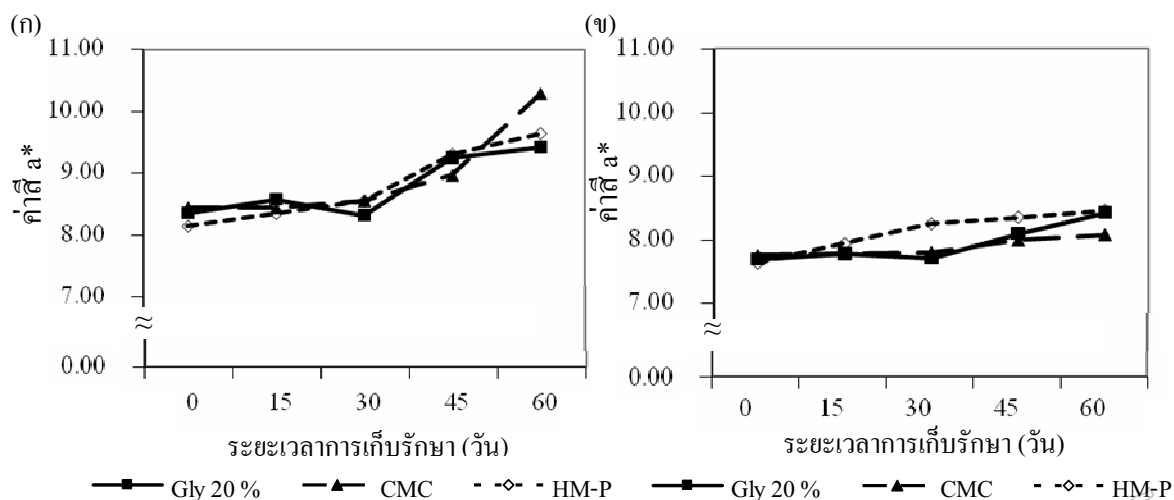


ภาพที่ 53 ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

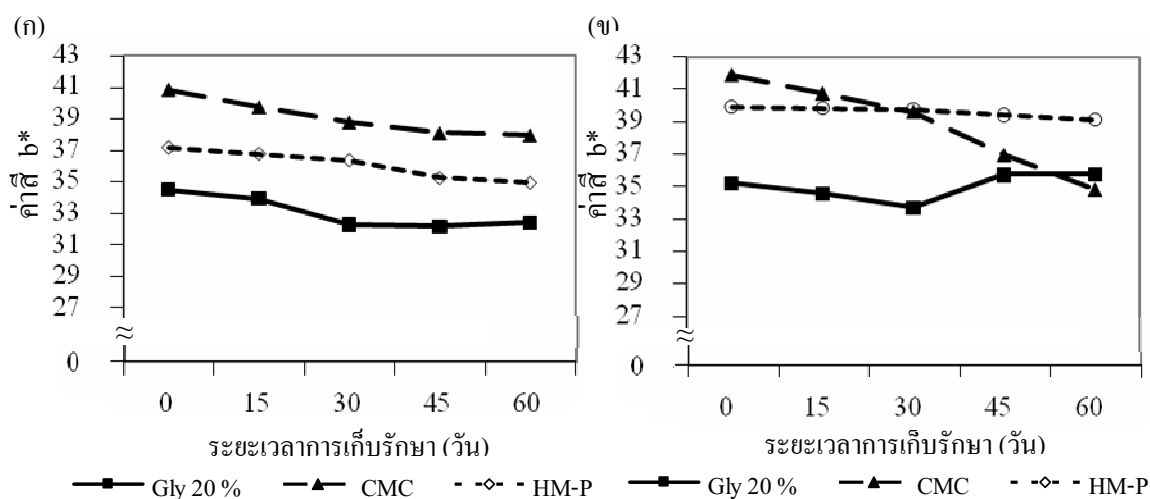
การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่อุณหภูมิห้องเกิดได้ดีกว่า ดังแสดงในภาพที่ 54 สำหรับการเคลือบผิวของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่ส่งผลต่อการเกิดเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงมากนัก ซึ่งค่าสีแดงเป็นค่าแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยเช่นกัน ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์หลักที่เกิดในผลไม้อบแห้งคือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะไม่อาศัยออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาดังนั้นการเคลือบผิวจึงไม่ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยานี้

จากภาพที่ 55 พบว่าค่าความเป็นสีเหลืองในแต่ละพรีทเมนต์ที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อ

ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ยกเว้นในผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวด้วย CMC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อาจเกิดเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงจึงไปส่งเสริมการออกซิเดชันของเบต้าแคโรทีน และสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวด้วย HM-P มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด



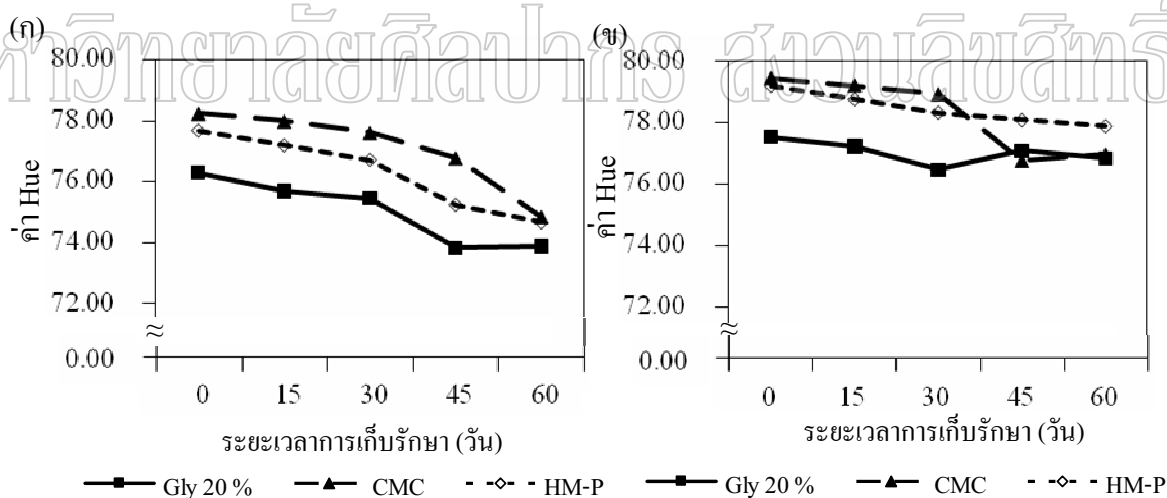
ภาพที่ 54 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมะม่วงแช่อบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส



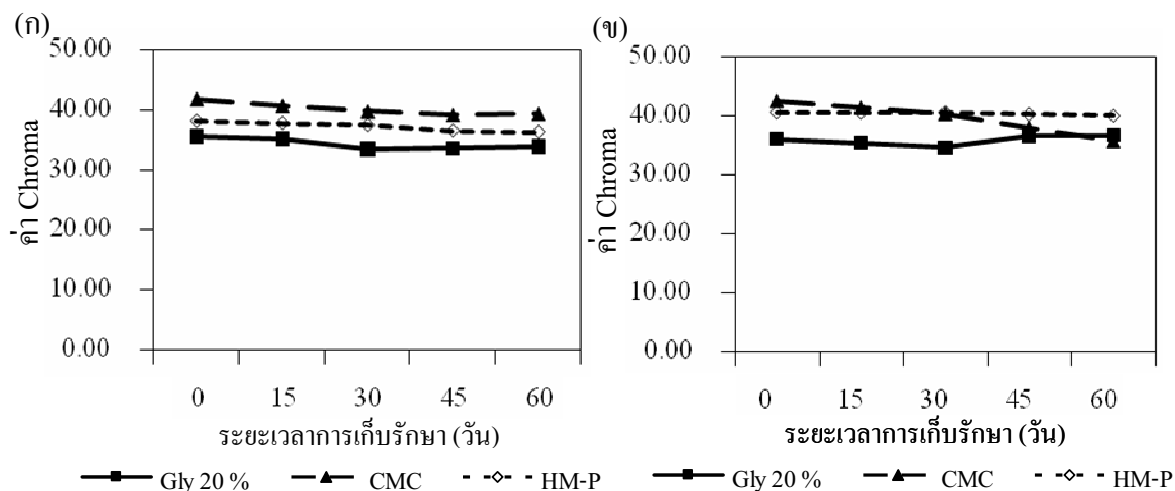
ภาพที่ 55 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของมะม่วงแช่อบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

จากการตรวจสอบค่าสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษา โดยคำนวณค่า Hue และ Chroma ดังแสดงในภาพที่ 56 และ 57 ตามลำดับ พบว่าค่า Hue มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 35 ซึ่งค่า Hue ของผลิตภัณฑ์ทุกทรีทเมนต์มีค่าอยู่ในช่วง 70 – 80 ซึ่งอยู่ในช่วงของสีเหลืองแดง (มีค่า Hue น้อยกว่า 90) และเมื่อเก็บรักษาไว้มีแนวโน้มลดลงนั้นหมายถึงสีจะเปลี่ยนไปทางสีแดงเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Mohammadi และคณะ, 2008) สำหรับมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมีค่า Hue สูงที่สุดแสดงถึงผลิตภัณฑ์มีความเป็นสีเหลืองมากกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบผู้บริโภคซึ่งยอมรับมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย HM-P ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมากที่สุด

สำหรับค่า Chroma แสดงถึงความเข้มของสีพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 37 ยกเว้นในมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการเคลือบด้วย CMC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 56 ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 57 ค่า Chroma ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่ (ก) อุณหภูมิห้อง และ (ข) 5 องศาเซลเซียส

4.6.7 การเปลี่ยนแปลงเบต้าแคโรทีนของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิว HM-P ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 9 ปริมาณเบต้าแคโรทีนของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณเบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	
	glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C
0	27.4	29.1
30	31.3	21.2
60	31.0	18.7
90	24.4	16.1

จากตารางที่ 9 พบว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิวด้วย HM-P มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีนน้อยกว่ามะม่วงที่มีการเคลือบผิว ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Li และ Barth (1996) ซึ่งเคลือบผิวแครอทด้วยสารเคลือบ 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซต่อการเปลี่ยนแปลงเบต้าแคโรทีนพบว่าสารเคลือบสามารถชะลอการสลายตัวของเบต้าแคโรทีนได้ โดยปริมาณเบต้าแคโรทีนคงเหลือร้อยละ 50 หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 28 วัน ในขณะที่แครอทที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณเบต้าแคโรทีนคงเหลือร้อยละ 33 ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องต่อการสูญเสียเบต้าแคโรทีนนอกจากการออกซิเดชันเพียงอย่างเดียว นั่นคือ ค่าออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวมีค่าสูงกว่าซึ่งจะไปส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์เกิดออกซิเดชันของเบต้าแคโรทีนได้ดีขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีการเคลือบผิวแล้วก็ตาม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีค่าออกซิเดชันสูงจะเกิดการฟองของส่วนประกอบภายในอาหาร (Maltini และคณะ, 2003) ทำให้พื้นที่การสัมผัสในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเบต้าแคโรทีนกับออกซิเจนมากขึ้นจึงเกิดการสลายตัวได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบผิวแต่มีค่าออกซิเดชันต่ำกว่า

4.6.8 ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาได้ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในระหว่างการเก็บรักษาทุก ๆ 1 เดือน โดยใช้แบบทดสอบผู้บริโภคทั้งหมด 30 คน ซึ่งเป็นพนักงานบริษัทเอกชนที่ผลิตผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้ง ซึ่งมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี ได้ทำการทดสอบความชอบด้านสี และความชอบดังตารางที่ 10 พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 90 วันพบว่าในด้านสี และความชอบรวมผู้บริโภคชอบมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย HM-P ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมากที่สุด และสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวด้วย CMC ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีลักษณะผิวเหนียวเยิ้มทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่ำกว่าการเคลือบผิวด้วย HM-P ซึ่งลักษณะผลิตภัณฑ์จะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบผิว และนอกจากนี้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวจะยังสามารถลดการตกผลึกขาวของน้ำตาลที่ผิวผลิตภัณฑ์ เนื่องจากคุณสมบัติของสารเคลือบป้องกันการซึมผ่านของน้ำภายในชั้นผลิตภัณฑ์สู่สิ่งแวดล้อมได้อีกทั้งจากการทดสอบพบว่ากลิ่นรสของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวให้กลิ่นรสของมะม่วงแรงกว่าเนื่องจากสารเคลือบผิวจะป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย (Miller and Krochta, 1997) จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเคลือบผิว

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสที่เป็นเวลา 0 30 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	สี				ความชอบรวม			
	0	30	60	90	0 ^{ns}	30	60	90
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	4.79 ± 1.29 ^b	4.33 ± 1.35 ^{bc}	3.20 ± 1.86 ^c	3.20 ± 1.47 ^d	5.17 ± 1.04	3.90 ± 1.67 ^{cd}	3.53 ± 1.55 ^b	3.33 ± 1.18 ^b
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	4.79 ± 1.29 ^b	3.60 ± 1.77 ^c	4.87 ± 1.76 ^b	4.37 ± 1.99 ^{bc}	5.17 ± 1.04	3.70 ± 1.70 ^d	4.83 ± 1.66 ^b	4.43 ± 1.77 ^{ab}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	5.38 ± 1.15 ^{ab}	5.07 ± 1.39 ^{ab}	3.73 ± 1.60 ^c	3.37 ± 1.59 ^{cd}	5.14 ± 1.38	4.77 ± 1.79 ^{ab}	4.10 ± 1.71 ^{ab}	3.70 ± 1.91 ^b
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	5.38 ± 1.15 ^{ab}	5.73 ± 1.34 ^a	5.93 ± 0.91 ^a	5.13 ± 1.57 ^{ab}	5.14 ± 1.38	5.13 ± 1.74 ^{ab}	5.43 ± 1.30 ^a	4.97 ± 1.56 ^a
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P								
อุณหภูมิห้อง	5.69 ± 1.17 ^a	3.60 ± 1.89 ^c	5.27 ± 0.98 ^{ab}	4.73 ± 1.51 ^{ab}	5.55 ± 1.21	4.70 ± 1.62 ^{bc}	5.50 ± 1.28 ^{ab}	5.10 ± 1.52 ^a
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C								
°C	5.69 ± 1.17 ^a	4.93 ± 1.31 ^{ab}	6.10 ± 1.18 ^a	5.53 ± 0.97 ^a	5.55 ± 1.21	5.53 ± 1.17 ^a	5.97 ± 1.19 ^a	5.43 ± 0.73 ^a

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=30)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=2)

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ที่สภาวะการศึกษาต่างๆ

ความสัมพันธ์ (Pearson correlation) ระหว่างปัจจัยคุณภาพที่ทำการศึกษาแสดงดังตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสี ได้แก่ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองสัมพันธ์กับปริมาณการเกิดสีน้ำตาล ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ความชื้น กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเกิดสีน้ำตาลสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ HMF ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ความชื้น กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง Chroma และค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมไม่มีความสัมพันธ์คุณลักษณะทางกายภาพ และทางเคมี

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่สภาวะการศึกษาต่างๆ

	L	a	b	BI	HMF	Aw	MC	pH	PPO	RS	color	teture	taste	overall	Hue	Chroma
L	1.000															
a	-0.506**	1.000														
b	0.174	-0.340**	1.000													
BI	-0.077	0.509**	-0.647**	1.000												
HMF	0.213	-0.025	-0.181	0.274*	1.000											
Aw	-0.481**	0.008	0.473**	-0.441**	-0.196	1.000										
MC	-0.171	-0.161	0.654**	-0.706**	-0.296*	0.705**	1.000									
pH	-0.165	0.226	-0.027	-0.032	0.183	-0.031	0.086	1.000								
PPO	0.490**	-0.511**	-0.376**	-0.366**	-0.164	-0.006	0.263*	-0.372**	1.000							
RS	0.073	0.209	-0.487**	0.505**	0.060	-0.194	-0.520**	-0.362**	-0.205	1.000						
color	-0.225	0.137	-0.054	0.154	0.270*	-0.038	-0.087	-0.044	-0.171	0.126	1.000					
texture	-0.013	-0.113	-0.087	0.007	0.332**	-0.036	-0.102	-0.013	-0.038	0.191	0.436**	1.000				
taste	0.002	-0.039	0.002	-0.038	0.192	0.066	-0.006	0.069	-0.039	0.171	0.364**	0.676**	1.000			
overall	-0.068	-0.051	0.051	-0.059	0.193	-0.002	0.026	0.117	-0.031	0.025	0.549**	0.726**	0.811**	1.000		
Hue	0.496**	-0.309*	0.096	-0.185	-0.016	-0.230	-0.039	-0.089	.279*	0.074	-0.223*	-0.043	-0.103	-0.102	1.000	
Chroma	0.036	-0.134	0.185	-0.273*	0.085	0.004	0.161	0.229	0.170	-0.250	-0.065	0.067	0.141	0.145	0.283**	1.000

***.ความสัมพันธ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ 99 ตามลำดับ (2-tailed)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองศึกษาหาปริมาณสารดูดความชื้นที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงแช่ อิ่มอบแห้งแบบหวานน้อยที่ไม่มีกรเดิมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟด์ พบว่าการใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลมีประสิทธิภาพในการลดค่าออกเตอรแอกติวิตี้ได้ โดยมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ สารละลายกลีเซอรอลล้อยละ 20 และกลีเซอรอลล้อยละ 10 ผสมซอร์บิทอลล้อยละ 10 และเติม โซเดียมแอสคอร์เบทร้อยละ 1 กลีเซอรอล สามารถลดค่าออกเตอรแอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ได้ต่ำที่สุด และจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคยอมรับมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการ แช่สารละลายกลีเซอรอลล้อยละ 20 ทางด้านด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมมากที่สุด สำหรับด้านสีมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลล้อยละ 20 มากที่สุดแต่เมื่อ พิจารณาทางด้านสถิติพบว่าความด้านสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายกลีเซ อรอลล้อยละ 20 และมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซอร์บิทอลล้อยละ 20 ไม่มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากลีเซอรอล ร้อยละ 20 เป็นสารละลายออสโมติกที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าออกเตอรแอกติวิตี้ได้ดีที่สุดและ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่มี การใช้กลีเซอรอล และซอร์บิทอลเพื่อลดค่าออกเตอรแอกติวิตี้ นั้น ไม่สามารถลดการเปลี่ยนแปลงการ เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ อีกทั้งการเกิดสีน้ำตาลยังเกิด ได้มากกว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่แช่ สารละลายซูโครส ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มของแข็ง เข้าสู่ชิ้นมะม่วงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด โดยระยะเวลาในการแช่อิ่มเพียง 3 ชั่วโมง ซึ่งทำให้การเคลื่อนที่ของสารดูดความชื้นที่ไ้ยังเข้าไป แทนที่น้ำได้ไม่มากนัก จึงไม่สามารถลดค่าออกเตอรแอกติวิตี้ได้ต่ำเพียงพอที่จะลดการเกิดปฏิกิริยาสี น้ำตาลได้ และจากการทดสอบผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ สารละลายซอร์บิทอลล้อยละ 10 ผสมกลีเซอรอลล้อยละ 10 ในด้านสี และความชอบรวมมากที่สุด

3. จากการศึกษาการเคลือบผิวมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งด้วย CMC และ HM-P พบว่าสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดย CMC ชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่า HM-P และมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่มีการเคลือบผิวตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่การเคลือบผิวด้วย HM-P และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสีได้ดีที่สุด เนื่องจากสารเคลือบผิวป้องกันการซึมผ่านของอากาศออกซิเจนและวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ได้ อีกทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบผู้บริโภคมีความชอบมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่เคลือบผิวด้วย HM-P ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมากที่สุด

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีนของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่ไม่มีการเคลือบผิวด้วย HM-P เกิดได้น้อยกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวด้วย HM-P มีค่าออกซิเดชันต่ำกว่าจึงเกิดออกซิเดชันของรงควัตถุได้ดีกว่า ซึ่งผลไม่สอดคล้องกับการทดสอบผู้บริโภค

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บรรณานุกรม

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. มหัศจรรย์ผลไม้ไทย[ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 15 ตุลาคม 2551.
 Web site: <http://www.moac.go.th/builder/fruit/index.php?page=463&clicksub=463>
- ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน ภัทรารักษ์ ศรีสมรรถการ ณิชชัย เทียงบูรณธรรม และวิมลศรี สิริพัฒนากุล.
 2545. ผลกระทบของสายต้น ความสุขแก่และกระบวนการแปรรูปที่มีต่อคุณภาพของน้ำ
 มะม่วงและไวน์มะม่วง จากมะม่วงสามปี (*Mangifera Indica* L.). สถาบันวิจัยและฝึกอบรม
 การเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. ISBN: 974-416-466-2.
- นพพล วัฒนาศิริสมบัติ ธนกร อารยศิริกุล พัทธราภรณ์ เหล่าพรรณราย และอุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ.
 2549. การยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบกรอบโดยใช้เทคโนโลยีการบรรจุ.
 โครงการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. น. 316 – 334
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. น. 32-329.
- นิษณา ลุงรุ่ง และ บุศราภรณ์ มหาโยธี. 2548. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่
 ออมแห้งชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ ปราศจากสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ และไม่มีการเติมวัตถุ
 กันเสียและศึกษาอายุการเก็บ. โครงการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยฝ่าย
 อุตสาหกรรม.
- นิษณา ลุงรุ่ง และ บุศราภรณ์ มหาโยธี. 2549. การผลิตสับปะรดแช่อมอบแห้งชนิดที่มีปริมาณ
 น้ำตาลต่ำและไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 37(พิเศษ): 325-
 328.
- วิรัชญา คำชู และ วิชฌณี ยืนยงพุทธกาล. 2550. ผลของการใช้น้ำตาลทรายและเกลือต่อการถ่ายเท
 มวลสารระหว่างวิธีออสโมซิสแดงไทย. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 38(พิเศษ): 91-94.
- วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร
 คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. พิมพ์ครั้งที่ 3,
 กรุงเทพฯ. 500 หน้า.
- ศรีวิกรณ์ ดิษฐอุดมโพธิ์ และ ชลธิชา. 2550. การถ่ายเทมวลสารระหว่างการทำแห้งด้วยวิธีการ
 ออสโมซิสแช่เยือก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38(6): 115-118.
- สมชาติ โสภณธฤทธิ. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

- Alyranci, E. and Tune, S. 2003. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food chemistry* 80: 423-431.
- Antonio, G. C., Azoubel, P. M., Alves, D. G., El-Aouar, A. A. and Murr, F. E. X. OSMOTIC DEHYDRATION OF PAPAYA (*Carica papaya* L.): INFLUENCE OF PROCESS VARIABLES. Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS' 2004), Sao Paulo, Brazil, 22-25 August 2004, vol. C: 1998-2004 pp.
- Association of Official Analysis (A.O.A.C). 2000. Official Method of Analysis. 15th ed., Chemists, Virginia.
- Arogba, S. et al. 1998. Properties of polyphenol oxidase in mango (*Mangifera indica*) kernel. *Journal of food science and Agricultural* 77: 459-462.
- Baloch, A.K., Buckle, K.A. and Edwards, R.A. 1973. Measurement of non - enzymic browning of dehydrated carrot *Journal of food science and food Agricultural*. 24: 389-398.
- Behsnilian, D. and Spiess, E.L.W, 2006. Osmotic dehydration of fruit and vegetable. <http://iufost.edpsciences.org>. 1857-1869.
- Braverman, J.B.S. 1963. Introduction to the Biochemistry of Food. Elsevier Publishing Company. New York: 336 p.
- Burdurlu, H. S. and Karadeniz, F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. *Food chemistry* 80: 91-97.
- Cais, D., Ska. S., Pikul, J. and Dankow, R. 2004. MEASUREMENT OF COLOUR PARAMETER AS AN INDEX OF THE HYDROXYMETHYLFURFURAL CONTENT IN THE UHT STERILISED MILK DURING ITS STORAGE. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 7(2): #03.
- Chen, J.P., Tai, C.Y. and Chen, B.H. 2004. Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwaese mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of chromatography A* 1054: 261-268
- Chottanom, P., Phoungchandang, S., Bohuon, P. and Dumas, J. C. Mass Transfer during Osmotic Dehydration and Its Effect on Air Drying Behavior of Mango Slices. The 9th Agro-Industrial Conference: 15 June 2007, Propak Asia 2007 (13-16 June 2007), BITEC, Bangkok, Thailand.

- Chutintrasi, B. and Noomhorm, A. 2006. Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree. *Journal of Food science and Technology* 39: 492-495.
- Davies, C.G.A and Labuza, T.P. The Maillard Reaction Application to Confectionery Products. http://faculty.che.umn.edu/fscn/Ted_Labuza/PDF_files/papers/maillard-confectionary.pdf. Accessed August 2006.
- Dorota, C. S. S., Pikul, J. and Danków, R. 2004. *Food science and Technology* 7(2).
- Eskin N. A. M., Henderson H. M. and Townsend. 1971. *Biochemistry of foods*. Academic Press. New York: 240 p.
- Fellows, P. 2000. *Food processing technology*. 2nded. New York: Washington DC. 575 p.
- Fennema, O. R. 1996. *Food chemistry*. 3rded. New York: Marcel Dekker. 1067 p.
- Food Standards Agency. 2004. *Guidance Notes on the Food Labelling (Amendment) (No. 2) Regulations*.
- GÖGÜS, F. and EREN, S. 1998. Effect of Temperature and pH on Nonenzymic Browning in Minced Dried Pepper During Storage. *Journal of Engineering and Environmental Sciences*. 22: 33-38.
- Guerrero Beltrán, J. A., Swanson, B. G. and Barbosa-Cánovas, G. V. 2005. Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. *Lebensmittell-Wissenschaft and Technology* 38: 625-630.
- Guiné, R. P. F. 2005. Drying kinetics of some varieties of pears produced in Portugal. *Food and Bioproducts Processing* 83(C4): 273-276.
- Gvozdenovic, J. J., Aljilji, A. R., Lazic, V. L., Tepic, A. N. and Svrzic, V. 2007. INFLUENCE OF PROTECTIVE CHARACTERISTICS OF PACKAGING MATERIAL ON PACKED DRIED FRUITS. *Acta periodica technologica* 38: 1-190.
- Hussain, I., Iqbal, M., Shakir, I. and Ayub, N. 2004. Effect of Sucrose and Glucose Mixture on the Quality Characteristics of Osmotically Dehydrated Banana Slices. *Pakistan Journal of Nutrition* 3(5): 283-284.
- IDEA, 2001. *Dried fruits*. Agribusiness development centre (ADC) commercialization bulletin 11: 1-8.

- Jeong, H. L., Jin, W. J., Kwang, D. M. and Kee, J. P. 2008. Effect of Anti-Browning Agents on Polyphenoloxidase Activity and Total Phenolics as Related to Browning of Fresh-Cut 'Fuji' Apple. *ASEAN Food Journal* 15(1): 79-87.
- Kang, H.J., Jo, C., Kwon, J.H., Chung, H.J. and Byun, M.W. 2007. Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty. *Food Control* 18(5): 430-435.
- Khiabani, S. M., Emam-Djomeh, Z. and Sahari, M. A. IMPROVING THE QUALITY OF SUN-DRIED PEACHES BY OSMOTIC DEHYDRATION PRE-TREATMENT. Proceedings of the 13th International Drying Symposium (IDS' 2002), Beijing, China, 27-30 August' 2002, vol. B: 952 pp.
- Koca, N., Burdurlu, H. S. and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. *Journal of food engineering* 78: 449-455.
- Leeratanarak, N., Devahastin, S. and Chiewchan, N. 2006. Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques. *Journal of Food Engineering* 77: 635-643.
- MacDougall, B. D. 2002. *Colour in Food*. Woodhead Publishing Limited. United States. 378.
- Maltini, E., Torreggiani, D., Venir, E. and Bertolo, G. 2003. Water activity and the preservation of plant foods. *Food Chemistry* 82: 79-86.
- Miller, K.S. and Krochta, J.M. 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible film: A review. *Trends in Food Science and Technology* 8: 228-237.
- Miao, S. and Ross, Y.H. 2005. Comparison of nonenzymatic browning kinetics in spray-dried and freeze-dried carbohydrate-based food model system. *Journal of Food Science*. 69(7): E322-E331.
- Mohammadi, A., Rafiee, S. Emam-Djomeh, Z. and Keyhani, A. 2008. Kinetic Models for Colour Changes in Kiwifruit Slices During Hot Air Drying. *World Journal of Agricultural Sciences* 4(3): 376-383.
- Nezam El-Din, M. A. And Abd El-Hameed, K.A. 2001. STUDY ON THE STORAGE OF EGYPTIAN SIWI DATE VARIETY (SEMI-DRY DATE). The 2nd International conference on Dae Palms: 25-26 March 2001.

- Oh, S.H., Lee, Y.S., Kim, J.H., Kim, J.H., Lee, J.W., MEE, R.K., Yook, H.S. and Byun, M.Y. 2006. Effect of pH on non-enzymatic browning reaction during gamma-irradiation processing using sugar and sugar-glycine solutions. *Food Chemistry* 94: 420-427.
- Osorio, C., Franco, S.M., Castano, M.P., Gonzalez-Mret. M.L., Heredia, J.F. and Morales, L.A. 2007. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8(3): 353-359.
- Pongsakul N., Rakariyatham N. and Leelasart B. "Inhibition of Enzymatic Browning in Dried Longan Fruit." 15 th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology on Sustainable Development of SMEs Through Biotechnology, JSPS-NRCT Symposium, Chaing Mai, Thailand, 3-6 February 2004.
- Pongsakul N., Leelasart B. and Rakariyatham N. 2006. Effect of L-cysteine, Potassium Metabisulfite, Ascorbic Acid and Citric Acid on Inhibition of Enzymatic Browning in Longan. *Chiang Mai Journal Food Science* 33(1): 137-141.
- Pott, I., Konrad, S., Scherer, R., Wiriyaacharee, P. and Mühlbauer, W. 2004. Quality of Five Thai Mango Cultivars (*Mangifera indica L.*) Using a Solar Drying System. *Chiang Mai University Journal* 3(3): 189-198.
- Pott, I., Neidhart, S., Mühlbauer, W. and Carle, R. 2005. Quality improvement of non-sulphited mango slices by drying at high temperatures. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6(4): 412-419.
- Rai, S. and Chauhan, A. S. 2008. QUALITY ATTRIBUTES OF DRUM-DRIED PAPAYA-CEREAL FLAKES DEVELOPED FROM RIPE PAPAYA (*CARICA PAPAYA L.*). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 7(5): 2914-2931.
- Rattanthanalerk, M. Chiewchan, N. and Srichumpoung, W. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering*. 66: 259-265.
- Ribeiro, C., Vicente, A. A., Texeireiro, A. J. and Miranda, C. 2007. Optimization of Edible Composition to Retard Strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology* 44 : 63-70.
- 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.

- Saengnil, K., Lueangprasert and Uthaibutra, J. 2006. Control of Enzymatic Browning of Harvested 'Hong Huay' Litchi Fruit with Hot Water and Oxalic Acid Dips. *Scienc Asia* 32: 345-350.
- Schuep, W. and Schierle, J. 1997. Determination of β -Carotene in Commercial Foods: Interlaboratory Study 80(5): 1057-1064.
- Torezan, G. A. P., Favareto, P. C. C., Pallet, D. and Menezes, H. C. OSMOTIC DEHYDRATION OF MANGO: EFFECTS OF TEMPERATURE AND PROCESS TIME. Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004), Brazil, 22-25 August 2004, vol.C: 2165-2172 pp.
- Tosun, I. 2004. Color changes and 5-hydroxymethyl furfural formation in zile pekmezi during storage. *First American Scientific Corporation* 3: 259-263.
- Wais, N. L., Santos, M.V., Marani, C.M., Agnelli, M.E. and Mascheroni, R.H. 2004. Osmotic dehydration and combined osmotic dehydration-hot air drying of banana and apple slices: Mass transfer and quality issues. *Proceeding of the 14th International Symposium (IDS2004)*. C: 2201-2206.
- Warczok, J. 2005. Concentration of osmotic dehydration solutions using membrane separation Processes. Universitat Rovira i Virgili Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química. 146pp.
- Zauberman, G., Ronen, R., Akerman, M., Weksler, A., Rot, I. and Fuchs., Y. 1991. *Sci Hortic* 47: 89-97.
- FAOSTAT data. 2008. <http://www.faostat.fao.org>. Last updated October.
- <http://grokfood.com/glycerine/>, January 14, 2006.

มหาวิทยาลัยศิลปากร ภาคผนวก สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ก

1. การวัดค่าสีในระบบ $CIE L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (รุ่น Miniscan XE plus, USA) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D - light 65 มุมสังเกต 10 องศา ทำการ Calibrate เครื่องวัดสี ทุก ๆ 4 ชั่วโมง ด้วยแผ่นกระเบื้องสีดำและสีขาวตามลำดับ

2. สูตรการคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมด

$$\frac{\text{ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)} \times 0.007 \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

3. การหาค่าแอกทีวิตี้ด้วยเครื่อง Water Activity- a_w

3.1 การ calibrate เครื่อง

วิธีการ Set-up calibrate เครื่อง โดยให้สังเกตดังนี้

- ให้ปรับหนึ่งครั้งตอนเช้าหรือตอนเริ่มใช้งาน จากนั้นก็ใช้ตลอดทั้งวัน
- ถ้าเครื่องทิ้งไว้นาน โดยที่ไม่ได้ใช้ ให้ปรับทุกครั้งก่อนที่จะนำเครื่องมาใช้

วิธีการปฏิบัติ

- 1.) นำตลับ Salt Standard มาใส่ใน Measuring Chamber ให้เริ่มต้นด้วย Salt Standard Sal-90 (90.1% ERH)
- 2.) ปิดฝาครอบให้เรียบร้อย
- 3.) ให้หมุนปุ่มสี่เหลี่ยมตรงด้านหน้าเครื่อง ไปยังหมายเลข 2
- 4.) รอเครื่องประมาณ 1-2 นาที แล้วจึงค่อยกดปุ่มสี่เหลี่ยม Enter ด้านขวามือ กดจนกระทั่งบนจอแสดงค่า (LCD) ถ้าข้อความบนจออ่านว่า NO CAL ก็ให้รอจนกว่าบนจอจะแสดงว่า 90 CAL พร้อมทั้งกับการกระพริบด้วย
- 5.) ให้กดปุ่ม Enter อีกครั้งจนกระทั่งข้อความบนจอหยุดกระพริบ
- 6.) เครื่องจะทำการ calibrate จนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการ
- 7.) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการแล้ว เครื่องจะกลับเข้าสู่สภาพปกติคือ พร้อมทั้งจะวัดและแสดงค่าอุณหภูมิและ % ERH ($a_w = ERH/100$) ของตัวอย่าง
- 8.) สำหรับค่าอื่นๆ ให้ทำการ calibrate ในทำนองเดียวกับค่า 90 ดังกล่าวข้างบน

วิธีการวัดสารตัวอย่าง

- 1.) หมุนปุ่มสี่เหลี่ยมของเครื่อง Thermostatmer ในตำแหน่งที่ 1
- 2.) นำถาดพลาสติก (sample cup) มาใส่สารตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80-90%
- 3.) นำถาดตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamber
- 4.) ปิดฝาให้เรียบร้อย
- 5.) Set อุณหภูมิให้ได้ตามต้องการ

จากนั้นรอกจนกระทั่งอ่านอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของอากาศอยู่ในสถานะสมดุล (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง สถานะนี้เรียกว่า Equilibrium Relative Humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 1000 ก็จะได้ค่า a_w (Water Activity) ตามที่ต้องการ

4. ปริมาณความชื้นใช้การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วย Vacuum oven วิธีการของ AOAC (2000)

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3.0000 ± 0.05 กรัมที่เหมาะสมให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
2. ใส่ในภาชนะออลูมิเนียมโดยเปิดฝาลึกน้อย ซึ่งผ่านการอบ 30 นาทีและทราบน้ำหนักที่แน่นอน อบในตู้อบสูญญากาศ ที่ความดันน้อยกว่า 100 มม.ปรอทอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง
3. จากนั้นนำภาชนะออกจากตู้อบสูญญากาศพร้อมปิดฝาลึกออลูมิเนียม
4. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
5. ชั่งน้ำหนัก
6. นำผลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณความชื้นดังนี้

$$\text{วิธีคำนวณ} \quad \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{100(w_1 - w_2)}{w_1 - w}$$

เมื่อ

w	=	น้ำหนักของจานออลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)
w_1	=	น้ำหนักของจานออลูมิเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
w_2	=	น้ำหนักของจานออลูมิเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

5. การสกัดและการวิเคราะห์เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO)

สารเคมี 0.1M sodium phosphate buffer pH 6.8, Polyvinylpyrrolidone (PVP), 0.1M 4-methylcatechol

ชั่งตัวอย่างแห้ง 2 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตรแล้วเติม 0.1M sodium phosphate buffer pH 6.8 10 มิลลิลิตร และ PVP 0.2 กรัม Homogenized ด้วย UltraTurrax T25 basic เป็นเวลา 1 นาที refrigerated centrifuge ต่อด้วยความเร็วรอบ 19,000 rpm นาน 20 นาที (4 องศาเซลเซียส) คูดสารละลายส่วนที่ใสมา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ใน 0.1M sodium phosphate buffer pH 6.8 1.0 มิลลิลิตร และ 0.1M 4-methylcatechol 0.5 มิลลิลิตร ผสมสารละลายโดยใช้ vertex mixer จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียสด้วยเครื่อง spectrophotometer บันทึกค่า absorbance ทุก 30 วินาที นาน 5 นาที โดย 1 unit ของกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับค่าเพิ่มขึ้นของ absorbance 0.01 ต่อนาที

6. วิเคราะห์ปริมาณการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล คัดแปลงจากวิธีการของ Baloch และคณะ (1973)

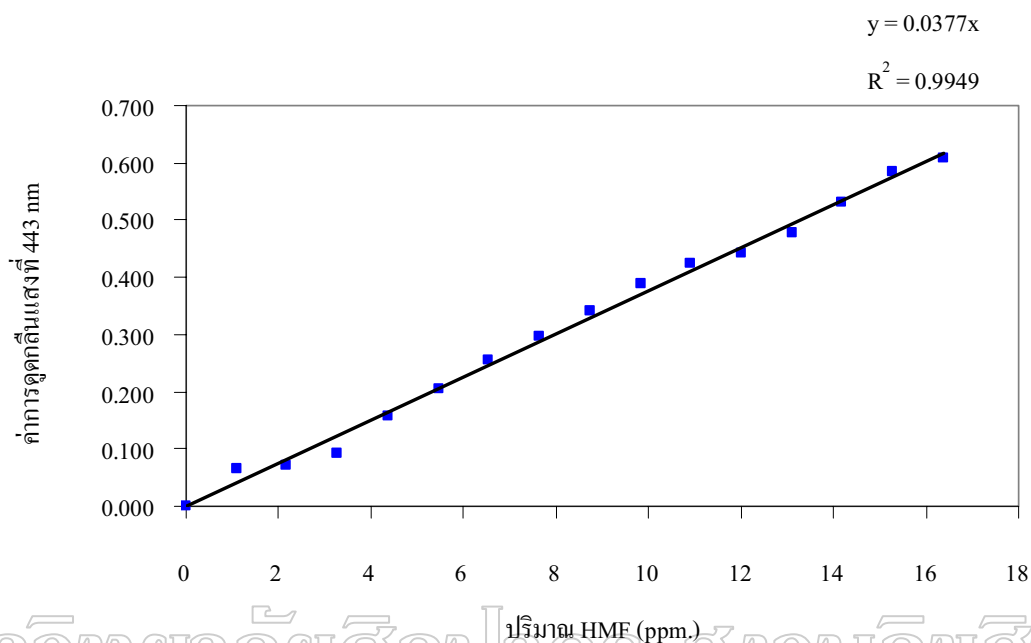
สารเคมีที่ใช้ 2.0% Acetic acid (CH_3COOH), glacial 99.9%
ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม หั่นตัวอย่างให้ละเอียดใส่ลงในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร เติม 2.0% acetic acid 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ นาน 10 นาทีปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นชนิด UltraTurrax T25 basic 30 วินาที นำไป centrifuge ด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 8,000 rpm นาน 15 นาที นำส่วนใสมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้ 2.0% acetic acid เป็น blank

7. การวิเคราะห์ปริมาณสาร HMF (5-Hydroxymethyl-2-furfural) โดยคัดแปลงจากวิธีการของ Rattanathanalerk และคณะ (2005)

สารเคมี 12% w/w trichloroacetic acid (TCA), 0.025 M thiobabaturic acid (TBA)
สารละลาย (5-Hydroxymethyl-2-furfural) ให้อยู่ในช่วง 0-25 mg/kg, 95% ethyl alcohol

ชั่งตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตรแล้วเติม 95% ethyl alcohol 20 มิลลิลิตร Homogenized ด้วย UltraTurrax T25 basic เป็นเวลา 1 นาที centrifuge ต่อด้วยความเร็วรอบ 9,000 rpm นาน 40 นาที คูดสารละลายส่วนที่ใสมา 2 มิลลิลิตร ใส่ใน screw cap tube ขนาด 16 มิลลิลิตร เติม 12% w/w trichloroacetic acid 2 มิลลิลิตร เติม 0.025 M thiobabaturic acid 2 มิลลิลิตร ผสมสารละลายโดยใช้ vertex mixer นำ screw cap tube พร้อมสารละลายตัวอย่างไปวางใน water bath ที่อุณหภูมิ 40 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที ทำให้เย็นโดยนำ

หลอดทดลองไปน้ำอุณหภูมิปกติที่ท่วมสารละลายจากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าที่วัดได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน (รูปที่ 52)



ภาพที่ 58 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณ HMF

8. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล(Lane- Enal Method)

8.1 การเตรียมสารเคมี

1). สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.16 N. (HCl 0.16 N)

ปิเปต กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น(conc. HCl) 16.6 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 ml เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 ml เขย่าให้เข้ากัน

2). สารละลายเฟลลิ่ง A (Fehling Solution A)

ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 34.65 g ละลายด้วยน้ำกลั่นใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml เติมน้ำกลั่นให้ครบ 500 ml เขย่าให้สารเคมีละลายให้หมด แล้วใส่ในขวดสีชาทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ ก่อนนำมาใช้ ถ้ามีตะกอนให้กรองออกก่อนใช้

3). สารละลายเฟลลิ่ง B (Fehling Solution B)

ชั่งโปตัสเซียมโซเดียมทาร์เตรท ($\text{KNa}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 173 g และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 50 g ละลายสารเคมีทั้ง 2 ตัวเข้าด้วยกัน ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml เติมน้ำกลั่น

ให้ครบ 500 ml เขย่าสารเคมีละลายให้หมดแล้ว ใส่ขวดสีชาทิ้งไว้ 2 คืนก่อนนำมาใช้ ถ้ามีตะกอน ให้กรองออกก่อนใช้

4). อินดิเคเตอร์ (Indicator)

ซังเมทิลีนบลู (Methylene blue) ประมาณ 1 g ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 ml เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml เขย่าให้เข้ากัน

8.2 วิธีวิเคราะห์

1) การเตรียมสารละลายตัวอย่าง : ชั่งตัวอย่างที่สับละเอียดแล้วประมาณ 10 g (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ เติมน้ำร้อน (อุณหภูมิประมาณ 80-90 °C) 100ml แล้วตั้งทิ้งไว้ สักระยะโดย

- ถ้าเป็นตัวอย่างเปียกให้ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

- ถ้าเป็นตัวอย่างแห้งให้ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

} คนอย่างสม่ำเสมอ

2) กรองเอาส่วนกากออก แล้วนำสารละลายตัวอย่างที่กรองได้ไป วัด Brix และ pH (ตามที่ระบุไว้ใน การวัด Brix และ pH (W 08 - 021))

3) การหาค่า RS (Reducing Sugar)

3.1) ถ้าเป็นของแฉะ ให้บีบเปิดสารละลายตัวอย่างจาก ข้อ 5.2.2 (ส่วนที่เป็นน้ำ) มา 40 ml แต่ถ้าเป็น ของแห้ง ให้บีบเปิดมา 20 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml เขย่าให้เข้ากัน

3.2) เทสารละลายที่ได้จากข้อ 1) ลงในบิวเรต สำหรับเป็น Titrant

3.3) บีบเปิดสารละลายเฟลลิ่ง A และสารละลายเฟลลิ่ง B อย่างละ 5 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ นำไปต้ม จนเดือด แล้วนำไปไตเตรท กับสารละลายในบิวเรต จนสารละลายเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง เติมนิโคติเคเตอร์ลงไป 2 - 3 หยด สารละลายในขวดรูปชมพู่จะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นสีน้ำเงิน หยดสารละลายในบิวเรตลงไปเรื่อยๆ จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงิน เป็นสีน้ำตาลแดงอีกครั้ง อ่านปริมาตรของสารละลาย ในบิวเรตที่ใช้ในการไตเตรท เพื่อนำไปเปิดตารางหาค่า Glucose

4) การหาค่า IS (Inverse sugar)

4.1) ถ้าเป็นของแฉะ บีบเปิดสารละลายตัวอย่างจากข้อ 2) (ส่วนที่เป็นน้ำ) มา 10 ml ผสมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.16 N 10 ml ในหลอดทดลอง

4.2) ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายจากหลอดทดลอง มาใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml

4.3) นำมาไตเตรทกับสารละลายเฟลลิง A+B เช่นเดียวกับข้อ 5.2.3 ใน 3)

8.3 การคำนวณ

$$\text{Dilution factor} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} + 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

สูตรการคำนวณ % RS และ % IS

$$\text{RS (สำหรับของแห้ง)} = (\text{Df} \times 5\text{C} \times \text{A}) / 10\text{X}$$

$$\text{RS (สำหรับของแฉะ)} = (\text{Df} \times 2.5\text{C} \times \text{A}) / 10\text{X}$$

$$\text{IS (สำหรับของแห้ง และของแฉะ)} = (\text{Df} \times 10\text{C} \times \text{B}) / 10\text{Y}$$

$$\text{SC} = (\text{IS} - \text{RS}) \times 0.95$$

$$\text{Ratio} = \frac{\text{IS}}{\text{SC}}$$

$$\% \text{ Stick} = \text{RS} \times 100 / (\text{RS} + \text{SC})$$

สมมติให้

X เป็นปริมาตรของ sample ที่ใช้ในการไตเตรทกับ Fehling reagent เพื่อหาค่า RS

Y เป็นปริมาตรของ sample ที่ใช้ในการไตเตรทกับ Fehling reagent เพื่อหาค่า IS

A คือ ค่า glucose factor ที่ได้จากการนำค่า X ไปเทียบกับตาราง

B คือ ค่า glucose factor ที่ได้จากการนำค่า Y ไปเทียบกับตาราง

C คือ ค่าตัวแปรซึ่งจะเท่ากับจำนวนเท่าที่คุณเพิ่มถ้าปริมาตรจากการไตเตรทไม่ถึง 15 ml

หมายเหตุ - ถ้าค่าปริมาตรของสารละลายจากบิวเรตที่ใช้ในการTitrate ต่ำกว่า 15 ต้องนำ 2 หรือ 3 ไปคูณ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์อยู่ในช่วง 15 - 50 จึงจะสามารถเปิดตาราง glucose ได้

ตารางแสดงค่า Glucose

ml. ของ titrant	ค่า glucose factor	ml. ของ titrant	ค่า glucose factor
15	49.1	33	50.3
16	49.2	34	50.3
17	49.3	35	50.4
18	49.3	36	50.4
19	49.4	37	50.5
20	49.5	38	50.5
21	49.5	39	50.6
22	49.6	40	50.6
23	49.7	41	50.7
24	49.8	42	50.7
25	49.8	43	50.8
26	49.9	44	50.8
27	49.9	45	50.9
28	50.0	46	50.9
29	50.0	47	51.0
30	50.1	48	51.0
31	50.2	49	51.0
32	50.2	50	51.1

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนสิทธิ์

9. การหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid)

ทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง refractometer ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการปั่นละเอียดตัวอย่างมะม่วงสด ด้วยเครื่องปั่น (Homogenizer) จากนั้นทำการกรองด้วยผ้ากรอง และนำน้ำมาทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 12 คุณสมบัติของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิดก่อนแช่ขึ้นมะม่วง

ปัจจัยคุณภาพ	Control	Glycerol 10%	Glycerol 20%	Sorbitol 10%	Sorbitol 20%	Sorbitol 10% + Glycerol 10%	Sorbitol 10% + Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%
TS (%)	37.22 ± 3.02 ^a	29.43 ± 3.33 ^b	21.81 ± 0.35 ^c	29.60 ± 1.11 ^b	22.74 ± 0.63 ^c	22.78 ± 1.18 ^c	24.07 ± 0.66 ^c
RS (%) ^{NS}	3.46 ± 3.80	4.19 ± 4.60	1.97 ± 2.16	0.46 ± 0.51	0.47 ± 0.51	0.49 ± 0.54	0.95 ± 0.03
SC (%)	32.08 ± 2.09 ^a	23.97 ± 1.24 ^c	18.95 ± 1.86 ^c	27.68 ± 0.96 ^b	21.16 ± 0.56 ^{de}	21.17 ± 1.61 ^{de}	21.97 ± 0.64 ^{cd}
RA ^{NS}	1.16 ± 0.12	1.23 ± 0.20	1.16 ± 0.12	1.07 ± 0.02	1.07 ± 0.02	1.08 ± 0.03	1.09 ± 0.00
TSS (%) ^{NS}	35.0 ± 4.3	34.9 ± 3.7	34.1 ± 3.2	32.5 ± 1.6	32.8 ± 1.3	32.3 ± 1.4	35.5 ± 0.6
pH	4.03 ± 0.11 ^b	3.87 ± 0.16 ^{bc}	3.65 ± 0.09 ^d	3.75 ± 0.10 ^{cd}	3.84 ± 0.15 ^{bcd}	3.72 ± 0.05 ^{cd}	5.36 ± 0.07 ^a

^{a, b, c, d, e} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 13 คุณสมบัติของสารละลายออสโมติกแต่ละชนิดหลังแช่ขึ้นมะม่วง

ปัจจัยคุณภาพ	Control	Glycerol 10%	Glycerol 20%	Sorbitol 10%	Sorbitol 20%	Sorbitol 10% + Glycerol 10%	Sorbitol 10% + Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%
TS (%)	26.63 ± 1.52 ^a	23.34 ± 0.75 ^b	19.17 ± 1.14 ^d	22.59 ± 0.96 ^{bc}	20.59 ± 1.77 ^{cd}	19.55 ± 1.16 ^d	19.69 ± 0.55 ^d
RS (%)	2.90 ± 1.74 ^{ab}	3.11 ± 2.09 ^{ab}	3.47 ± 0.18 ^a	1.38 ± 0.14 ^b	2.86 ± 0.10 ^{ab}	2.55 ± 0.04 ^{ab}	2.59 ± 0.09 ^{ab}
SC (%)	22.20 ± 0.38 ^a	19.22 ± 2.12 ^{ab}	14.91 ± 1.00 ^c	20.15 ± 1.00 ^a	16.84 ± 1.77 ^{bc}	16.15 ± 1.13 ^c	16.24 ± 0.52 ^{bc}
RA	1.19 ± 0.10 ^{ab}	1.22 ± 0.13 ^{ab}	1.28 ± 0.02 ^a	1.11 ± 0.01 ^b	1.22 ± 0.03 ^{ab}	1.21 ± 0.01 ^{ab}	1.21 ± 0.01 ^{ab}
TSS (%)	26.70 ± 0.77 ^a	25.80 ± 0.44 ^{ab}	25.60 ± 0.22 ^{ab}	26.00 ± 0.22 ^{ab}	24.00 ± 0.66 ^c	24.70 ± 1.42 ^{bc}	24.70 ± 0.77 ^{bc}
pH	4.51 ± 0.08 ^b	4.46 ± 0.03 ^b	4.32 ± 0.03 ^{cd}	4.42 ± 0.07 ^{bc}	4.24 ± 0.04 ^d	4.30 ± 0.04 ^{cd}	4.94 ± 0.15 ^a

^{a, b, c, d} ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 14 คุณสมบัติของเนื้อมะม่วงหลังผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

ปัจจัยคุณภาพ	Control	Glycerol 10%	Glycerol 20%	Sorbitol 10%	Sorbitol 20%	Sorbitol 10% + Glycerol 10%	Sorbitol 10% + Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%
TS (%)	20.90 ± 0.70 ^a	19.89 ± 1.78 ^{ab}	19.19 ± 3.42 ^{ab}	20.29 ± 2.29 ^a	18.13 ± 1.26 ^{ab}	16.68 ± 1.76 ^b	16.53 ± 0.23 ^b
RS (%)	4.47 ± 0.75 ^a	4.22 ± 0.65 ^{ab}	4.18 ± 0.21 ^{ab}	3.56 ± 0.06 ^b	4.00 ± 0.07 ^{ab}	3.61 ± 0.30 ^b	3.90 ± 0.66 ^{ab}
SC (%)	15.61 ± 1.32 ^a	14.89 ± 2.30 ^{ab}	14.27 ± 3.06 ^{ab}	15.89 ± 2.13 ^a	13.43 ± 1.14 ^{ab}	12.42 ± 1.84 ^{ab}	12.00 ± 0.60 ^b
RA ^{NS}	1.34 ± 0.07	1.34 ± 0.09	1.35 ± 0.05	1.28 ± 0.03	1.35 ± 0.02	1.35 ± 0.06	1.38 ± 0.07
TSS (%) ^{NS}	21.85 ± 4.14	18.55 ± 3.67	20.42 ± 2.62	18.90 ± 2.60	18.19 ± 2.65	16.79 ± 3.35	21.78 ± 0.11
pH	4.51 ± 0.08 ^{ab}	4.60 ± 0.06 ^a	4.42 ± 0.06 ^b	4.54 ± 0.07 ^{ab}	4.44 ± 0.03 ^b	4.47 ± 0.09 ^{ab}	4.51 ± 0.12 ^{ab}

^{a, b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 15 คุณสมบัติของมะม่วงแช่เชื่อมอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

ปัจจัยคุณภาพ	Control	Glycerol 10%	Glycerol 20%	Sorbitol 10%	Sorbitol 20%	Sorbitol 10% + Glycerol 10%	Sorbitol 10% + Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%
TS (%)	60.93 ± 7.89 ^a	61.61 ± 3.35 ^a	57.02 ± 3.61 ^a	58.30 ± 5.77 ^a	55.93 ± 3.76 ^a	57.18 ± 2.27 ^a	59.79 ± 1.37 ^a
RS (%)	15.98 ± 4.63 ^{ab}	15.64 ± 1.77 ^{ab}	16.68 ± 1.35 ^{ab}	16.90 ± 1.75 ^{ab}	16.63 ± 0.16 ^{ab}	14.09 ± 1.12 ^b	18.00 ± 3.88 ^a
SC (%)	42.70 ± 3.16 ^{ab}	43.66 ± 1.73 ^b	38.32 ± 2.17 ^{cd}	39.33 ± 4.24 ^{bcd}	37.34 ± 3.44 ^d	40.94 ± 2.02 ^{abc}	39.70 ± 2.62 ^{bcd}
RA	1.42 ± 0.08 ^{bcd}	1.41 ± 0.03 ^{cd}	1.48 ± 0.01 ^{ab}	1.48 ± 0.03 ^{abc}	1.50 ± 0.04 ^a	1.39 ± 0.03 ^d	1.51 ± 0.13 ^a
TSS (%)	68.51 ± 3.64 ^b	71.35 ± 3.91 ^{ab}	74.57 ± 1.54 ^a	69.03 ± 4.75 ^b	70.49 ± 3.54 ^{ab}	69.03 ± 5.34 ^b	74.54 ± 1.45 ^a
pH	4.53 ± 0.09 ^a	4.52 ± 0.02 ^{abc}	4.34 ± 0.03 ^b	4.56 ± 0.06 ^a	4.26 ± 0.04 ^b	4.28 ± 0.07 ^b	4.31 ± 0.13 ^b
Moisture content (%)	14.59 ± 1.18 ^a	14.07 ± 1.02 ^{abc}	14.46 ± 0.99 ^{ab}	13.51 ± 0.99 ^{bc}	13.91 ± 0.30 ^{abc}	13.70 ± 0.53 ^{abc}	13.29 ± 0.59 ^c
Water activity	0.659 ± 0.03 ^a	0.541 ± 0.09 ^b	0.437 ± 0.04 ^d	0.540 ± 0.05 ^b	0.524 ± 0.01 ^b	0.515 ± 0.01 ^{bc}	0.470 ± 0.04 ^{cd}
Browning index (OD/g db)	0.04 ± 0.01 ^{bc}	0.03 ± 0.00 ^c	0.04 ± 0.02 ^{bc}	0.06 ± 0.01 ^a	0.05 ± 0.01 ^{ab}	0.05 ± 0.02 ^{abc}	0.05 ± 0.00 ^{bc}
PPO activity (units/g db)	0.63 ± 0.38 ^{abc}	0.75 ± 0.63 ^{ab}	0.85 ± 0.52 ^{ab}	0.37 ± 0.06 ^{bc}	0.90 ± 0.50 ^{ab}	0.47 ± 0.28 ^{abc}	0.09 ± 0.02 ^c
HMF (ppm.)	24.33 ± 2.06 ^a	24.89 ± 2.63 ^a	20.52 ± 3.38 ^{ab}	18.36 ± 6.23 ^b	18.89 ± 4.54 ^b	21.65 ± 3.48 ^{ab}	22.79 ± 4.75 ^{ab}

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 16 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0 ^{ns}	15	30 ^{ns}	45 ^{ns}	60 ^{ns}	90 ^{ns}
Control ^{NS}	21.44 ± 1.51	22.16 ± 1.43 ^{ab}	22.76 ± 6.29	22.90 ± 6.13	22.61 ± 0.75	25.09 ± 3.84
glycerol 10%	20.85 ± 0.74 ^{AB}	19.36 ± 1.43 ^{bB}	23.03 ± 0.68 ^A	21.62 ± 0.96 ^{AB}	22.10 ± 0.78 ^A	23.06 ± 1.53 ^A
glycerol 20% ^{NS}	21.02 ± 4.18	21.91 ± 1.19 ^{ab}	20.18 ± 2.22	20.35 ± 3.18	19.75 ± 1.91	21.22 ± 2.02
sorbitol 10% ^{NS}	22.87 ± 1.31	23.10 ± 0.56 ^a	24.23 ± 2.26	24.96 ± 2.46	22.98 ± 0.83	25.35 ± 1.74
sorbitol 20% ^{NS}	24.07 ± 3.50	23.54 ± 0.99 ^a	25.56 ± 5.21	22.10 ± 1.38	22.38 ± 2.78	24.69 ± 1.85
sorbitol 10%+ glycerol 10%	22.90 ± 1.54 ^A	20.64 ± 1.93 ^{abAB}	23.59 ± 1.47 ^A	19.16 ± 1.52 ^B	20.48 ± 1.27 ^{AB}	22.30 ± 1.88 ^{AB}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% ^{NS} + Sodium ascorbate 1%	22.15 ± 1.16	21.62 ± 1.05 ^{ab}	22.94 ± 2.23	22.30 ± 1.75	22.19 ± 1.36	23.45 ± 1.62

a, b ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 17 ปริมาณความชื้น (%) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	15	30	45	60	90
Control ^{NS}	10.05 ± 0.19 ^{abc}	10.57 ± 0.52 ^{ab}	9.84 ± 0.78 ^a	9.98 ± 1.07 ^{ab}	10.45 ± 0.32 ^a	11.59 ± 0.35
glycerol 10%	9.12 ± 0.30 ^{cA}	7.70 ± 0.23 ^{dC}	8.76 ± 0.58 ^{aAB}	8.15 ± 0.36 ^{cBC}	7.97 ± 0.32 ^{bBC}	10.12 ± 0.39
glycerol 20%	11.00 ± 0.50 ^{aA}	9.37 ± 0.90 ^{bcAB}	9.81 ± 1.41 ^{aAB}	10.55 ± 0.46 ^{aA}	8.49 ± 0.52 ^{bB}	10.28 ± 1.07
sorbitol 10%	9.91 ± 0.26 ^{bcB}	11.26 ± 0.40 ^{aA}	10.08 ± 0.15 ^{aB}	11.21 ± 0.96 ^{aA}	9.83 ± 0.31 ^{aB}	10.77 ± 0.52
sorbitol 20%	9.58 ± 0.66 ^{cAB}	9.40 ± 0.33 ^{bcAB}	9.72 ± 0.47 ^{aA}	9.04 ± 0.39 ^{bcAB}	8.52 ± 0.53 ^{bB}	10.41 ± 0.50
sorbitol 10%+ glycerol 10%	10.78 ± 0.67 ^{abA}	8.57 ± 0.43 ^{cdC}	9.70 ± 0.44 ^{aAB}	9.01 ± 0.37 ^{bcBC}	8.38 ± 0.54 ^{bcC}	10.24 ± 0.65
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% ^{NS}	9.86 ± 0.32 ^{bc}	8.72 ± 1.15 ^{cd}	9.10 ± 0.57 ^{ab}	9.85 ± 0.52 ^{ab}	8.66 ± 0.31 ^b	9.86 ± 0.19
+ Sodium ascorbate 1%						

a, b, c, d ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 18 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	15	30	45	60	90
control	0.611 ± 0.009 ^{aB}	0.634 ± 0.011 ^{aAB}	0.644 ± 0.012 ^{aA}	0.658 ± 0.011 ^{aA}	0.654 ± 0.010 ^{aA}	0.634 ± 0.09 ^{aAB}
glycerol 10%	0.495 ± 0.025 ^{deC}	0.513 ± 0.012 ^{eBC}	0.530 ± 0.002 ^{eAB}	0.533 ± 0.004 ^{dAB}	0.552 ± 0.005 ^{cA}	0.544 ± 0.010 ^{deA}
glycerol 20%	0.483 ± 0.007 ^{eD}	0.523 ± 0.010 ^{deC}	0.534 ± 0.002 ^{eBC}	0.555 ± 0.018 ^{cdAB}	0.561 ± 0.008 ^{cA}	0.536 ± 0.003 ^{eBC}
sorbitol 10%	0.578 ± 0.009 ^{abD}	0.626 ± 0.010 ^{aABC}	0.608 ± 0.011 ^{bC}	0.645 ± 0.011 ^{aA}	0.635 ± 0.016 ^{aAB}	0.619 ± 0.010 ^{aBC}
sorbitol 20%	0.555 ± 0.008 ^{bcD}	0.582 ± 0.008 ^{bC}	0.589 ± 0.004 ^{cBC}	0.609 ± 0.004 ^{bA}	0.601 ± 0.005 ^{bAB}	0.588 ± 0.05 ^{eBC}
sorbitol 10%+ glycerol 10%	0.527 ± 0.014 ^{cdC}	0.540 ± 0.005 ^{cdBC}	0.556 ± 0.002 ^{dAB}	0.559 ± 0.007 ^{cAB}	0.568 ± 0.013 ^{cA}	0.558 ± 0.04 ^{cdAB}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	0.494 ± 0.022 ^{deB}	0.549 ± 0.013 ^{cA}	0.545 ± 0.005 ^{deA}	0.571 ± 0.014 ^{cA}	0.566 ± 0.003 ^{cA}	0.568 ± 0.003 ^{cA}

a, b, c, d, e ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C, D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 19 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity : unit/g db) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเปรียบเทียบแต่ละทรีทเมนต์ที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	15	30	45	60	90
control	1.142 ± 0.661 ^{aA}	0.444 ± 0.088 ^{abB}	0.484 ± 0.120 ^{abB}	0.449 ± 0.121 ^{aB}	0.508 ± 0.031 ^{aAB}	0.456 ± 0.070 ^{aB}
glycerol 10%	1.306 ± 0.101 ^{aA}	0.321 ± 0.143 ^{abB}	0.497 ± 0.043 ^{aB}	0.485 ± 0.022 ^{aB}	0.490 ± 0.126 ^{aB}	0.504 ± 0.037 ^{aB}
glycerol 20%	0.784 ± 0.171 ^{aA}	0.397 ± 0.043 ^{abB}	0.416 ± 0.076 ^{abB}	0.489 ± 0.142 ^{aB}	0.519 ± 0.162 ^{aAB}	0.608 ± 0.116 ^{aAB}
sorbitol 10%	1.068 ± 0.130 ^{aA}	0.241 ± 0.023 ^{bC}	0.322 ± 0.080 ^{bBC}	0.341 ± 0.040 ^{aBC}	0.513 ± 0.072 ^{aB}	0.505 ± 0.122 ^{aB}
sorbitol 20%	1.093 ± 0.175 ^{aA}	0.489 ± 0.141 ^{aB}	0.439 ± 0.066 ^{abB}	0.384 ± 0.097 ^{aB}	0.388 ± 0.133 ^{aB}	0.492 ± 0.052 ^{aB}
sorbitol 10%+ glycerol 10%	1.167 ± 0.213 ^{aA}	0.411 ± 0.098 ^{abB}	0.424 ± 0.042 ^{abB}	0.534 ± 0.142 ^{aB}	0.398 ± 0.011 ^{aB}	0.492 ± 0.046 ^{aB}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	0.010 ± 0.003 ^{bAB}	0.005 ± 0.000 ^{cABC}	0.003 ± 0.003 ^{cBC}	0.005 ± 0.004 ^{bABC}	0.000 ± 0.000 ^{bC}	0.003 ± 0.003 ^{bBC}

a, b, c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 20 ปริมาณ HMF (ppm) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0 ^{ns}	15 ^{ns}	30	45	60	90 ^{ns}
Control ^{NS}	21.31 ± 2.57	21.40 ± 1.93	18.23 ± 3.00 ^{ab}	18.35 ± 0.52 ^b	22.70 ± 1.03 ^b	22.18 ± 0.73
glycerol 10%	21.87 ± 2.36 ^{AB}	23.63 ± 2.00 ^{AB}	23.02 ± 0.51 ^{aAB}	19.08 ± 0.64 ^{bb}	24.92 ± 2.94 ^{abA}	22.59 ± 4.06 ^{AB}
glycerol 20%	21.66 ± 1.82 ^{AB}	20.07 ± 2.29 ^{AB}	19.51 ± 0.64 ^{abAB}	23.21 ± 0.38 ^{bb}	21.53 ± 0.83 ^{ba}	21.86 ± 1.23 ^{AB}
sorbitol 10%	21.91 ± 0.49 ^{ABC}	21.63 ± 1.39 ^{BC}	20.40 ± 4.12 ^{abBC}	25.18 ± 1.43 ^{aAB}	27.70 ± 4.35 ^{abA}	18.68 ± 1.23 ^C
sorbitol 20%	20.78 ± 0.99 ^C	21.53 ± 0.80 ^{BC}	15.72 ± 0.96 ^{bd}	24.66 ± 1.95 ^{aAB}	26.17 ± 2.63 ^{abA}	20.32 ± 1.85 ^C
sorbitol 10%+ glycerol 10%	22.66 ± 2.70 ^{BC}	21.35 ± 1.20 ^C	16.96 ± 1.75 ^{abd}	26.58 ± 0.65 ^{aAB}	29.50 ± 3.26 ^{aA}	20.90 ± 1.53 ^{CD}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	20.74 ± 2.70 ^{AB}	21.29 ± 2.35 ^{AB}	18.58 ± 4.36 ^{abB}	26.77 ± 1.88 ^{aA}	26.85 ± 3.26 ^{abA}	22.52 ± 4.62 ^{AB}

a, b ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C, D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 21 การเกิดสีน้ำตาล (Browning index : OD/g db) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	15	30	45	60	90
control	0.074 ± 0.007 ^{bE}	0.096 ± 0.007 ^{cD}	0.100 ± 0.009 ^{bD}	0.124 ± 0.010 ^{cC}	0.142 ± 0.006 ^{bB}	0.198 ± 0.007 ^{abcA}
glycerol 10%	0.116 ± 0.022 ^{aaB}	0.112 ± 0.014 ^{bcB}	0.123 ± 0.016 ^{abAB}	0.133 ± 0.029 ^{bcAB}	0.169 ± 0.031 ^{bA}	0.171 ± 0.030 ^{cA}
glycerol 20%	0.127 ± 0.024 ^{aBC}	0.117 ± 0.027 ^{abcC}	0.138 ± 0.016 ^{abABC}	0.170 ± 0.012 ^{aAB}	0.180 ± 0.022 ^{bA}	0.167 ± 0.007 ^{cAB}
sorbitol 10%	0.139 ± 0.023 ^{aC}	0.151 ± 0.007 ^{aBC}	0.136 ± 0.019 ^{abC}	0.146 ± 0.014 ^{abcBC}	0.177 ± 0.011 ^{bAB}	0.195 ± 0.020 ^{bcA}
sorbitol 20%	0.145 ± 0.010 ^{aBC}	0.102 ± 0.023 ^{cC}	0.133 ± 0.033 ^{abBC}	0.114 ± 0.011 ^{cBC}	0.160 ± 0.022 ^{bB}	0.225 ± 0.022 ^{abA}
sorbitol 10%+ glycerol 10%	0.144 ± 0.010 ^{aBC}	0.144 ± 0.002 ^{abc}	0.148 ± 0.014 ^{aBC}	0.159 ± 0.008 ^{abABC}	0.167 ± 0.016 ^{bAB}	0.182 ± 0.006 ^{cA}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	0.121 ± 0.008 ^{aC}	0.123 ± 0.016 ^{abcC}	0.164 ± 0.008 ^{aB}	0.179 ± 0.005 ^{aB}	0.244 ± 0.021 ^{aA}	0.237 ± 0.017 ^{aA}

a, b, c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C, D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 22 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0 ^{ns}	15	30 ^{ns}	45 ^{ns}	60 ^{ns}	90
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง ^{NS}	21.02 ± 4.18	21.91 ± 1.19 ^{abc}	20.18 ± 2.22	20.35 ± 3.18	19.75 ± 1.91	21.22 ± 1.74 ^{bc}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	20.13 ± 1.01 ^{AB}	25.52 ± 5.27 ^{aA}	20.73 ± 1.38 ^{AB}	19.51 ± 2.95 ^B	20.85 ± 0.50 ^{AB}	20.77 ± 1.00 ^{bcAB}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	18.52 ± 1.21 ^{BC}	17.28 ± 1.85 ^{cC}	19.95 ± 1.16 ^{BC}	21.20 ± 2.42 ^{AB}	21.15 ± 0.88 ^{AB}	23.88 ± 0.51 ^{aA}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	18.31 ± 1.36	19.60 ± 0.21 ^{bc}	19.58 ± 0.46	17.42 ± 2.18	18.79 ± 1.14	19.83 ± 1.03 ^c
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง ^{NS}	20.17 ± 0.74	17.05 ± 0.83 ^c	21.93 ± 2.95	18.93 ± 2.96	21.87 ± 2.63	22.58 ± 1.10 ^{ab}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	18.79 ± 1.71	17.35 ± 0.56 ^c	19.14 ± 2.03	18.48 ± 2.39	20.08 ± 4.53	20.73 ± 0.76 ^{bc}

a, b, c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 23 ปริมาณความชื้น (%) ของมะม่วงแช่อบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	15	30	45	60	90
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	11.00 ± 0.50 ^{dA}	9.37 ± 0.90 ^{cAB}	9.81 ± 1.41 ^{bAB}	10.55 ± 0.46 ^{dA}	8.49 ± 0.52 ^{cB}	10.28 ± 1.07
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	9.47 ± 0.85 ^{eA}	7.93 ± 0.12 ^{cB}	9.04 ± 1.06 ^{bAB}	8.38 ± 0.28 ^{eAB}	7.86 ± 0.40 ^{cB}	8.70 ± 0.28
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	17.69 ± 0.41 ^{aA}	14.76 ± 1.39 ^{aB}	16.17 ± 0.35 ^{aAB}	15.95 ± 0.52 ^{aB}	15.84 ± 0.55 ^{aB}	15.70 ± 0.37
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	15.72 ± 0.66 ^b	15.28 ± 0.63 ^a	15.56 ± 2.32 ^a	14.43 ± 0.33 ^b	15.50 ± 0.37 ^a	15.17 ± 0.72
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง ^{NS}	14.48 ± 0.56 ^{bc}	14.48 ± 0.26 ^a	14.83 ± 2.00 ^a	14.47 ± 1.25 ^b	13.40 ± 0.83 ^b	13.26 ± 0.97
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	13.87 ± 0.23 ^c	12.22 ± 0.17 ^b	13.59 ± 0.74 ^a	12.96 ± 0.60 ^c	12.60 ± 1.59 ^b	13.60 ± 0.51

a, b, c, d, e ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 24 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของมะม่วงแช่อบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	15	30	45	60	90
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	0.483 ± 0.007 ^{4D}	0.523 ± 0.010 ^{3C}	0.534 ± 0.002 ^{4BC}	0.555 ± 0.018 ^{4AB}	0.561 ± 0.008 ^{3A}	0.536 ± 0.003 ^{4B}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	0.525 ± 0.007 ^{3AB}	0.511 ± 0.003 ^{3C}	0.520 ± 0.003 ^{4BC}	0.520 ± 0.004 ^{3BC}	0.532 ± 0.006 ^{3A}	0.519 ± 0.006 ^{3BC}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	0.631 ± 0.008 ^{3B}	0.659 ± 0.005 ^{3A}	0.657 ± 0.016 ^{3A}	0.659 ± 0.014 ^{3A}	0.663 ± 0.007 ^{3A}	0.642 ± 0.006 ^{3AB}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	0.627 ± 0.002 ^{3BC}	0.650 ± 0.015 ^{3A}	0.650 ± 0.010 ^{3A}	0.647 ± 0.004 ^{3AB}	0.645 ± 0.013 ^{3AB}	0.619 ± 0.040 ^{3C}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง	0.618 ± 0.003 ^{3AB}	0.622 ± 0.006 ^{3AB}	0.627 ± 0.019 ^{3cA}	0.634 ± 0.020 ^{3A}	0.632 ± 0.027 ^{3A}	0.588 ± 0.004 ^{3B}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C	0.597 ± 0.008 ^{3B}	0.608 ± 0.003 ^{3AB}	0.605 ± 0.003 ^{3AB}	0.611 ± 0.009 ^{3AB}	0.618 ± 0.005 ^{3A}	0.598 ± 0.007 ^{3B}

a, b, c, d, e ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C, D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 25 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO activity : unit/g db) ของมะม่วงแช่เอนไซม์ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสที่เป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0 ^{ns}	15	30 ^{ns}	45 ^{ns}	60 ^{ns}	90
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	0.784 ± 0.171 ^A	0.397 ± 0.043 ^{bcB}	0.416 ± 0.076 ^B	0.489 ± 0.142 ^B	0.519 ± 0.162 ^{AB}	0.608 ± 0.116 ^{abAB}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	1.178 ± 0.658 ^A	0.623 ± 0.127 ^{abAB}	0.597 ± 0.081 ^{AB}	0.615 ± 0.068 ^{AB}	0.775 ± 0.240 ^{AB}	0.448 ± 0.037 ^{bb}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	1.387 ± 0.835 ^A	0.287 ± 0.055 ^{cb}	0.573 ± 0.229 ^B	0.615 ± 0.123 ^{AB}	0.744 ± 0.104 ^{AB}	0.456 ± 0.065 ^{bb}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	0.892 ± 0.112 ^a	0.503 ± 0.157 ^{abc}	0.622 ± 0.365	0.635 ± 0.280	0.563 ± 0.107	0.605 ± 0.108 ^{ab}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง	0.953 ± 0.246 ^A	0.341 ± 0.057 ^{cb}	0.271 ± 0.144 ^B	0.477 ± 0.104 ^B	0.779 ± 0.069 ^A	0.417 ± 0.045 ^{bb}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	1.037 ± 0.295	0.690 ± 0.161 ^{aAB}	0.678 ± 0.124	0.655 ± 0.048	0.755 ± 0.103	0.810 ± 0.195 ^a

a, b, c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 26 ปริมาณ HMF (ppm) ของมะม่วงแช่หีบอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0 ^{ns}	15 ^{ns}	30	45 ^{ns}	60	90
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	21.79 ± 1.82 ^{AB}	21.40 ± 2.43 ^{AB}	22.44 ± 0.84 ^{aA}	19.46 ± 0.50 ^B	22.93 ± 0.83 ^{abAB}	20.32 ± 1.23 ^{abAB}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	21.66 ± 0.71	20.07 ± 2.11	19.51 ± 2.82 ^{ab}	23.21 ± 1.38	21.53 ± 1.31 ^b	20.90 ± 1.61 ^b
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	21.92 ± 2.79 ^C	20.31 ± 1.55 ^C	17.24 ± 2.22 ^{bB}	18.89 ± 0.76 ^A	24.19 ± 0.55 ^{ab}	24.82 ± 3.50 ^{aA}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	21.57 ± 1.05 ^{BC}	22.53 ± 1.85 ^{BC}	23.01 ± 1.48 ^{abAB}	20.54 ± 2.05 ^B	24.44 ± 0.88 ^{aAB}	23.43 ± 0.55 ^{abA}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง	22.01 ± 3.27 ^C	20.53 ± 0.38 ^{BC}	18.73 ± 0.84 ^{bB}	19.43 ± 0.24 ^{BC}	23.00 ± 0.73 ^{abA}	20.25 ± 0.80 ^{bBC}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C	20.94 ± 0.69 ^B	20.43 ± 1.44 ^{AB}	17.02 ± 1.26 ^{bA}	25.20 ± 1.56 ^{AB}	25.24 ± 1.77 ^{aA}	23.76 ± 0.64 ^{abA}

a, b ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 27 การเกิดสีน้ำตาล (Browning index : OD/g db) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 60 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	15	30	45	60	90
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	0.127 ± 0.024 ^{aBC}	0.117 ± 0.027 ^{aC}	0.138 ± 0.018 ^{aABC}	0.170 ± 0.012 ^{aAB}	0.180 ± 0.022 ^{aA}	0.167 ± 0.007 ^{aAB}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	0.097 ± 0.002 ^{bAB}	0.104 ± 0.014 ^{aAB}	0.120 ± 0.005 ^{abA}	0.121 ± 0.012 ^{bA}	0.089 ± 0.006 ^{cB}	0.116 ± 0.018 ^{bA}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	0.034 ± 0.007 ^{cC}	0.035 ± 0.007 ^{bC}	0.061 ± 0.008 ^{cB}	0.041 ± 0.009 ^{dBC}	0.058 ± 0.011 ^{dB}	0.094 ± 0.014 ^{bA}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	0.034 ± 0.005 ^{cBC}	0.035 ± 0.003 ^{bBC}	0.044 ± 0.004 ^{cAB}	0.027 ± 0.004 ^{dC}	0.040 ± 0.006 ^{dAB}	0.049 ± 0.003 ^{cA}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง	0.080 ± 0.006 ^{bC}	0.093 ± 0.018 ^{aBC}	0.111 ± 0.011 ^{bB}	0.090 ± 0.018 ^{cBC}	0.168 ± 0.000 ^{aA}	0.107 ± 0.011 ^{bBC}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C	0.083 ± 0.007 ^{bB}	0.101 ± 0.009 ^{aAB}	0.120 ± 0.013 ^{abB}	0.084 ± 0.009 ^{cA}	0.121 ± 0.010 ^{bA}	0.111 ± 0.004 ^{bA}

a, b, c, d ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 28 ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30	45	60
control	59.24 ± 5.19 ^{bb}	57.96 ± 4.20 ^{abA}	55.08 ± 5.28 ^{abcC}	56.02 ± 5.44 ^{aC}	56.30 ± 2.72 ^{aC}
glycerol 10%	61.85 ± 5.01 ^{abA}	60.03 ± 3.81 ^{aA}	57.23 ± 4.72 ^{ab}	55.16 ± 6.64 ^{abB}	54.26 ± 7.90 ^{bb}
glycerol 20%	62.31 ± 4.71 ^{aA}	56.55 ± 4.26 ^{bA}	55.21 ± 4.59 ^{abcB}	52.74 ± 5.34 ^{abC}	52.17 ± 1.84 ^{cc}
sorbitol 10%	63.49 ± 5.10 ^{aA}	56.49 ± 4.83 ^{bA}	53.45 ± 5.89 ^{cb}	52.37 ± 4.61 ^{bb}	52.57 ± 2.35 ^{bcB}
sorbitol 20%	63.90 ± 5.05 ^{aA}	57.76 ± 8.72 ^{abB}	55.57 ± 4.48 ^{abcBC}	52.97 ± 5.89 ^{abC}	52.80 ± 2.28 ^{bcC}
sorbitol 10%+ glycerol 10%	63.78 ± 5.50 ^{aA}	60.14 ± 4.24 ^{ab}	56.92 ± 4.24 ^{abC}	54.67 ± 7.87 ^{abcD}	52.74 ± 2.95 ^{bcD}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10%	63.34 ± 6.07 ^{aA}	57.02 ± 5.54 ^{bb}	54.49 ± 5.32 ^{bcBC}	52.40 ± 6.56 ^{bcD}	51.27 ± 2.24 ^{cd}
+ Sodium ascorbate 1%					

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 29 ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30	45	60
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	62.31 ± 4.71 ^{aA}	56.55 ± 4.20 ^{bcA}	55.21 ± 4.59 ^{bcA}	52.74 ± 5.34 ^{bc}	52.17 ± 1.84 ^{bc}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	60.64 ± 4.87 ^{abA}	59.71 ± 3.81 ^{aAB}	58.66 ± 5.75 ^{aAB}	58.12 ± 6.22 ^{aB}	52.57 ± 1.60 ^{bc}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	57.37 ± 66.84 ^{cdA}	56.01 ± 4.26 ^{bcAB}	54.65 ± 4.80 ^{bcB}	51.22 ± 5.14 ^{bc}	49.92 ± 2.52 ^{cC}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	55.86 ± 6.13 ^{cdA}	54.88 ± 4.83 ^{cA}	53.89 ± 6.21 ^{cAB}	52.16 ± 5.57 ^{bb}	52.21 ± 1.77 ^{bb}
glycerol 20% เคลือบ 2% HMPC อุณหภูมิห้อง	55.72 ± 5.26 ^{da}	54.17 ± 8.72 ^{ca}	52.61 ± 7.22 ^{cb}	51.29 ± 4.98 ^{ab}	52.11 ± 1.90 ^{bb}
glycerol 20% เคลือบ 2% HMPC อุณหภูมิ 5 °C	58.48 ± 4.68 ^{bcA}	57.68 ± 4.24 ^{abAB}	56.88 ± .53 ^{abAB}	56.02 ± 5.44 ^{bbc}	54.74 ± 1.05 ^{ac}

a, b, c, d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 30 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมะม่วงแช่เชื่อมอบแห้งเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30	45	60
control	7.42 ± 1.77 ^{Bb}	8.28 ± 1.73 ^{bAB}	7.96 ± 1.85 ^{bAB}	8.35 ± 1.99 ^{bAB}	8.54 ± 3.37 ^{bA}
glycerol 10% ^{NS}	8.40 ± 2.22 ^{ab}	8.77 ± 2.26 ^{ab}	8.35 ± 1.96 ^b	9.04 ± 2.02 ^b	9.13 ± 2.55 ^b
glycerol 20%	8.36 ± 1.77 ^{abB}	8.58 ± 1.72 ^{bAB}	8.32 ± 1.68 ^{bB}	9.25 ± .78 ^{abA}	9.42 ± 1.73 ^{abA}
sorbitol 10%	7.89 ± 1.58 ^{abC}	8.26 ± 1.71 ^{bBC}	8.54 ± 1.74 ^{abBC}	9.01 ± 1.65 ^{bAB}	9.52 ± 1.13 ^{abA}
sorbitol 20% ^{NS}	8.43 ± 2.00 ^{ab}	9.06 ± 2.06 ^{ab}	8.92 ± 1.78 ^{ab}	8.80 ± 1.68 ^b	8.68 ± 3.20 ^b
sorbitol 10%+ glycerol 10%	7.74 ± 2.08 ^{abC}	8.32 ± 1.99 ^{bABC}	8.05 ± 1.77 ^{aBC}	8.95 ± 1.96 ^{bAB}	9.20 ± 1.12 ^{bA}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	8.78 ± 1.89 ^{aC}	9.65 ± 2.04 ^{aABC}	9.47 ± 2.03 ^{aBC}	10.17 ± 2.35 ^{aAB}	10.51 ± 1.00 ^{aA}

a, b, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 31 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของมะม่วงแช่อบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 15 30 45 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0 ^{ns}	15 ^{ns}	30 ^{ns}	45	60
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	8.36 ± 1.77 ^B	8.58 ± 1.72 ^{AB}	8.32 ± 1.68 ^B	9.25 ± 1.78 ^{aA}	9.42 ± 1.73 ^{bA}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	7.69 ± 1.70	7.78 ± 1.33	7.70 ± 1.76	8.09 ± 1.54 ^b	8.43 ± 1.68 ^c
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	8.45 ± 1.89 ^B	8.45 ± 1.53 ^B	8.56 ± 2.33 ^B	8.97 ± 1.98 ^{abB}	10.28 ± 2.03 ^{aA}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	7.75 ± 1.64	7.78 ± 1.51	7.80 ± 2.18	7.99 ± 1.99 ^b	8.08 ± 0.88 ^c
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง	8.15 ± 2.00 ^C	8.35 ± 1.60 ^C	8.55 ± 2.16 ^{BC}	9.31 ± 1.93 ^{aAB}	9.64 ± 1.70 ^{abA}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	7.63 ± 2.01	7.94 ± 1.53	8.25 ± 1.81	8.35 ± 1.99 ^{ab}	8.46 ± 1.80 ^c

a, b, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 32 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30 ^{ns}	45	60
control	35.15 ± 6.01 ^{abAB}	36.62 ± 5.18 ^{ab}	32.73 ± 4.82 ^C	39.40 ± 5.06 ^{aA}	41.87 ± 3.45 ^{aA}
glycerol 10%	35.73 ± 7.10 ^{abAB}	36.84 ± 5.94 ^{aA}	33.00 ± 6.08 ^{BC}	32.63 ± 4.97 ^{bc}	31.39 ± 1.96 ^{dc}
glycerol 20% ^{NS}	34.50 ± 6.15 ^{ab}	33.94 ± 5.80 ^{ab}	32.31 ± 5.48	32.20 ± 6.30 ^b	32.43 ± 0.84 ^{cd}
sorbitol 10% ^{NS}	34.54 ± 6.23 ^{ab}	32.72 ± 6.42 ^b	33.26 ± 6.14	31.91 ± 4.82 ^b	32.94 ± 1.19 ^{bc}
sorbitol 20%	37.47 ± 7.45 ^{aA}	36.75 ± 6.93 ^{aA}	34.96 ± 6.68 ^{AB}	32.14 ± 5.68 ^{bBC}	31.44 ± 2.80 ^{dc}
sorbitol 10%+ glycerol 10% ^{NS}	34.59 ± 6.26 ^{ab}	35.06 ± 6.00 ^{ab}	33.68 ± 5.77	33.73 ± 6.38 ^b	34.00 ± 0.78 ^b
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% + Sodium ascorbate 1%	33.68 ± 7.89 ^{bB}	34.52 ± 7.25 ^{abA}	33.26 ± 7.31 ^B	33.17 ± 7.19 ^{bB}	33.32 ± 1.12 ^{bcB}

a, b, c, d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 33 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30	45	60
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง ^{NS}	34.50 ± 6.15 ^c	33.94 ± 5.80 ^c	32.31 ± 5.48 ^c	32.20 ± 6.30 ^c	32.43 ± 0.84 ^c
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	35.24 ± 6.87 ^c	34.56 ± 5.13 ^{bc}	33.71 ± 7.26 ^{bc}	35.73 ± 5.89 ^b	35.76 ± 2.11 ^c
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	40.85 ± 7.61 ^{aB}	39.74 ± 5.44 ^{aA}	38.75 ± 8.53 ^{aA}	38.08 ± 5.71 ^{abAB}	37.94 ± 0.87 ^{bAB}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	41.87 ± 5.89 ^{aA}	40.74 ± 4.96 ^{aA}	39.61 ± 7.75 ^{aAB}	36.95 ± 8.54 ^{abBC}	34.84 ± 1.95 ^{cd}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง ^{NS}	37.18 ± 6.69 ^{bc}	36.78 ± 6.12 ^b	36.38 ± 8.19 ^{ab}	35.25 ± 5.29 ^{bc}	34.95 ± 1.82 ^{cd}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	39.88 ± 6.23 ^{ab}	39.82 ± 4.39 ^a	39.75 ± 5.14 ^a	39.40 ± 5.06 ^a	39.13 ± 1.80 ^a

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 34 ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30	45	60
control	78.06 ± 2.23 ^{aAB}	77.23 ± 2.31 ^{aBC}	76.38 ± 2.48 ^{aC}	78.11 ± 1.88 ^{aAB}	78.53 ± 4.43 ^{aA}
glycerol 10%	76.73 ± 2.80 ^{abA}	76.69 ± 2.44 ^{abA}	76.03 ± 2.40 ^{aA}	74.49 ± 2.69 ^{bb}	73.79 ± 4.53 ^{bcB}
glycerol 20%	76.29 ± 2.26 ^{bcAB}	75.69 ± 2.46 ^{abcA}	75.45 ± 2.54 ^{aB}	73.84 ± 2.12 ^{bcC}	73.88 ± 2.47 ^{bcC}
sorbitol 10%	77.02 ± 2.23 ^{abA}	75.08 ± 7.97 ^{bcA}	75.45 ± 2.60 ^{aB}	74.14 ± 2.53 ^{bcC}	73.90 ± 1.79 ^{bcC}
sorbitol 20%	77.18 ± 2.40 ^{abA}	75.94 ± 2.82 ^{abcAB}	75.48 ± 2.49 ^{aB}	74.60 ± 2.00 ^{bb}	75.01 ± 4.20 ^{bb}
sorbitol 10%+ glycerol 10%	77.37 ± 2.87 ^{abA}	76.64 ± 2.59 ^{abA}	76.43 ± 2.87 ^{aAB}	74.44 ± 5.68 ^{bcC}	74.90 ± 1.46 ^{bcC}
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% ^{NS}	74.77 ± 5.37 ^c	74.18 ± 2.68 ^c	73.33 ± 7.86 ^b	72.82 ± 2.78 ^c	72.54 ± 1.00 ^c
+ Sodium ascorbate 1%					

a, b, c, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 35 ค่า Hue ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 และ 90 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30	45	60
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง	76.29±2.26 ^{cAB}	75.69±2.46 ^{dA}	75.45±2.54 ^{cB}	73.84±2.12 ^{bc}	73.88±2.47 ^{dC}
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C	77.55±2.38 ^{bcA}	77.24± 1.72 ^{cAB}	76.48±1.78 ^{bcB}	77.11±2.22 ^{abB}	76.86±1.82 ^{bB}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง	78.24±2.28 ^{abA}	77.98± 1.33 ^{bcA}	77.60±1.68 ^{abAB}	76.77±2.06 ^{abB}	74.84±1.29 ^{cB}
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	79.46±2.12 ^{aA}	79.23± 1.53 ^{aA}	78.94±1.65 ^{aAB}	76.78±9.69 ^{abB}	76.98±0.67 ^{bB}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง	77.68±2.60 ^{bA}	77.20± 1.51 ^{cA}	76.72±1.62 ^{bcAB}	75.26±2.28 ^{abBC}	74.69±1.85 ^{cdC}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C	79.21±2.03 ^{abA}	78.77± 1.60 ^{abAB}	78.34±1.43 ^{abB}	78.11±1.88 ^{abC}	77.91±1.99 ^{aC}

a, b, c, d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=2)

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 36 ค่า Chroma ของมะม่วงเชื่อมอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บที่ 0 15 30 45 และ 60 วัน

Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0 ^{ns}	15	30 ^{ns}	45	60
control	35.95±6.11 ^{CD}	37.57±5.26 ^{aC}	33.75±4.93 ^D	40.29±5.27 ^{aB}	42.85±3.54 ^{aA}
glycerol 10%	36.74±7.23 ^{AB}	37.90±6.16 ^{aA}	34.03±6.24 ^{BC}	33.90±5.13 ^{bc}	32.79±1.90 ^{dc}
glycerol 20% ^{NS}	35.52±6.25	35.04±5.88 ^{ab}	33.39±5.55	33.52±6.42 ^b	33.80±1.25 ^{cd}
sorbitol 10% ^{NS}	35.46±6.28	33.87±5.96 ^b	34.37±6.23	33.19±4.90 ^b	34.31±1.25 ^{bc}
sorbitol 20%	38.44±7.57 ^A	37.89±7.02 ^{aA}	36.11±6.75 ^{AB}	33.34±5.82 ^{bBC}	32.70±3.54 ^{dc}
sorbitol 10%+ glycerol 10% ^{NS}	35.49±6.38	36.06±6.13 ^{ab}	34.67±5.81	34.95±6.44 ^b	35.23±1.02 ^b
Sorbitol 10%+ Glycerol 10% ^{NS}	34.88±7.81	35.88±7.35 ^{ab}	34.72±6.94	34.74±7.38 ^b	34.95±1.37 ^{bc}
+ Sodium ascorbate 1%					

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

A, B, C, D ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ns, NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ตารางที่ 37 ค่า Chroma ของมะม่วงแช่อบแห้งไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน

























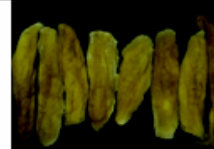



Treatment	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	15	30	45	60
glycerol 20% อุณหภูมิห้อง ^{NS}	35.52±6.25 ^c	35.04±5.88 ^b	33.39±5.55 ^c	33.52±6.42 ^c	33.80±1.25 ^c
glycerol 20% อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	36.10±6.91 ^c	35.44±5.19 ^b	34.66±7.04 ^{bc}	36.66±5.94 ^{bc}	36.75±2.43 ^b
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิห้อง ^{NS}	41.74±7.68 ^a	40.65±5.53 ^a	39.72±8.71 ^a	39.14±5.88 ^{ab}	39.31±0.87 ^a
glycerol 20% เคลือบ 1% CMC อุณหภูมิ 5 °C	42.61±5.92 ^{aA}	41.50±5.05 ^{aA}	40.41±7.89 ^{aAB}	37.94±8.17 ^{abBC}	35.76±2.10 ^{bcC}
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิห้อง ^{NS}	38.09±6.81 ^{bc}	37.73±6.25 ^b	37.39±8.39 ^{ab}	36.48±5.48 ^{bc}	36.27±2.20 ^b
glycerol 20% เคลือบ 2% HM-P อุณหภูมิ 5 °C ^{NS}	40.63±6.38 ^{ab}	40.61±4.54 ^a	40.61±5.32 ^a	40.29±5.27 ^a	40.05±2.14 ^a

^{a, b, c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=2)














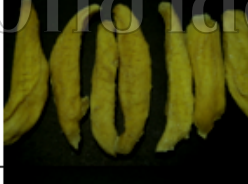







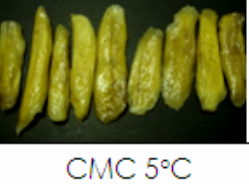


^{A, B, C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (n=2)

ภาคผนวก ก

วันที่	ลักษณะปรากฏ						
0							
30							
60							
90							
	control	Glycerol 10%	Glycerol 20%	<u>Sorbitol</u> 10%	<u>Sorbitol</u> 20%	<u>Sorbitol</u> + Glycerol	<u>Sorbitol</u> + Glycerol + Na-As 1%

ภาพที่ 59 รูปมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกชนิดต่างๆ ที่เก็บรักษาเป็น 0 30 60 และ 90 วัน

วันที่	ลักษณะปรากฏ					
0						
30						
60						
90						
	Glycerol 20%	Glycerol 20% 5°C	CMC อุณหภูมิห้อง	CMC 5°C	HMPC อุณหภูมิห้อง	HMPC 5°C

ภาพที่ 60 รูปมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่เคลือบผิว เคลือบผิวด้วย CMC และ HM-P เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 30 60 และ 90 วัน

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบ

ชื่อผลิตภัณฑ์ มะม่วงอบแห้งชนิดหวานน้อยปราศจากการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์

ชุดตัวอย่างที่ _____ วันที่ _____

ชื่อผู้ชิม _____ อายุ _____

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับคะแนนความชอบในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์
แต่ละตัวอย่างดังนี้ (กรุณาบ้วนปากทุกครั้งก่อนชิม) และกรุณาเขียนเหตุผลแสดงความคิดเห็นต่อ
ผลิตภัณฑ์

Seven-Point Hedonic Scale

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = เฉยๆ
5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง 7 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง

.....

สี

เนื้อสัมผัส

รสชาติ

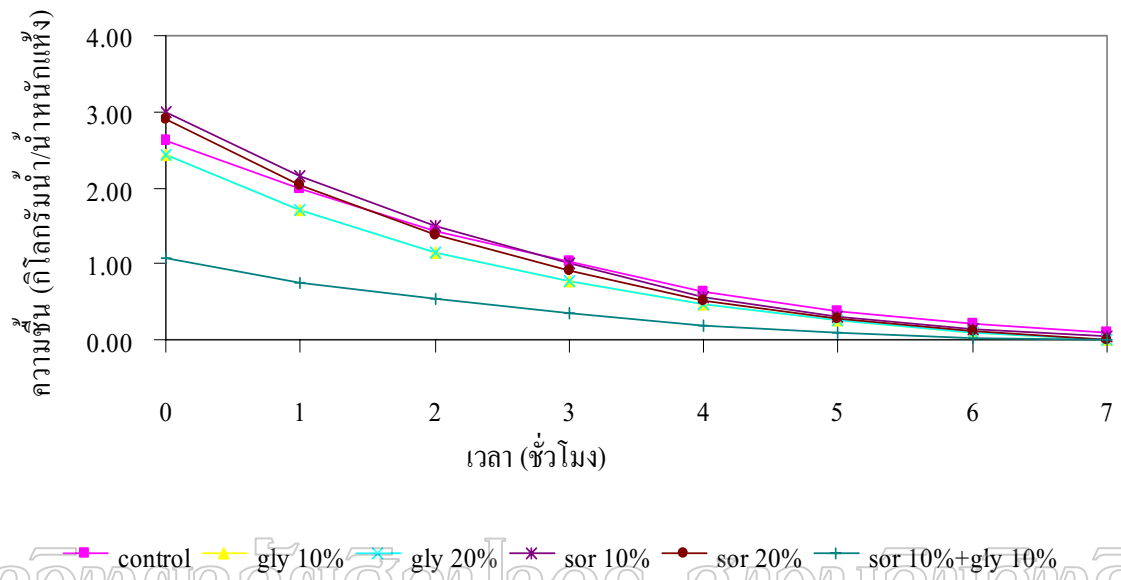
ความชอบโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

ขอบคุณค่ะ

ภาคผนวก จ



มหาวิทยาลัยศิลปากร ลงวนสุโขทัย

ภาพที่ 61 อัตราการทำแห้งของมะม่วงแช่อิ่มที่ผ่านการแช่สารละลายออกซิโมติกแต่ละชนิด

ประวัติผู้วิจัย

- ชื่อ-สกุล:** นางสาววนิชฐา ศรีหัตถ์
- ที่อยู่:** 25 หมู่ 7 ถ.เพชรเกษม ต.สระกะเทียม อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี 76150
- การศึกษา:** มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จังหวัดเพชรบุรี
ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ระดับปริญญาโท วิศวกรรมศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี
อาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์