การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนโดยใช้สารทดแทนซัลไฟต์และการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลง

INHIBITION OF BROWNING REACTION ON TENDER COCONUT'S SHELL BY SULPHITE SUBSTITUTED CHEMICALS AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING

TO29380

นางประชิต อยู่หว่าง

MRS. PRACHIT YUWANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

ISBN 974-622-065-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 29380
วัน, เดือน, ปี 26 ส.ค. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

INHIBITION OF BROWNING REACTION ON TENDER COCONUT'S SHELL BY SULPHITE SUBSTITUTED CHEMICALS AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING

PRACHIT YUWANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

ISBN 974-622-065-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนโดยใช้สารทดแทนซัลไฟต์และการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลง**
นักศึกษา	**นางประชิต อยู่หว่าง**
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	**ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ**
ระดับการศึกษา	**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
พ.ศ.	**2540**

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อหาชนิดของสารเคมีและสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีความเหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าวอ่อน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งของสารเคมี 5 ชนิดคือ 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอล กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก โซเดียมอิริทอร์เบทและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฟิล์มพลาสติก 3 ชนิดคือ ฟิล์มพลาสติกยืด PVC ถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางและหนา (ความหนา 0.033 และ 0.067 มิลลิเมตร) พร้อมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบของเปลือกที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล

จากการศึกษาขั้นต้นพบว่าสารที่มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลคือกรดแอสคอร์บิก 4% 2.5% กรดแอสคอร์บิก + 3.5% กรดซิตริก โซเดียมอิริทอร์เบท 7% และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 2.5% เมื่อนำสารดังกล่าวมาใช้กับมะพร้าวทั้งผลพบว่าในเวลาไม่เกิน 4 สัปดาห์ 2.5% กรดแอสคอร์บิก + 3.5% กรดซิตริกมีประสิทธิภาพการยับยั้งสูงสุด และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาพบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 2.5% ให้ผลยับยั้งสูงแตกต่างจากสารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเก็บรักษาครบ 5 สัปดาห์พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำมะพร้าวลดลงแต่ในเนื้อมะพร้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินซีลดลงจนเกือบหมดทั้งในเนื้อและน้ำมะพร้าว กรดไขมันอิสระมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนเป็นที่น่าสังเกตโดยเฉพาะในน้ำมะพร้าว การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าการเก็บรักษามะพร้าวอ่อนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแต่เมื่อเก็บครบ 5 สัปดาห์พบว่าการยอมรับลดลงโดยเฉพาะปัจจัยด้านกลิ่นและรสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลการเก็บรักษามะพร้าวอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงพบว่า ฟิล์มพลาสติกยืดมีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลสูงแตกต่างจากการใช้ฟิล์มโพลีเอทธิลีนอย่างมีนัยสำคัญ หลังการเก็บรักษาพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำมะพร้าวในชุดที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดเพิ่มขึ้นแต่ลดลงในชุดที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนส่วนในเนื้อมะพร้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินซีลดลงจนเกือบหมดทั้งในเนื้อและน้ำมะพร้าว การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าการบรรจุมะพร้าวอ่อนในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่น รสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสมากจนกระทั่งผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้ การบรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางและหนามีผลให้เกิดการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 7 และ 14 ตามลำดับ การวิเคราะห์เปลือกมะพร้าวอ่อนพบสารประกอบโพลีฟีนอล กิจกรรมของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Inhibition of Browning Reaction on Tender Coconut's Shell by Sulphite Substituted Chemicals and Modified Atmosphere Packaging
Student	Mrs. Prachit Yuwang
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Ratiporn Haruenkit
Level of Study	Master of Science in Food Science King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1997

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effectiveness of chemical for inhibiting of browning in young coconut husk. These chemicals were 4-hexylresorcinol ascorbic acid, citric acid, sodium erythorbate and sodium metabisulfite. Modified atmosphere packages using stretched PVC film, polyethylene plastic film bags (0.033 and 0.067 mm thickness) were compared. Chemical compostion and sensory quality of coconut flesh and juice were analysed. Factors involved in enzymatic browning were determined.

The effective chemicals found in the preliminary tested were 4% ascorbic acid, 2.5% ascorbic acid + 3.5% citric acid, 7% sodium erythorbate and 2.5% sodium metabisulfite. Those chemicals were tested with whole fruits and similar results were obtained. In the first 4 weeks storage the use of 2.5% ascorbic acid + 3.5% citric acid had the highest effective. The sodium metabisulfite at 2.5% showed the most significantly effect after 5 weeks storage. The total acidity in coconut juice decreased but increased in flesh. Free fatty acid increased remarkly in juice. Fruits storaged for 4 weeks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

showed no effect on overall sensory qualities but prolonged to 5 weeks flavor and taste were reduced.

In modified atmosphere storage, stretched PVC film showed significantly effect on browning inhibition. After storage total acidity in coconut juice from fruit wrapped with PVC film were increased but decreased in polyethylene plastic film bag. In coconut flesh total acidity were increased in both types of film. Vitamin C nearly disappeared in both types of film. It was found that thick polyethylene film caused remarkly changes in texture, taste and flavor. The CO_2 concentration in thick and thin polyethylene plastic film bag were 14 and 7% respectively. The total phenolic compound, polyphenoloxidase and peroxidase were detected in coconut husk.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้เนื่องจากได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ระติพร หาเรือนกิจ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆแก่ข้าพเจ้าโดยตลอด ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามีโอกาสประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คุณนุจรีย์ อินอุดม รวมถึงพี่ๆน้องๆปริญญาโทที่ได้ให้ความช่วยเหลือและความปารถนาดีเสมอมา ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และบัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่ได้ให้การสนับสนุนและกำลังใจมาโดยตลอด

ประชิต อยู่หว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....x

บทที่

1. บทนำ.....1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

วัตถุประสงค์.....2

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3

องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวอ่อน.....3

การเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้.....3

การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล.....6

วิธีการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลใน มะพร้าวอ่อนละผลไม้อื่นๆ.....9

การเก็บรักษาผักและผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง.....11

3. อุปกรณ์และวิธีการ.....17

วัตถุดิบ.....17

อุปกรณ์ในการผลิต.....17

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์.....17

สถานที่ทดลอง.....18

วิธีการทดลอง.....18

การศึกษาองค์ประกอบของเปลือกมะพร้าวอ่อนที่มีผล
ต่อการเกิดสีน้ำตาล.....18

การทดลองหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เปลือกมะพร้าว.....18

การทดลองหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อน.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ หน้า

การศึกษาผลของการเก็บมะพร้าวอ่อนในสภาพบรรยากาศ
ดัดแปลงเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล....23
4. ผลการทดลองและวิจารณ์....25
การศึกษาองค์ประกอบของเปลือกมะพร้าวอ่อนที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล....25
การทดลองหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เปลือกมะพร้าว....26
การทดลองหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนและการศึกษา
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา....45
การศึกษาศึกษาผลของการเก็บมะพร้าวอ่อนในสภาพ
บรรยากาศดัดแปลงที่ 8°ซ เป็นเวลา 5 สัปดาห์....61
5. สรุปผลการทดลอง....75
ข้อเสนอแนะ....77
บรรณานุกรม....78
ภาคผนวก....84
ก. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกมะพร้าวอ่อนที่มีผล
ต่อการเกิดสีน้ำตาล....85
ข. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี....88
ค. แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส....92
ง. ข้อมูลจากการทดลอง....93
จ. ตัวอย่างการคำนวน....98
ประวัติผู้เขียน....101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวอ่อน....4
2. ความเข้มข้นของสารละลายผสมกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก....21
3. กิจกรรมของเอ็นไซม์ในเปลือกมะพร้าวอ่อน....25
4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกในเปลือกมะพร้าวอ่อน....25
5. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ 5 สัปดาห์....36
6. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริกที่ 5 สัปดาห์....40
7. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมอิริทอร์เบทที่ 5 สัปดาห์....44
8. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนทั้งผล....47
9. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix) ในน้ำมะพร้าว....48
10. ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว....49
11. ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำมะพร้าว (คิดเป็นกรดซิตริก)....50
12. ปริมาณวิตามินซี ในน้ำมะพร้าว....51
13. ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมะพร้าว (คิดเป็น lauric acid)....52
14. ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อมะพร้าว....53
15. ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อมะพร้าว (คิดเป็นกรดซิตริก)....54
16. ปริมาณวิตามินซีในเนื้อมะพร้าว....55
17. ปริมาณกรดไขมันอิสระในเนื้อมะพร้าว (คิดเป็น lauric acid)....56
18. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 และ 5 สัปดาห์....58
19. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 และ 5 สัปดาห์....60
20. ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยฟิล์มชนิดต่างๆต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อน....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

21. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....63
22. ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าวอ่อนที่บรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....64
23. ปริมาณกรดทั้งหมด (คิดเป็นกรดซิตริก) ของน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....65
24. ปริมาณวิตามินซีของน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....66
25. ความเป็นกรด-ด่างของเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....67
26. ปริมาณกรดทั้งหมด (คิดเป็นกรดซิตริก) ของเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....68
27. ปริมาณวิตามินซีของเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....69
28. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ 8°ซ เป็นเวลา 4 และ 5 สัปดาห์....71
29. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ 8°ซ เป็นเวลา 4 และ 5 สัปดาห์....73
30. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในภาชนะบรรจุมะพร้าวอ่อนที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง....74

ตารางภาคผนวกที่

31. ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของ 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอล กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์....93
32. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์....94
33. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก....95
34. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมอิริทอร์เบท....97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

1. ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซด์โพลีฟีนอลออกซิเดส.....5
2. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของ 4–เฮกซิลเรซอร์ซินอล
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....28
3. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....29
4. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดซิตริก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....30
5. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....31
6. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....33
7. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดกรดซิตริก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....34
8. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....35
9. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิก
2.5%และกรดซิตริก 1.25–4.00%ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือก
มะพร้าวอ่อน.....38
10. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิก
3.0% และกรดซิตริก 1.25–4.00% ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือก
มะพร้าวอ่อน.....39
11. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิก
3.5% และกรดซิตริก 1.25–4.00% ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือก
มะพร้าวอ่อน.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

12. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิก 4.0% และกรดซิตริก 1.25–4.00% ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....41
13. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมอิริทอร์เบท ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน.....43
14. แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวทั้งผลในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์.....46
15. แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในภาชนะบรรจุมะพร้าวอ่อน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8°ซ เป็นเวลา 5 สัปดาห์.....100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่คนไทยนิยมบริโภคเพราะว่าสะอาดมีรสชาติอร่อย และให้ความรู้สึกสดชื่นเมื่อรับประทาน ปัจจุบันแม้ว่าจะยังไม่ทราบถึงปริมาณความต้องการในประเทศที่แน่นอนก็ตามแต่คาดว่ามีความต้องการทั้งในรูปผลสดและมะพร้าวอ่อนแปรรูปปีละประมาณ 700–900 ตัน หรือเท่ากับ 0.56–0.72 ล้านผล และเชื่อว่าแนวโน้มความต้องการจะเพิ่มขึ้น (_____ 2531 : 1–6) ปัจจุบันหน่วยงานของรัฐโดยกรมส่งเสริมการเกษตรและการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยได้ให้การสนับสนุนการผลิตมะพร้าวอ่อนเพื่อการส่งออก และส่งเสริมเผยแพร่ให้ชาวต่างประเทศรู้จักบริโภคมะพร้าวอ่อนนอกเหนือจากผลไม้ไทยชนิดอื่น ๆ

มะพร้าวอ่อนมีสมบัติเด่นกว่าผลไม้ชนิดอื่นเนื่องจากมีเปลือกแข็งและหนาจึงสามารถป้องกันการกระแทกกระเทือนได้ดีทำให้มีความได้เปรียบในการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศในด้านตลาดต่างประเทศมะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกสูงมาก (จิรานุช 2535 : 28–31) ปริมาณการส่งออกในปี 2532 มีจำนวนประมาณ 4 ล้านผล มูลค่า 33.8 ล้านบาท (ประทีป 2534 : 50–58) และมีแนวโน้มการส่งออกเพิ่มมากขึ้นทุกปีโดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดในประเทศญี่ปุ่น ฮ่องกง ไต้หวัน และมีแนวโน้มทางการตลาดที่ดีในประเทศออสเตรเลียและยุโรป (จิรานุช 2535 : 28–31) โดยรูปแบบมะพร้าวอ่อนที่จำหน่ายมากที่สุดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศคือรูปผลสดที่ผ่านการปอกเปลือกสีเขียวออก มะพร้าวอ่อนที่ผ่านการปอกเปลือกและตัดแต่งเพื่อจำหน่ายจะมีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วทำให้เป็นปัญหาที่สำคัญด้านการตลาด ประกอบกับมะพร้าวเป็นผลไม้ที่มีขนาดผลใหญ่การขนส่งโดยทางอากาศจึงมีค่าใช้จ่ายสูงและถ้าขนส่งทางเรือจะเก็บไว้ได้ไม่นานเนื่องจากผิวที่ปอกเปลือกจะเป็นสีดำและขึ้นราเสียก่อน (กรมส่งเสริมการเกษตร 2530 : 6–19) ดังนั้นจึงนิยมใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนคือสารในกลุ่มซัลไฟต์ ปัจจุบันสำนักงานอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาประกาศห้ามใช้สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มซัลไฟต์ในผักและผลไม้ดิบที่ต้องการบริโภคสดเพราะสารนี้มีผลต่อผู้บริโภคโดยทำให้เกิดการแพ้อย่างรุนแรงในคนที่เป็นโรคหอบหืดบางคนและคาดว่าการใช้สารนี้จะมีข้อจำกัดมากขึ้นในอนาคต

จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีความจำเป็นในการวิจัยเพื่อหาสารที่ใช้ทดแทนซัลไฟต์และวิธีการเก็บรักษาโดยบรรยากาศดัดแปลงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและนำไปสู่การลดปัญหาและอุปสรรคในการส่งมะพร้าวอ่อนไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศในอนาคต

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยมุ่งศึกษาชนิดของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่สามารถใช้ทดแทนซัลไฟต์และผลของการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลงต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อน ตลอดจนศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัส รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อน

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อน

2.เพื่อศึกษาหาสารทดแทนซัลไฟต์และปริมาณการใช้ที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อน

3.เพื่อศึกษาผลของการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มพลาสติกต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อน

4.เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวอ่อนภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวอ่อน

การเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อนจะเก็บเกี่ยวในเดือนที่ 7 – 8 หลังการเปิดของจั่นมะพร้าวซึ่งเป็นช่วงที่มะพร้าวมีรสชาติดีที่สุด ที่สภาวะนี้น้ำมะพร้าวมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) เพิ่มขึ้นสูงสุด โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ (Grimwood 1975 : 24–29) โดยที่สภาวะความแก่อ่อนระดับนี้น้ำมะพร้าวจะมีปริมาณกลูโคสมากที่สุดส่วนน้ำตาลอื่นๆที่พบคือเลวูโลส (Laevulose) และซูโครส (Pandalai 1958:167–173) Tongdee และคณะ (1991 : 74–75) ได้ทำการศึกษาถึงความหวานของมะพร้าวอ่อนซึ่งได้จากสวนที่ผลิตในเชิงการค้าในจังหวัดนครปฐมพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตามอายุของมะพร้าวและลดลงในผลที่มีความแก่มากเกินไปไม่เหมาะสมที่จะบริโภคในรูปมะพร้าวอ่อน มะพร้าวอ่อนที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาบริโภคควรมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 7.4–7.8 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์เนื้อมะพร้าวอ่อนโดยกองโภชนาการกระทรวงสาธารณสุข (2535 : 18) พบว่ามีความชื้นร้อยละ 83.1 ให้พลังงาน 55 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม และประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1

2. การเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้

การเกิดสีน้ำตาล (Browning) เป็นการเสื่อมเสียที่สำคัญของผักผลไม้นอกเหนือจากการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ การเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้มักเกิดจากเอ็นไซม์ (Enzymatic browning) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากที่เซลล์พืชถูกทำลายจากการปอกเปลือกหรือการตัดแต่ง ทั้งนี้เนื่องจากการทำลายเนื้อเยื่อของพืชจะทำให้เอ็นไซม์และสับเสตรท (Substrate)รวมตัวกันอย่างรวดเร็ว (Robinson 1987 : 377, 464–479) การเกิดสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวอ่อน

สารอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี (กรัม / 100 กรัม)	เกลือแร่ / วิตามิน	องค์ประกอบทางเคมี (มิลลิกรัม / 100กรัม)
โปรตีน	1.6	แคลเซี่ยม	13
ไขมัน	2.0	ฟอสฟอรัส	173
คาร์โบไฮเดรต	7.7	เหล็ก	1.0
เยื่อใยอาหาร	4.5	ไทอามีน	0.06
เถ้า	1.1	ไรโบเฟลวิน	0.04
		ไนอาซิน	1.3
		วิตามินซี	4
		วิตามินเอ	25 IU

ที่มา: กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข (2535:18)

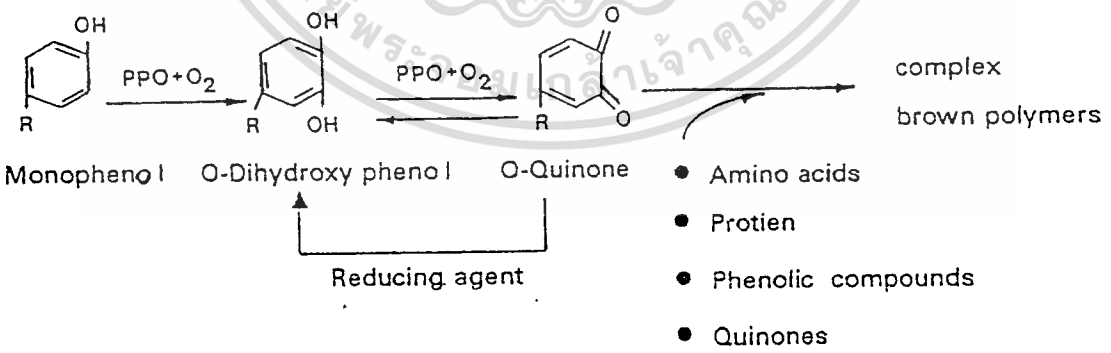
เนื่องจากเอ็นไซม์ประกอบด้วยการทำปฏิกิริยากันระหว่างองค์ประกอบ 3 อย่างคือออกซิเจน เอ็นไซม์และสับสเตรท ถ้าขาดปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งแล้วปฏิกิริยาจะไม่เกิดขึ้น (Heimann 1980 : 137,254,291-301) เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยานี้คือโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase, PPO) (McEvily และคณะ 1991, Wong 1989 : 113-326, Zawistowski และคณะ 1991 : 217-252) เป็นเอ็นไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์โดยอยู่ในส่วนของคลอโรพลาส ไมโตคอนเดรีย ไมโครโซม เปอร์ออกซิโซม (Peroxisomes)และเซลลูลาร์พลาสม่า มีลักษณะเป็นเอ็นไซม์ที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ ชื่อของเอ็นไซม์นี้มักเรียกตามสับสเตรท เช่น ไทโรซิเนส (Tyrosinase) แคเทโคเลส (Catecholase) ครีโซเลส (Cresolase) โพลีฟีนอล เลส (Polyphenolase) ฟีนอลเลส (Phenolase) ไดฟีนอลเลส (Diphenolase) และแคเทคอล ออกซิเดส (Catechol oxidase) (Zawistowski และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะ 1991 : 217–252, Wong 1989 : 113–326) พีเอชที่เหมาะสมในการทำงานในผักผลไม้ส่วนใหญ่เช่นแอปเปิ้ล สาลี่ ท้อ องุ่น กล้วย อโวกาโด มันฝรั่ง และเห็ด คือ 5.0–7.0 ยกเว้นในเชอรี่หวานมีพีเอช ที่เหมาะสมเป็น 4.0–4.5 (Zawistowski และคณะ 1991 : 217–252, Robinson 1987 : 377, 469–479) ที่พีเอชต่ำกว่า 3.0 เอ็นไซม์นี้จะถูกยับยั้ง (Langdon 1987 : 64–67) เอ็นไซม์นี้ค่อนข้างไม่ทนความร้อนการทนความร้อนแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและในระหว่างพืชชนิดเดียวกันก็แตกต่างกันไปตามสภาพการปลูกและรูปแบบของเอ็นไซม์ การใช้ความร้อนที่ 70–90°ซ เวลาสั้นๆเพียงพอที่จะกำจัดเอ็นไซม์นี้ได้อย่างสมบูรณ์แต่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำกว่า 0°ซได้ สับเสตรทของโพลีฟีนอลออกซิเดสคือสารประกอบฟีนอลลิกชนิดต่างๆ ที่สำคัญและพบในผักผลไม้คือ Catechins, Cinnamic acid ester, Chlorogenic acid, 3,4-Dihydroxy phenylalanine Tyrosine (Zawistowski และคณะ 1991 : 217–252) และ Flavonyl glycosides (Robinson 1987 : 377, 469–479)

ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยา 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาการเติมหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxylation) ให้สารประกอบโมโนฟีนอลได้เป็นสารออโท-ไดฟีนอล (*O*-Diphenols) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาดีไฮโดรจีเนชั่น (Dehydrogenation) ต่อไปได้เป็นออโท-ควิโนน (*O*-quinones) สารควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและทำ

ภาพที่ 1



ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ที่มา : Saper (1993 : 75–84)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาต่อไปกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และสารอื่นๆโดยไม่ใช้เอ็นไซม์ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือเมลานิน (Melanin) ซึ่งเป็นสารที่มีสีน้ำตาลดำ ปฏิกิริยาแสดงในภาพที่ 1 ผลของปฏิกิริยาทำให้อาหารมีการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงและบางครั้งอาจมีผลต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ (Zawistowski และคณะ 1991 : 217–252)

3. การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล

หลักในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซม์คือการกำจัดออกซิเจนและการชะงักการทำงานของเอ็นไซม์โดยการใช้ความร้อนหรือสารเคมีซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การกำจัดออกซิเจน

วิธีการที่ใช้ได้แก่การทำให้เกิดสูญญากาศหรือใช้แก๊สเฉื่อย (Heimann 1980 : 137,254–301) และการลดออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆผัก–ผลไม้โดยการบรรจุหีบห่อแบบดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging) การดัดแปลงบรรยากาศนี้สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่ถ้ากำจัดออกซิเจนออกมากเกินไปก็จะก่อให้เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากการเกิดเมตาโบลิซึมแบบไม่ใช้อากาศซึ่งนำไปสู่การเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติและการเน่าเสียในที่สุด ดังนั้นจึงมีการเจาะรูภาชนะบรรจุเพื่อให้อากาศเข้าได้บางส่วนโดยเฉพาะกับผักผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง (Sacharow และ Griffin 1980 : 239–256)

3.2 การยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์

ทำได้โดยการใช้ความร้อนหรือสารเคมี การใช้ความร้อนนั้นไม่เหมาะสมที่จะใช้กับผักผลไม้สดเนื่องจากจำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (McEvily และคณะ 1991 : 80–86) วิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการใช้สารเคมี โดยชนิดของสารเคมีที่ใช้และผลต่อเอ็นไซม์มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 กลุ่มสารซัลไฟต์ (Sulfiting agent) เป็นสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลทั้งจากปฏิกิริยาที่ใช้และไม่ใช้เอ็นไซม์รวมทั้งมีผลยับยั้งจุลินทรีย์ ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลซัลไฟต์จะทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางคือควิโนนได้เป็นซัลโฟควิโนน (Sulphoquinone) ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องไปเป็นสารสีน้ำตาล (Zawistowski และคณะ 1991 : 217-252) หรือโดยการรีดิวซ์ออโท-ควิโนนไปเป็นโมโนและ/หรือไดฟีนอล (McEvily และคณะ 1991a : 80-86) แม้ว่าซัลไฟต์จะเป็นสารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการยับยั้งเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส แต่ปัจจุบันได้มีการพิจารณาทบทวนการใช้สารนี้ใหม่เนื่องจากพบว่าก่อให้เกิดอันตรายในหมู่คนที่เป็นโรคหอบหืดที่เกี่ยวข้องกับสเตอรอยด์ (Steroid-dependent asthmatics) จำนวนหนึ่ง โดยในปี 1987สำนักงานอาหารและยา (Food and Drug Administration, FDA) ได้รับรายงานว่ามีผู้เสียชีวิตเนื่องจากสารนี้กว่า 20 ราย เป็นผลให้มีการประกาศห้ามใช้ซัลไฟต์ในผักผลไม้ดิบที่ต้องการบริโภคสดในสหรัฐอเมริกา (Davidson และ Juneja 1990 : 102-105, 494, 634-681)

3.2.2 สารที่มีสมบัติในการจับโลหะ (Chelating agent) เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะที่จำเป็นต่อการทำงานของโพลีฟีนอลออกซิเดส ดังนั้นถ้าสามารถกำจัดทองแดงออกไปก็สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ สารเคมีที่ใช้ได้แก่ ไซยานายด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ โทรโปโลน (Tropolone)เอไซด์ (Azide) โปตัสเซียมเมทธิลแซนเตรต (Potassium methyl xanthate) โซเดียมไดเอทธิลไดไทโอคาร์บาเบท (Sodium diethyl dithiocarbarbate) และเอทธิลีนไดเอมีน เตตระอะซิติคแอซิค (Ethylenediamine tetraacetic acid, EDTA) เป็นต้น

3.2.3 กรดแอสคอร์บิกและอนุพันธ์ เป็นทางเลือกแรกในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเป็นสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผักผลไม้ กรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ 2 วิธี คือ 1) การเกิดปฏิกิริยากับควิโนนโดยกรดแอสคอร์บิกจะรีดิวซ์ควิโนนให้กลับไปเป็นฟีนอลตามเดิมก่อนที่ควิโนนจะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล (Zawistowski และคณะ 1991 : 217-252, Sapers และคณะ 1989 : 997-1002) 2) โดยการยับยั้งเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสโดยผ่านทางการเกิดอนุมูลอิสระ (Free radical) ไปปิด Acitve site ของเอ็นไซม์ (Zawistowski และคณะ 1991 : 217-252) อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์ของมันคือกรดอิริทอร์บิกก็มีประสิทธิภาพน้อยกว่าซัลไฟต์เนื่องจากไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ได้ดีและกรดแอสคอร์บิกยังถูกออกซิไดส์โดยเอ็นไซม์ภายในเซลล์ได้ง่าย หรือเกิดออโตออกซิเดชั่นโดยมีเหล็กหรือทองแดงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อเกิดการออกซิไดส์โดยปฏิกิริยาเหล่านี้ทำให้กรดแอสคอร์บิกซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรออกซิแดนส์ (Prooxidant) มีความเข้มข้นลดลงและกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกที่ได้จากการออกซิเดชั่นเองก็สามารถเกิดปฏิกิริยาให้สีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอ็นไซม์ได้ แต่ที่ระดับความเข้มข้นสูงๆกรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการทำงานของโพลีฟีนอลออกซิเดสได้ สำหรับกรดอิริทอร์บิกนั้นจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่ากรดแอสคอร์บิกมาก (Sapers และคณะ 1989 : 997–1002) Seib และLiao (1987) พบว่า Ascorbic acid-2-phosphate และ Ascorbic acid-2-triphosphate สามารถต้านทานต่อออกซิเจนได้ดีโดยมีความคงทนต่อการออกซิเดชั่นโดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดีกว่ากรดแอสคอร์บิกและจะให้กรดแอสคอร์บิกเมื่อถูกย่อยด้วยเอ็นไซม์ฟอสฟาเทส

3.2.4 กรดซิตริก กรดซิตริกมีผลในการยับยั้ง 2 ทางคือ ทำให้พีเอชลดลงและจับกับทองแดง และเมื่อใช้ร่วมกับกรดแอสคอร์บิกจะช่วยให้กรดแอสคอร์บิกทนต่อการออกซิเดชั่นดีขึ้น การใช้กรดแอสคอร์บิกกับผักผลไม้มักใช้ในรูปสารละลายผสม เช่น กรดซิตริก +กรดแอสคอร์บิก+โปตัสเซียมซอร์เบท และจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับภาชนะบรรจุที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ แต่สารละลายผสมนี้ชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้จำกัดในมันฝรั่งและแอปเปิ้ล (Zawistowski และคณะ 1991 : 217–252)

3.2.5 อนุพันธ์ของเรซอร์ซินอล (Resorcinol derivatives) สามารถยับยั้งการทำงานของโพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดี และพบว่ามีประสิทธิภาพมากเมื่อใช้กับกุ้งจึงมีการค้นคว้าเพื่อใช้แทนซัลไฟต์ในผักและผลไม้ รูปที่ใช้มากคือ 4–เฮกซิลเรซอร์ซินอล (4–hexylresorcinol) (McEvily และคณะ 1991a : 80–86)

3.2.6 สารอื่นๆได้แก่กรดเบนโซอิคและกรดซินนามิค (Cinnamic acid) Sapers และคณะ(1989 : 997–1002) พบว่าซินนาเมทและเบนโซเอทยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของน้ำแอปเปิ้ลได้ดีแต่ทำให้เกิดสีน้ำตาลเมื่อใช้กับชิ้นแอปเปิ้ล โซเดียมคลอไรด์สามารถยับยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดสีคล้ำในผักผลไม้ที่ปอกเปลือกใหม่ๆได้ นอกจากนี้ยังมี Diacetyl และ 2,3-Naphthalenediol สามารถยับยั้งโดยแข่งขันกับทั้งออกซิเจนและฟีนอล

4. วิธียับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนและผลไม้อื่น ๆ

หลังการปอกเปลือกสีของเปลือกมะพร้าวจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ววิธีการป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกที่ใช้ในปัจจุบันคือใช้สารประกอบซัลไฟต์ น้ำสารส้มหรือน้ำผสมน้ำมะนาว (กลุ่มเกษตรสัญจร 2531 : 48-52) สถาบันวิจัยพืชสวนพบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ผสมกับสารยับยั้งเชื้อราไทอาเบนดาโซลแช่ผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้ว 3 นาที ผึ่งให้แห้งเก็บไว้ที่ 7-10°ซ จะเก็บได้นาน 3-4 สัปดาห์โดยไม่เปลี่ยนสีและถ้าหุ้มด้วยถุงพลาสติกใสพีวีซีจะช่วยยืดอายุการเก็บให้นานยิ่งขึ้น (ประทีป 2534 : 50-58) Tongdee และคณะ(1991 : 74-75) พบว่าเมื่อใช้โซเดียมเมตาไบซัลต์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ แช่ผลมะพร้าว 2 นาทีแล้วหุ้มด้วยถุงโพลีเอทธิลีนเก็บรักษาที่ 22°ซ สามารถเก็บรักษามะพร้าวอ่อนได้สูงสุด 7 วัน แต่มีแนวโน้มว่าจะทำให้เกิดสีน้ำตาลถ้าใช้ที่ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์

Ponting และคณะ (1972 : 434-436) ได้ศึกษาการใช้กรดแอสคอร์บิก แคลเซียมและซัลไฟต์ในการรักษาคุณภาพด้านสี กลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นแอปเปิ้ลโดยบรรจุในถุงโพลีเอสเตอร์และเก็บรักษาที่ 34°ฟ พบว่าคุณภาพแอปเปิ้ลดีที่สุดเมื่อใช้สารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิก 1.0 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 0.1 เปอร์เซ็นต์ Langdon (1987 : 64-67) ศึกษาวิธีป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งโดยไม่ใช้ซัลไฟต์พบว่าการแช่ชิ้นมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วในสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกความเข้มข้นอย่างละ 0.3-1.0 เปอร์เซ็นต์และโปตัสเซียมซอร์เบท 0.2 เปอร์เซ็นต์แล้วบรรจุในถุง Polyolefin multilayer ในสภาพสูญญากาศสามารถเก็บรักษาที่ 4°ซ ได้นาน 20 วันโดยยังคงมีคุณภาพเหมือนมันฝรั่งสดและมีความขาวเท่ากับมันฝรั่งที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 500-1,000 ส่วนในล้านส่วน Sapers และ Ziolkowski (1987 : 1732-1733) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของกรดแอสคอร์บิกและกรดอิริทอร์บิกในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลและน้ำแอปเปิ้ลดิบโดยใช้ปริมาณสาร 0.8 และ1.6 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากรดแอสคอร์บิกมี Lag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

time ก่อนที่จะเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลนานกว่ากรดอิริทอร์บิกส่วนในน้ำแอปเปิ้ลสารทั้งสองมีประสิทธิภาพเท่าๆกัน

Sapers และคณะ (1989 : 997–1002) พบว่ากรดแอสคอร์บิก –2–ฟอสเฟต และกรดแอสคอร์บิก – 2 – ไตรฟอสเฟตความเข้มข้น 45.4 mM สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลได้นาน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง สำหรับกรดแอสคอร์บิกมีประสิทธิภาพต่ำกว่าอนุพันธ์ทั้งสองเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นเท่ากัน Mansalve–Gonzalez และคณะ (1993 : 797–800) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของ 4–เฮกซิลเรซอร์ซินอลกับซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิกและอนุพันธ์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลเมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 25°ซ พบว่า4–เฮกซิลเรซอร์ซินอลความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพเท่ากับโซเดียมซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 5 เท่า ส่วนการใช้กรดแอสคอร์บิกเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก–2–ฟอสเฟตไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งที่ทุกอุณหภูมิและ 4–เฮกซิลเรซอร์ซินอลจะไม่มีประสิทธิภาพเมื่อใช้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 35° ซ Brecht และคณะ (1993 : 341–344) ทำการศึกษาผลการยับยั้งสีน้ำตาลของโซเดียมและแคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอส คอร์บิก พบว่าโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ความเข้มข้น 17.5 ส่วนในล้านส่วนที่ pH 4 ใช้ได้ดีกับมันฝรั่งและที่ pH 11 ใช้ได้ดีกับแอปเปิ้ลสำหรับกรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้เมื่อใช้ที่ความเข้มข้น 3.2 เปอร์เซนต์ และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งทั้งในมันฝรั่งและแอปเปิ้ล Lozano และคณะ (1994 : 564–567) ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซม์ในแอปเปิ้ล พบว่าแอปเปิ้ลที่ยังอ่อนมีเปลือกสีเขียวมีอัตราการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าแอปเปิ้ลที่แก่กว่า และอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น การใช้กรดแอสคอร์บิกมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลช้าลง ส่วนปริมาณที่มีผลในการยับยั้งขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา Oktay และคณะ (1995 : 494–496) ได้ทดลองใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล 7 ชนิด กับแอปเปิ้ล พบว่ามีประสิทธิภาพการยับยั้งเรียงตามลำดับน้อยไปมาก คือ Thiourea, Glutathione, β–mercaptoethanol, Sodium cyanide, Ascorbic acid ,Sodium metabisulfide และ L–Cysteine สำหรับ L–Cysteine นั้นสามารถยับยั้งได้ 90.0 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้ที่ความเข้มข้น 4.8×10^{-5} โมลาร์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 4.9×10^{-5} โมลาร์สามารถยับยั้งได้ 85.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรดแอสคอร์บิคความเข้มข้น 7.1×10^{-5} โมลาร์สามารถยับยั้งได้ 74.1 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเก็บรักษาผักและผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packing, MAP)

คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสดของพืชสวนหรือผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว นอกจากจะขึ้นกับชนิด สายพันธุ์ คุณภาพขณะเก็บเกี่ยว ความสะอาด วิธีการขนส่ง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ใช้ในการขนส่งและการเก็บรักษาแล้ว ยังขึ้นกับสภาพบรรยากาศรอบๆหรืออีกในหนึ่งคือความเข้มข้นของก๊าซชนิดต่างๆที่ล้อมรอบผักและผลไม้สดนั้น การใช้ก๊าซเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดเป็นวิทยาการที่มนุษย์รู้จักมากว่า 1000 ปี แล้วแต่มีการนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมเมื่อประมาณครึ่งศตวรรษมานี่เอง โดยส่วนใหญ่มักจะใช้ในรูปของ CAP (Controlled Atmosphere Packaging) หรือ MAP (Modified Atmosphere Packaging) ในปัจจุบันนี้ MAP ได้รับความนิยมมากกว่า CAP และมีการนำมาใช้ทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และเล็ก สามารถใช้ได้ทั้งในระหว่างการเก็บในห้องเย็น การขนส่งและการจำหน่ายปลีก การบรรจุมีตั้งแต่ขนาดใหญ่ (Bulk Package) จนถึงขนาดย่อยเพื่อขายปลีก (Retail Package) และมีต้นทุนดำเนินการต่ำกว่าเนื่องจากไม่ต้องมีการควบคุมความเข้มข้นของก๊าซหลังการบรรจุในภาชนะเรียบร้อยแล้ว

5.1 หลักการของ MAP

Modified Atmosphere Packaging หมายถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติและอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลาโดยขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่ม บรรจุภัณฑ์ที่ใช้และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้นๆ สภาพบรรยากาศของ MAP สำหรับผักและผลไม้สดทั่วไปคือ ก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ (โดยทั่วไปน้อยกว่าร้อยละ8) และหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง (ตั้งแต่ร้อยละ1ขึ้นไป) โดยมีก๊าซไนโตรเจนทำหน้าที่ปรับสมดุลความดันให้เท่ากับความดันบรรยากาศปกติ

การใช้ MAP ที่มีความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหรืออีกในหนึ่งช่วยรักษาคุณภาพผักและผลไม้ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อิทธิพลของ MAP ต่อผักและผลไม้สด มีดังนี้

5.2.1 ชะลออัตราการหายใจ ผักและผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยวจากต้นมาแล้วยังคงมีชีวิตอยู่ดังนั้นกระบวนการหายใจและเมตาโบลิซึม (Metabolism) ต่างๆที่นำไปสู่ความแก่ (Maturation) การสุก (Ripening) และการชราภาพ (Senescenece) ยังคงเกิดต่อเนื่องตลอดเวลา กระบวนการหายใจของพืชเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสารอาหารที่สะสมภายในเซลล์พืชเพื่อสร้างพลังงานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตดังสมการ (งามทิพย์ 2537:17–23)

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38ADP + 38Pi \longrightarrow CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP$$

น้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งโดยเอ็นไซม์จะถูกออกซิไดส์ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน ซึ่งพลังงานส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ในกระบวนการชีวเคมีของพืชส่วนที่เหลือจะถูกปล่อยออกมาในรูปความร้อน นอกจากนี้ยังได้สารประกอบที่ให้กลิ่นรส (Flavor compounds) เฉพาะตัวของผักและผลไม้สดออกมาด้วย อัตราการหายใจของพืชแปรผันโดยตรงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) กับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆพืชนั้น (งามทิพย์ 2537:17–23) โดยอัตราการหายใจของพืชจะลดลงเมื่อความดันของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลดลงจนถึงระดับหนึ่งซึ่งปริมาณออกซิเจนมีไม่เพียงพอให้พืชหายใจตามปกติ (Aerobic Respiration) พืชจะเปลี่ยนไปหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Respiration) และให้แอลกอฮอล์และอัลดีไฮด์ออกมาดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 2Pi + 2ADP + 2H \longrightarrow 2\ ethanol + 2CO_2 + 2\ ATP + 2H_2O$$

การสะสมของแอลกอฮอล์และอัลดีไฮด์ทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ (Off-flavor) และเซลล์พืชถูกทำลาย นอกจากนี้การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะสร้างพลังงานน้อยกว่าการหายใจแบบปกติทำให้พืชต้องเพิ่มการหายใจให้มากขึ้นเพื่อให้ได้พลังงานเพียงพอกับความต้องการจึงเป็นการเร่งการใช้สารอาหารที่สะสมในเซลล์พืช เมื่อคาร์โบไฮเดรตถูกใช้หมดไปพืชจะนำโปรตีนและไขมันมาใช้แทนพร้อมกับสร้างกรดและแอลกอฮอล์ออกมาด้วยทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การสะสมกรดในเซลล์พืชจะทำลายผนังเซลล์เป็นผลให้ปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวเคมีต่างๆเกิดได้มากขึ้นและเชื้อจุลินทรีย์เข้ามาทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังนั้นการกำหนดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดหนึ่งๆนั้นจะพิจารณาจากอัตราการหายใจที่ลดลงพียงอย่างเดียวไม่ได้จะต้องคำนึงถึงความทนทานของพืชต่อก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำๆด้วย มิฉะนั้นจะเกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงๆ (ตั้งแต่ร้อยละ 1 ขึ้นไป) สามารถชะลออัตราการหายใจของพืชได้เช่นกัน แต่ถ้าความเข้มข้นสูงเกินไปประมาณร้อยละ 20 หรือสูงกว่าทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของพืชและความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ด้วยอาจทำให้เกิดการสร้างและสะสมแอลกอฮอล์และอัลดีไฮด์ภายในเซลล์พืชเนื่องจากพืชไม่สามารถหายใจตามปกติได้จึงหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 5–20 อาจเป็นเหตุให้เอ็นไซม์ในวงจรเครบส์ (Krebs Cycle) ทำงานผิดปกติทำให้การหายใจเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ยังพบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเซลล์ เช่น การลดขนาดและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโตคอนเดรีย(Mitocondria) ซึ่งเชื่อว่าเกี่ยวข้องโดยตรงกับการการชราภาพ อย่างไรก็ตามกลไกการทำงานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อการหายใจและเมตาโบลิซึมต่างๆในเซลล์พืชยังไม่เป็นที่แน่ชัด

การกำหนดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับผักและผลไม้สดแต่ละชนิดนั้นต้องพิจารณาความทนทานของพืชต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงด้วย ผลของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการชะลอหรือยับยั้งกระบวนการหายใจและเมตาโบลิซึมต่างๆของผักและผลไม้สดเป็นผลทวี (Additive effect) คือเสริมซึ่งกันและกัน การใช้ก๊าซใดก๊าซหนึ่งเพียงอย่างเดียวจะมีผลน้อยกว่าการใช้ก๊าซทั้งสองร่วมกัน (งามทิพย์ 2537:17–23)

5.2.2 ชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน เอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อควบคุมการเจริญเติบโต การสุกและการชราภาพของผักและผลไม้ ทั้งการสังเคราะห์เอทิลีนและการทำงานของเอทีลีนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจนในบรรยากาศโดยอัตราการสังเคราะห์เอทิลีนของพืชจะลดลงเมื่อมีออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 8 และอัตราการสังเคราะห์นี้จะลดลงถึงร้อยละ 50 เมื่อมีออกซิเจนร้อยละ 2.5 สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงอาจจะเร่งหรือยับยั้งหรือไม่มีผลใดเลยต่อการสังเคราะห์เอทิลีนทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของพืชและความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในผักและผลไม้สดเนื่องจากการเก็บรักษาภายใต้ MAP จะแสดงออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รส และทางด้านคุณค่าอาหารซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.3.1 การเปลี่ยนสี สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนน้อยๆและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากๆจะช่วยลดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และลดการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานินซึ่งรงควัตถุ 2 ชนิดนี้ให้สีเหลือง-ส้มและแดง-น้ำเงินตามลำดับแก่พืช อย่างไรก็ตามการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อผักและผลไม้สดได้เช่นกัน โดยลักษณะผิดปกติจะแสดงให้เห็นเมื่อนำผักและผลไม้สดนั้นออกมาไว้ที่บรรยากาศปกติหรือหลังจากผ่านกระบวนการแปรรูป

5.2.3.2 การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส โดยถ้าใช้ความเข้มข้นของก๊าซอยู่ในช่วงที่พืชทนไม่ได้จะเกิดกลิ่นรสผิดปกติเนื่องจากการสะสมของแอลกอฮอล์และอัลดีไฮด์ที่ได้จากกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

5.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหาร โดยทั่วไป MAP จะช่วยรักษาปริมาณ กรดแอสคอร์บิกในผักและผลไม้ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ

5.2.3.4 ลดการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ MAP สามารถลดการเน่าเสียเนื่องจากการกระทำของจุลินทรีย์ได้เฉพาะผักผลไม้ที่สามารถทนทานก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงได้เท่านั้น (ประมาณร้อยละ 20 หรือสูงกว่า) สำหรับผักและผลไม้สดโดยทั่วไปการบรรจุภายใต้ MAP ช่วยลดการเน่าเสียเนื่องจากการกระทำของจุลินทรีย์ได้น้อยเนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชสามารถทนทานได้มักต่ำกว่าร้อยละ 20 อย่างไรก็ตามการบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกสามารถช่วยลดการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของจุลินทรีและสปอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การสร้างสภาวะบรรยากาศดัดแปลง

การสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการสำหรับผักและผลไม้สดอาจได้จากการผ่นก๊าซที่ต้องการตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้เข้าไปในห้องเย็นหรือภาชนะที่บรรจุ หรืออาจได้จากการใช้สารเคมีที่ให้ก๊าซที่ต้องการหรือดูดกลืนก๊าซที่ไม่ต้องการออกไปจากบรรยากาศที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Active MAP ซึ่งมีการใช้ทั่วไปสำหรับผักและผลไม้สด การสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการภายในภาชนะบรรจุอีกวิธีหนึ่งทำได้โดยการเลือกฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมกับอัตราการหายใจของพืช ณ อุณหภูมิที่เก็บรักษาพืชจะใช้ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะทำให้ความเข้มข้นลดลงจึงเกิดแรงขับดัน (Driving Force)ให้ก๊าซออกซิเจนภายนอกซึมผ่านฟิล์มเข้าไปภายในภาชนะบรรจุขณะเดียวกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจของพืชจะซึมผ่านฟิล์มออกไปภายนอก ถ้าอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชสูงกว่าอัตราการซึมผ่านฟิล์มของก๊าซนี้ออกไปภายนอกจะเกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ ณ สมดุลย์ความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองนี้จะคงที่และถูกกำหนดโดยค่าอัตราการซึมผ่านฟิล์มของก๊าซทั้งสองและอัตราการหายใจของพืชลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Passive MAP หรือ Physiological Package (งามทิพย์2537 : 17–33)

จากหลักการสร้างสภาวะในบรรยากาศดัดแปลงสำหรับผักและผลไม้สดดังกล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยสำคัญในการใช้ MAP กับผักและผลไม้สดให้ประสบความสำเร็จประกอบด้วย การเลือกสภาวะบรรยากาศที่เหมาะสมซึ่งทำให้พืชมีอัตราการหายใจต่ำสุดโดยไม่เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเลือกชนิดของภาชนะบรรจุที่มีค่าการยอมให้อากาศซึมผ่านใกล้เคียงกับสภาวะอัตราการหายใจดังกล่าวมากที่สุด (O'Connor และคณะ 1992 :127–136)

5.4 ตัวอย่าง MAP สำหรับผักและผลไม้สด

โดยทั่วไปสภาวะ MAP ที่ใช้กับผักและผลไม้สดคือความเข้มข้นของออกซิเจนร้อยละ 1–10 (v/v) และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 1–15 (v/v) ที่สภาวะนี้มีผลต่อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียเพียงเล็กน้อยจำเป็นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 5^{0}ช และมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีร่วมด้วย (O'Connor และคณะ 1992 : 127–136) Leeและคณะ (1993 : 300–303) พบว่าการเก็บลูกพลับ (Persimmon) ในสภาวะที่ควบคุมให้มีความเข้มข้นของออกซิเจนร้อยละ 2 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 และใช้ Ethylene absorber ร่วมด้วยสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้

สำหรับผักและผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งมาก่อนและมีการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นข้อจำกัดต่ออายุการเก็บรักษานั้นค่อนข้างมีความยุ่งยากในการใช้ MAP เนื่องจากออกซิเจนนั้นจำเป็นสำหรับการหายใจแต่ไม่เป็นที่ต้องการสำหรับการเกิดสีน้ำตาล Church และ Parson (1995 : 143–152) แนะนำให้แก้ปัญหานี้โดยการลดปริมาณออกซิเจนให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้อากาศและใช้ความเย็นร่วมด้วย เช่น ในผักกาดหอมที่ผ่านการหั่นแล้วทำการพ่นด้วยก๊าซ (Gas flushing) ที่ประกอบด้วยออกซิเจนร้อยละ 5 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 และไนโตรเจนร้อยละ 90 สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ก่อนที่สภาวะบรรยากาศในภาชนะบรรจุจะอยู่ในสภาวะสมดุลคือมีออกซิเจนร้อยละ 1–3 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5–6 สำหรับแอปเปิ้ลและมันฝรั่งที่ผ่านการปอกเปลือกและหั่นแล้ว การเตรียมโดยวิธีการที่เหมาะสมและใช้การบรรจุในสภาพสูญญากาศหรือ MAP นั้นไม่เพียงพอที่จะควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้จำเป็นต้องใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลร่วมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

มะพร้าวอ่อนจากสวนในจังหวัดสมุทรปราการ

2. อุปกรณ์ในการผลิต

2.1 ถุงโพลีเอทธิลีน (Polyethylene, PE) ชนิดหนา ขนาด 10 1/16″ X 15 2/16″ มีความหนา 0.067 มิลลิเมตร

2.2 ถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบาง ขนาด 10 1/16″ X 15 2/16″ มีความหนา 0.033 มิลลิเมตร

2.3 ฟิล์มพลาสติกยืด (Film wrap) ตรา m wrap เป็นฟิล์ม PVC (Polyvinylidene Chloride) ผลิตโดยบริษัท เอ็มเอ็มพีแพ็คเกจจิ้ง กรุ๊พ จำกัด

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.1 Hand refractometer	Atago N1	ญี่ปุ่น
3.2 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)	Suntex SP-701	ญี่ปุ่น
3.3 เครื่องวัดสี (Tristimulus colorimeter)	Minolta CR-300	ญี่ปุ่น
3.4 Gas Chromatagraphy	Delsi GC11	ฝรั่งเศส
3.5 เครื่องจับและบันทึกสัญญาน (Detector and Recorder)	Shimadzu CR-3A	ญี่ปุ่น
3.6 เครื่องสเปคโตรมิเตอร์ (Spectometer)	Cecil 292	อังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 เครื่องระเหยภายใต้สูญญากาศ (Vacuum evaporator) IKA-Labortechnik เยอรมัน

4. สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. วิธีการทดลอง

5.1 การศึกษาองค์ประกอบของเปลือกที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล

นำมะพร้าวอ่อนมาปอกเปลือกสีเขียวออก ใช้ส่วนเปลือกสีขาวมาวิเคราะห์หาความว่องไวของเอ็นไซม์ (Enzymatic activity) (Golan และคณะ 1977 : 1254-1255) 3 ชนิดคือ โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase) เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) และแคตตาเลส (Catalase) ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Phenolic compound) (Abou Aziz และคณะ 1976 : 309-315) และโปรตีน (Lowry และคณะ 1951 : 265-275)

5.2 การทดลองหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เปลือกมะพร้าว

การทดลองนี้ประกอบด้วยการทดลอง 4 การทดลอง เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสารที่เหมาะสมเพื่อนำไปทดลองกับมะพร้าวอ่อนทั้งผลต่อไป

5.2.1 การทดลองที่ 1 หาชนิดของสารที่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล มีขั้นตอนดังนี้

5.2.1.1 เตรียมสารเคมี เตรียมสารละลาย 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอล (4-Hexyl-resorcinol) ความเข้มข้น 0.01, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกรดแอสคอร์บิคความเข้มข้น 2, 2.4, 2.8, 3.2, 3.6 และ 4 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1, 14, 1.8 2.2, 2.6, 3, 3.5 และ 4 เปอร์เซ็นต์ สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2.5 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ โดยเติมสารกันเชื้อราไทอะเบนดาโซล (Thiabendazole) ความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วนในสารละลายทั้งหมด

5.2.1.2 เตรียมเปลือกมะพร้าวอ่อน นำมะพร้าวมาปอกเปลือกสีเขียวออก เฉือนเปลือกมะพร้าวตามแนวตั้งของผลและตัดให้มีขนาดประมาณ 3.5 X 4.0 ซม. หนาประมาณ 0.6 ซม. แต่ละทรีตเมนต์ (Treatment) มี 9 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้เปลือกมะพร้าว 1 ชิ้น

5.2.1.3 นำชิ้นเปลือกมะพร้าวมาแช่ในสารละลายในข้อ 5.2.1.1 เป็นเวลา 2 นาที เมื่อครบเวลานำขึ้นพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที สำหรับตัวอย่างควบคุมจะแช่ในน้ำที่มีไทอะเบนดาโซล 1,000 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 1 นาที เพื่อชะเอาสารต่างๆที่อยู่บริเวณผิวของชิ้นมะพร้าวออก ทั้งนี้เพื่อให้เหมือนกับตัวอย่างทดลองที่มีการแช่ในสารละลายซึ่งสารต่างๆ ที่อยู่บริเวณผิวของเปลือกมะพร้าวจะถูกชะออกไปเช่นกัน หลังจากนั้นหุ้มด้วยฟิล์มนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 8 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อครบเวลานำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 1 สัปดาห์ รวมเวลาเก็บรักษาทั้งหมด 5 สัปดาห์

5.2.1.4 วัดสีของเปลือกมะพร้าว และหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (Sapers และ Douglas 1987 : 1258–1260) การวัดสีใช้ระบบ Hunter Lab Color System ค่า Reflectance ที่วัดได้คือ L, a, และ b ทั้งค่า L และ a มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาล แต่ค่า L จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าค่า a ดังนั้นจึงจะใช้ ค่า L ในการคำนวณหาเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นการบอกถึงประสิทธิภาพของทรีตเมนต์ การวัดสีจะวัดที่กึ่งกลางของชิ้นมะพร้าว โดยวัดที่เวลาเริ่มต้น (เวลาเป็น 0) คือภายใน 1 นาที หลังการเตรียมตัวอย่างและหลังสัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 นำค่า L ของตัวอย่างและตัวอย่างควบคุมมาคำนวณหาเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลดังนี้

$$\% \text{ การยับยั้งที่เวลา } t = \frac{\Delta L \text{ control} - \Delta L \text{ treatment}}{\Delta L \text{ control}} \times 100$$

เมื่อ $\Delta L = L\ t - L\ \text{initial}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่าการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอยู่ระหว่างร้อยละ 0–100 แสดงว่าทรีตเมนต์นั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ถ้ามีค่ามากกว่า 100 แสดงว่าทรีตเมนต์มีผลฟอกสีตัวอย่าง และถ้ามีค่าต่ำกว่า 0 แสดงว่าทรีตเมนต์ทำให้เกิดสีน้ำตาลมากขึ้นมากมากกว่าที่จะมีผลยับยั้ง

นำเปอร์เซนต์การยับยั้งที่คำนวนได้ของสัปดาห์ที่ 5 ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ผลจากการทดลองนี้ทำให้สามารถเลือกชนิดของสารที่มีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลซึ่งจะนำไปหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทดลองที่ 2 ต่อไป

5.2.2 การทดลองที่ 2 หาความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้

เลือกชนิดของสารจากการทดลองที่ 1 มาทดลองหาความเข้มข้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เตรียมสารที่เลือกได้ตามวิธีการในข้อ 5.2.1.1 ให้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ เตรียมเปลือกมะพร้าวเช่นเดียวกับข้อ 5.2.1.2 นำเปลือกมะพร้าวมาแช่ในสารละลายดังกล่าวตามวิธีการในข้อ 5.2.1.3 วัดสีคำนวณเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและวิเคราะห์ทางสถิติเช่นเดียวกับวิธีการข้อ 5.2.1.4

จากการทดลองนี้จะทำให้สามารถเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารเพื่อนำไปทดลองยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อนทั้งผลได้

5.2.3 การทดลองที่ 3 หาส่วนผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกที่มีความเหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เตรียมสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกความเข้มข้นตามตารางที่ 2 ตามวิธีการข้อ 5.2.1.1 มีทรีตเมนต์ทั้งหมด 28 ทรีตเมนต์ เตรียมมะพร้าวตามข้อ 5.2.1.2 นำเปลือกมะพร้าวมาแช่ในสารละลายตามวิธีการข้อ 5.2.1.3 วัดสี คำนวนเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และวิเคราะห์ทางสถิติตามข้อ 5.2.1.4 จากการทดลองนี้จะทำให้สามารถเลือกส่วนผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกที่มีความเหมาะสมเพื่อนำไปทดลองยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อนทั้งผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายผสมกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก

% กรดซิตริก	Treatment (T)			
	% กรดแอสคอร์บิก			
	2.5	3	3.5	4.0
1.25	T1	T2	T3	T4
1.5	T5	T6	T7	T8
2.0	T9	T10	T11	T12
2.5	T13	T14	T15	T16
3.0	T17	T18	T19	T20
3.5	T21	T22	T23	T24
4.0	T25	T26	T27	T28

5.2.4 การทดลองที่ 4 หาความเข้มข้นของโซเดียมอิริทอร์เบท (Sodium erythorbate) ที่มีความเหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เตรียมสารละลายโซเดียมอิริทอร์เบทความเข้มข้น 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ตามวิธีการในข้อ 5.2.1.1 เตรียมเปลือกมะพร้าวตามข้อ 5.2.1.2 นำชิ้นมะพร้าวมาแช่ในสารละลายตามวิธีการในข้อ 5.2.1.3 แต่ละทรีตเมนต์มี 9 ซ้ำ วัดสี คำนวนเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและวิเคราะห์ทางสถิติตามข้อ 5.2.1.4 จากการทดลองนี้ ทำให้เลือกความเข้มข้นของโซเดียมอิริทอร์เบทที่จะนำไปทดลองกับมะพร้าวทั้งผลได้

5.3 การทดลองหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อน

การทดลองนี้ใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารที่เลือกได้จากการทดลองในข้อ 5.2 ซึ่งมี 3 ชนิด มาทดลองกับมะพร้าวอ่อนทั้งผลเปรียบเทียบกับซัลไฟต์และตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1 เตรียมสารเคมี เตรียมสารละลายที่เลือกทั้งหมดหมดรวมทั้งสารละลายซัลไฟต์และน้ำสำหรับแช่ตัวอย่างควบคุมโดยเติมไทอะเบนดาโซลความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วนในสารละลายทั้งหมด

5.3.2 เตรียมมะพร้าว นำมะพร้าวอ่อนมาปอกเปลือกสีเขียวออกตัดแต่งให้ด้านก้นผลมีปลายแหลมเป็นรูปกรวยป้านส่วนทรงผลเฉือนให้เป็นรูปทรงกระบอกซึ่งด้านหัวผลสอบลงเล็กน้อย และตัดด้านหัวผลให้ตรงเพื่อให้สามารถตั้งได้ หลังจากตัดแต่งเรียบร้อยแล้วต้องแช่ผลมะพร้าวในสารละลายทันที

5.3.3 แช่ผลมะพร้าวในสารละลาย โดยแต่ละทรีตเมนต์มี 6 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้มะพร้าว 1 ผล แช่ในสารละลาย 5 นาที สำหรับตัวอย่างควบคุมแช่ในน้ำ 1 นาที เมื่อครบเวลานำขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ หุ้มแต่ละผลด้วยฟิล์ม บรรจุกล่อง นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 8 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อครบเวลานำมาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ อีก 1 สัปดาห์ รวมเวลาเก็บรักษาทั้งหมด 5 สัปดาห์

5.3.4 วัดสีและหาเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ตามวิธีการข้อ 5.2.1.4 โดยวัดที่บริเวณเส้นผ่านศูนย์กลางของผลทั้งหมด 5 จุด นำมาหาค่าเฉลี่ย ได้ค่า L เฉลี่ยของแต่ละซ้ำทั้งหมด 6 ซ้ำ นำไปคำนวนหาเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล นำเปอร์เซนต์การยับยั้งของสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติตามวิธีการข้อ 5.2.1.4

5.3.5 การวิเคราะห์ทางเคมี ทำการวิเคราะห์วันที่เริ่มทำการทดลอง (วันที่ 0) และหลังจากเก็บรักษาไว้ 4 และ 5 สัปดาห์ การวิเคราะห์จะแยกวิเคราะห์ระหว่างน้ำและเนื้อมะพร้าวเพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของแต่ละส่วน โดยนำมะพร้าวมาผ่าแบ่งน้ำและเนื้อมะพร้าวเป็นอย่างละ 2 ส่วนส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์ทางเคมีอีกส่วนหนึ่งนำไปตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์ทางเคมีประกอบด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC Method No. 942.15 (1995 : Chapter 37 p.10) ปริมาณวิตามินซี (AOAC Method No. 967.21 (1995 : Chapter 45 p. 16) และปริมาณกรดไขมันอิสระ (Bligh and Dryer 1959 : 911) นำผลการวิเคราะห์มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีวิเคราะห์ความความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

5.3.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมะพร้าวอ่อนในระหว่างการเก็บรักษาด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ทำการประเมินคุณภาพของมะพร้าวอ่อนด้วยการชิมในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ของการเก็บรักษาโดยแยกทดสอบระหว่างน้ำและเนื้อมะพร้าว การประเมินใช้ผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกชิมจำนวน 10 คน ประเมินคุณภาพในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อ และการยอมรับโดยรวมสำหรับเนื้อมะพร้าว ส่วนน้ำมะพร้าวทดสอบในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความใส และการยอมรับโดยรวม ใช้วิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ Hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุดนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

5.4 การศึกษาผลของการเก็บมะพร้าวอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

5.4.1 การทดลองนี้มี 4 ชุดการทดลอง คือ บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ความหนา 0.033, 0.067 มิลลิเมตร หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด และตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่หุ้มด้วยวัสดุใดๆ แต่ละชุดการทดลอง มี 6 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้มะพร้าว 1 ผล เตรียมมะพร้าวตามวิธีการข้อ 5.3.2 แช่มะพร้าวในสารละลายไทอะเบนดาโซลความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน 5 นาที เมื่อครบเวลานำขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ ห่อหุ้มผลมะพร้าวตามชุดการทดลอง บรรจุกล่องนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °ซ 5 สัปดาห์

5.4.2 วัดสี หาเปอร์เซนต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลตามวิธีการข้อ 5.3.4 วิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติตามวิธีการข้อ 5.2.1.4

5.4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วัดปริมาณก๊าซที่สะสมอยู่ในช่องว่างในภาชนะบรรจุ (Head space gas) โดยวิเคราะห์ก๊าซจาก 2 ชุดการทดลองคือก๊าซจากถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนา 0.033 และ 0.067 มิลลิเมตร ทำการวิเคราะห์ทุกสัปดาห์จนครบ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ โดยใช้หลอดฉีดยา (Syringe) ขนาด 10 มิลลิลิตรดูดเอาก๊าซภายในถุงออกมา 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปฉีดเข้าเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี สภาวะในการวิเคราะห์มีดังนี้

Carrier gas = Helieum

Column = Porapak Q

Detector = Thermal Conductivity Detector (TCD)

อุณหภูมิของคอลัมน์ = 50 °ซ

Flow rate = 20 ml/min

Standard gase ที่ใช้เพื่อ Identification peak คือ CO_2 ความเข้มข้น 9.67±0.19 เปอร์เซ็นต์ Retention time = 1.6 นาที

5.4.4 การวิเคราะห์ทางเคมี ทำการวิเคราะห์วันที่เริ่มทำการทดลอง (วันที่ 0) และหลังจากเก็บรักษาไว้ 4 และ 5 สัปดาห์ แยกวิเคราะห์ระหว่างน้ำและเนื้อมะพร้าว โดยนำมะพร้าวมาผ่าแบ่งน้ำและเนื้อมะพร้าวเป็นอย่างละ 2 ส่วนส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์ทางเคมีอีกส่วนหนึ่งนำไปตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์ทางเคมีประกอบด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณวิตามินซี นำผลการวิเคราะห์มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินเพื่อประเมินผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

5.4.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมะพร้าวอ่อนในระหว่างการเก็บรักษาด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ทำการประเมินคุณภาพของมะพร้าวอ่อนด้วยการชิมตามวิธีการข้อ 5.3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบของเปลือกมะพร้าวที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล

1.1 กิจกรรมของเอ็นไซม์

ตารางที่ 3

กิจกรรมของเอ็นไซม์ในเปลือกมะพร้าวอ่อน

ชนิดของเอ็นไซม์	activity ΔOD/mg. Protein/min.
โพลีฟีนอลออกซิเดส	0.2238 ± 0.0104
เปอร์ออกซิเดส	0.0500 ± 0.0046
แคตตาเลส	ไม่มีกิจกรรม

1.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก

ตารางที่ 4

ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกในเปลือกมะพร้าวอ่อน (คิดเป็นกรดคลอโรจีนิก)

สารประกอบฟีนอลลิก	ปริมาณ (ไมโครกรัม/กรัม)
โพลีฟีนอลทั้งหมด	117.48 ± 2.95

จากการทดลองหากิจกรรมของเอ็นไซม์พบว่า โพลีฟีนอลออกซิเดสมีกิจกรรมสูงกว่าเปอร์ออกซิเดสประมาณ 4 เท่า(ตารางที่ 3) ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อนจึงน่าจะเป็นผลมาจากโพลีฟีนอลออกซิเดสมากกว่าเปอร์ออกซิเดสเช่นเดียวกับที่มีการรายงานในผลไม้อื่นๆ เช่น อโวคาโด (Kahn 1975 : 1319–1324) มะม่วง (Marin และ Cano 1992 : 960–692)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วย (Weaver และ Charley 1974 : 1200-1202) และแอปเปิ้ล (Oktay และคณะ 1995 : 494-496) ส่วนสารประกอบฟีนอลลิกมีปริมาณไม่สูงนัก (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่มีในเปลือกกล้วย คือ 860 ไมโครกรัม/กรัม (Abou Aziz 1976 : 309-315) และในมันฝรั่งซึ่งมี 238-527 ไมโครกรัม/กรัม (AL-Saikhan และคณะ 1995 : 341-347)

จากผลการตรวจสอบหากิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสรวมทั้งการตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทำให้น่าเชื่อถือได้ว่าการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าวอ่อนเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากเอ็นไซม์โดย Kahn (1977 : 233-239) พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเป็นผลมาจากปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและ specific activity ของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

2. การทดลองหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เปลือกมะพร้าว

2.1 การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของ 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอล กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

จากการทดลองพบว่า 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอลความเข้มข้น 0.01-0.05 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าว (ภาพที่ 2 ตารางที่ 31) กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นตั้งแต่ 2.8-5.0 เปอร์เซ็นต์มีผลในการยับยั้งโดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 4.0-5.0 เปอร์เซ็นต์มีผลในการฟอกสีเล็กน้อยเนื่องจากมีผลการยับยั้งสูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3 ตารางที่ 31) สำหรับกรดซิตริกพบว่าที่ความเข้มข้น 1.4-4.0 เปอร์เซ็นต์มีผลยับยั้งในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาเท่านั้น (ภาพที่ 4 ตารางที่ 31) ส่วนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลในการฟอกสีทั้ง 2 ความเข้มข้นโดยที่ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์มีผลการยับยั้งสูงกว่าที่ 3.0 เปอร์เซ็นต์เล็กน้อย (ภาพที่ 5)

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอลซึ่งเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่แนะนำให้ใช้ใน กุ้ง ผัก ผลไม้ น้ำผลไม้ และไวน์ (McEvily และคณะ 1991) ไม่มีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสารที่มีผลยับยั้งสีน้ำตาลในเห็ดของ Saper และคณะ (1994 : 1042-1045) ซึ่งพบว่าการแช่เห็ดในสารละลาย 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอลความเข้มข้น 50 ส่วนในล้านส่วน (0.005 เปอร์เซ็นต์) ขึ้นไปจะเหนี่ยวนำให้เห็ดเกิดสีดำโดยที่ความเข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน (0.01 เปอร์เซ็นต์) จะทำให้เกิดสีดำทันทีที่แช่และที่ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน (0.05เปอร์เซ็นต์) จะทำให้เกิดสีเหลืองที่ผิวและเกิดสีดำบริเวณเนื้อเยื่อที่ถูกตัดแต่แย้งกับผลการทดลองของ Mansalve-Gonzalez และคณะ (1993 : 797-800) ซึ่งพบ

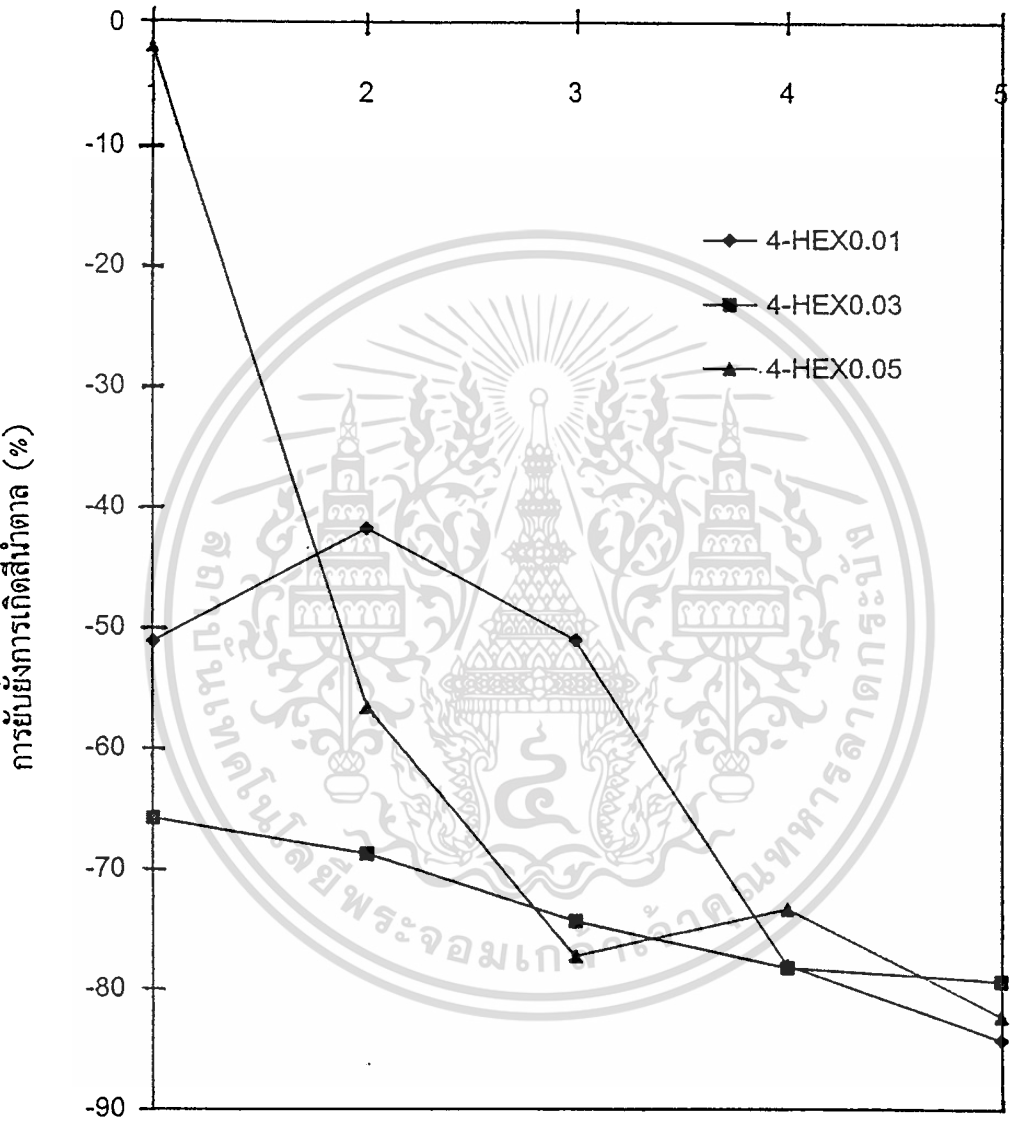
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าการใช้สารนี้ความเข้มข้นเพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลสดได้เท่ากับโซเดียมซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ การที่ 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอลไม่มีผลในการยับยั้งสีน้ำตาลในมะพร้าวส่วนหนึ่งอาจเกิดจากความเข้มข้นที่ใช้ต่ำเกินไป แต่การใช้ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีข้อจำกัดที่ 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอลสามารถละลายได้เพียง 0.05 กรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 8 °ซ

จากผลการทดลองนี้สามารถเลือกสารและความเข้มข้นที่จะนำไปทดลองต่อไปได้คือ กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 4-5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2.5-3.0 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

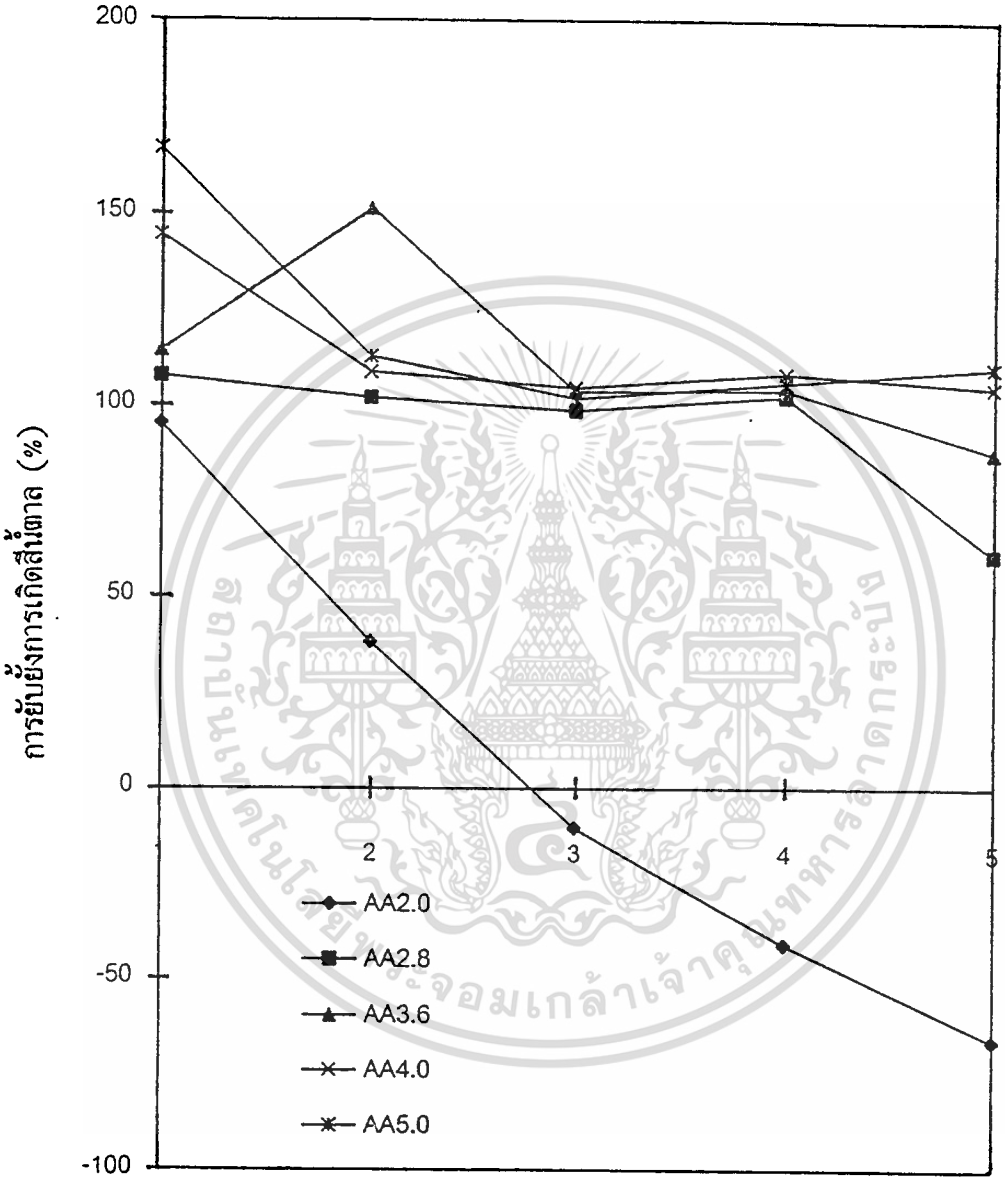
ภาพที่ 2



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของ 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอล
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

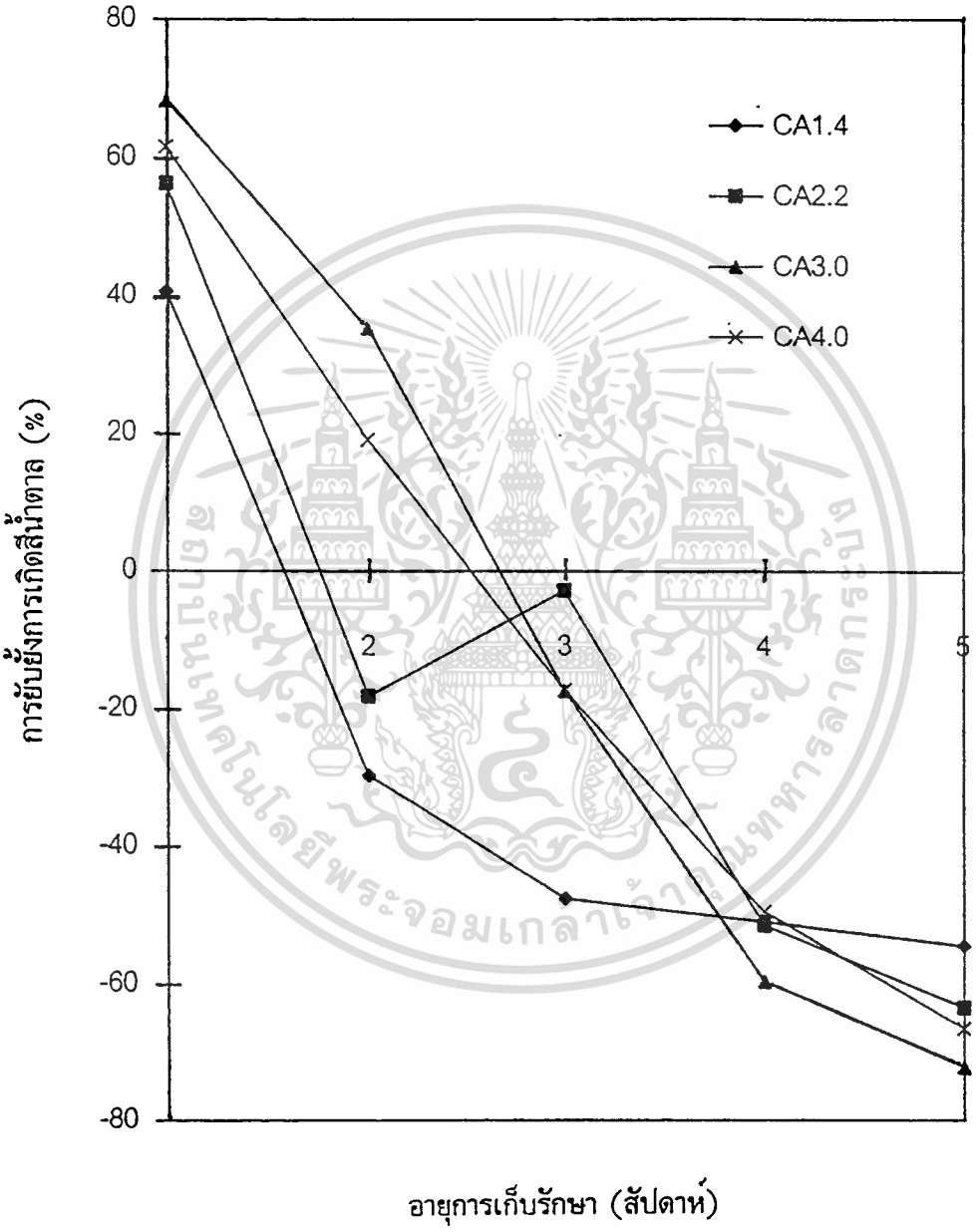
ภาพที่ 3



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

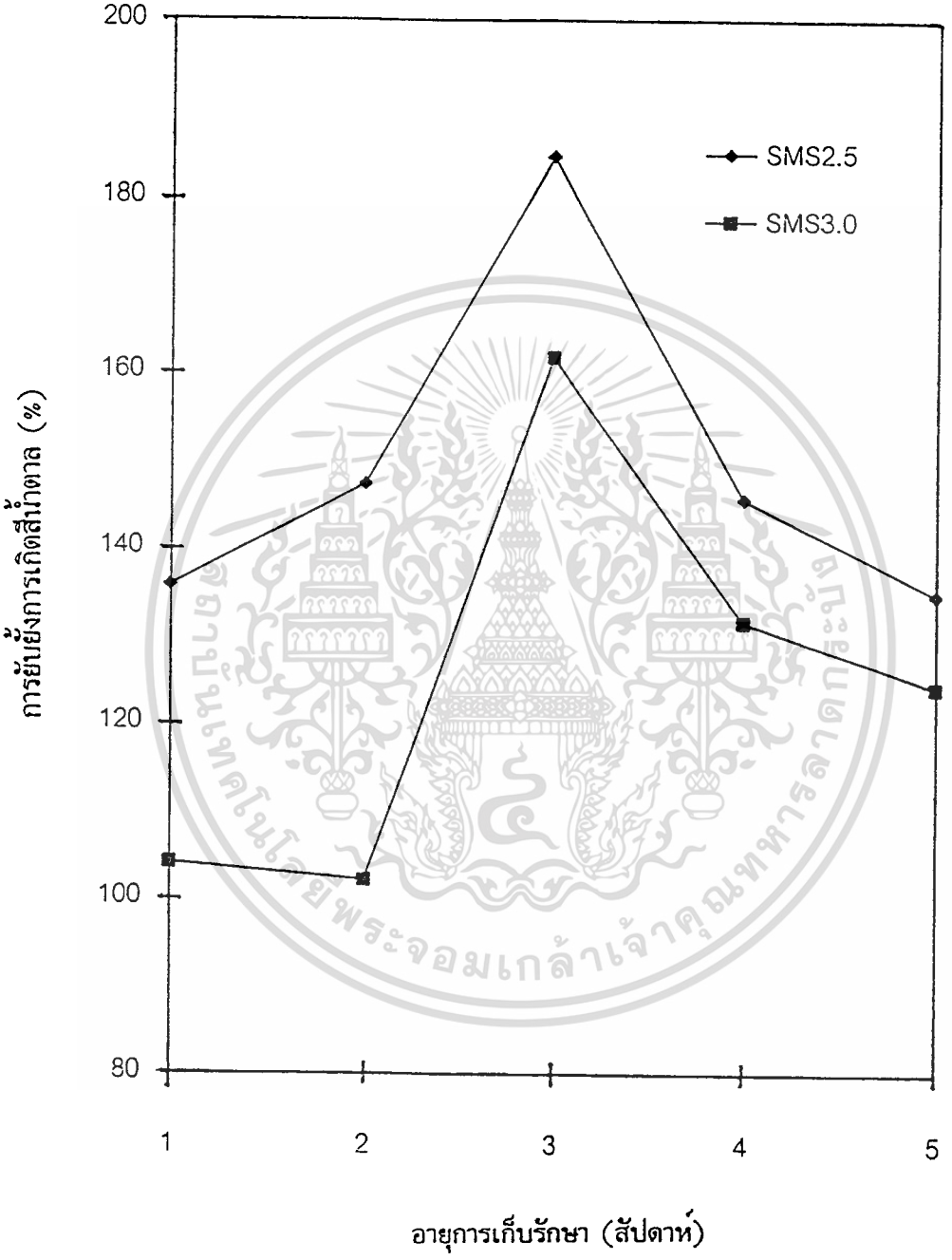
ภาพที่ 4



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดซิตริก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

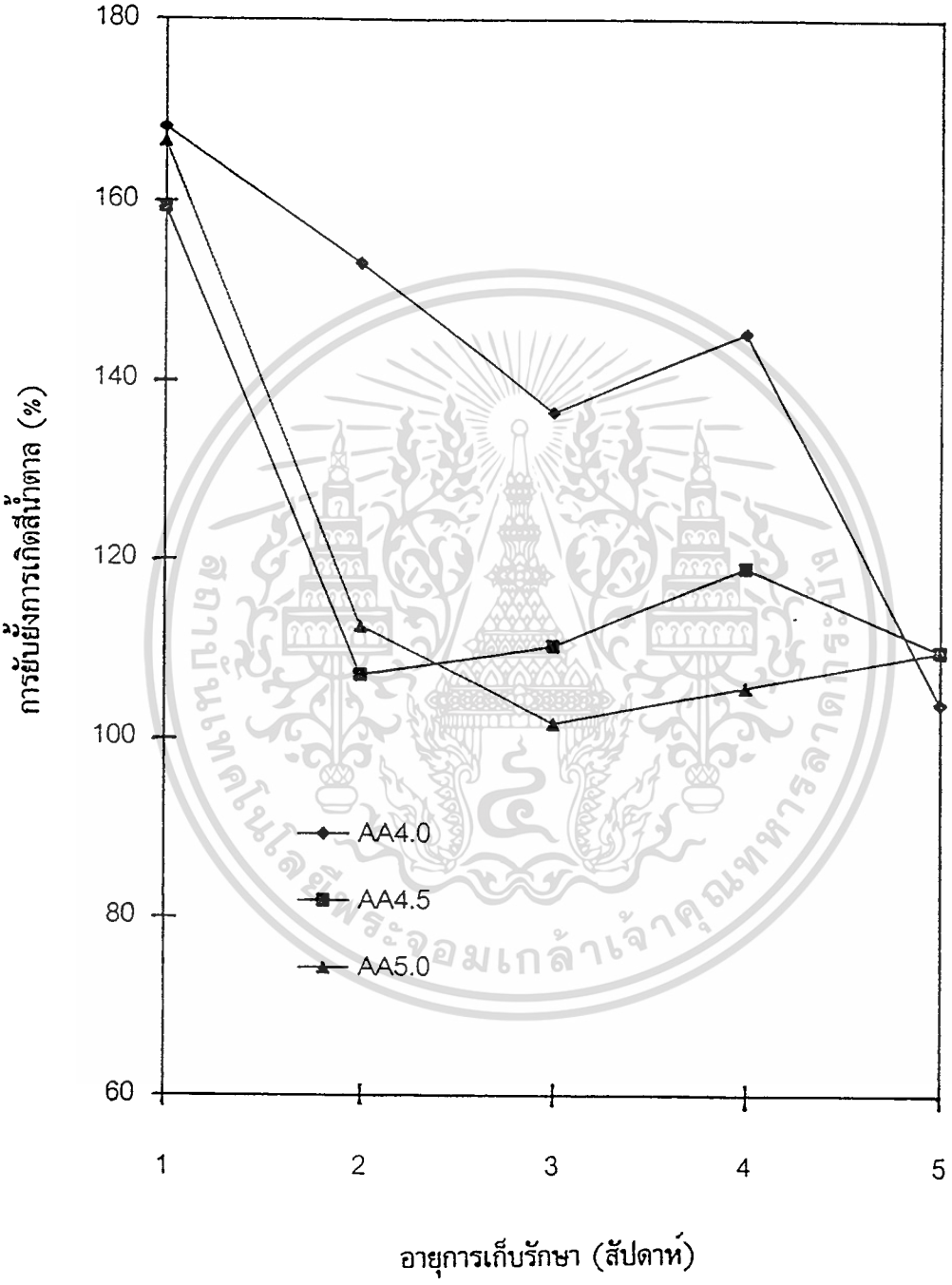
2.2 การทดลองหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

จากการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแอสคอร์บิกกรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์โดยใช้กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 4.0–5.0 เปอร์เซ็นต์กรดซิตริกเพิ่มความเข้มข้นเป็น 4.0–6.0 เปอร์เซ็นต์และลดความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ลงโดยทดลองที่ 2.0–3.0 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 6–8 และตารางที่ 32 พบว่าทุกชุดทดลองมีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลตลอดอายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ยกเว้นกรดซิตริกความเข้มข้น 4.0 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลในการยับยั้งตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา จากการทดลองนี้พบว่าการใช้กรดซิตริกให้ผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่ำมากแม้จะใช้ที่ความเข้มข้นสูงถึง 6 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากกรดซิตริกไม่มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลโดยตรงแต่มีผลโดยอ้อมคือทำให้พีเอชลดลงและจับกับโลหะที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นจึงมักใช้กรดซิตริกร่วมกับสารที่มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยตรงเช่น กรดแอสคอร์บิก (Zawistowski และคณะ 1991) สำหรับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้เมื่อใช้ความเข้มข้น 4.0 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการใช้กรดชนิดนี้กับผลไม้ชนิดอื่น ๆ เช่น Sapers และ Ziolkowaski (1987 : 1732–1733) Ponting และคณะ (1972 : 434–436) พบว่ากรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลได้ ทั้งนี้เพราะกรดแอสคอร์บิกเป็น reducing agent ที่มีประสิทธิภาพมากโดยจะรีดิวซ์ออโท–ควิโนนซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของโพลีฟีนอลออกซิเดสให้กลับไปเป็นฟีนอลตามเดิมก่อนที่จะทำปฏิกิริยาต่อไปจนได้สารสีน้ำตาล (Langson 1987 : 64–67)

สำหรับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ปริมาณการใช้ที่แนะนำเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนคือ 3 เปอร์เซ็นต์ (ประทีป 2534 : 50–58) แต่จากการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการยับยั้งสูงกว่าที่ 3.0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tongdee และคณะ (1991 : 74–75) ซึ่งพบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น เมื่อวิเคราะห์ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในสัปดาห์ที่ 5 (ตารางที่ 5) เปรียบเทียบกันพบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการยับยั้งสูงสุดคือ 128.37 เปอร์เซ็นต์โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากทรีตเมนต์อื่นๆส่วนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2.0, 3.0 และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 4.0,4.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

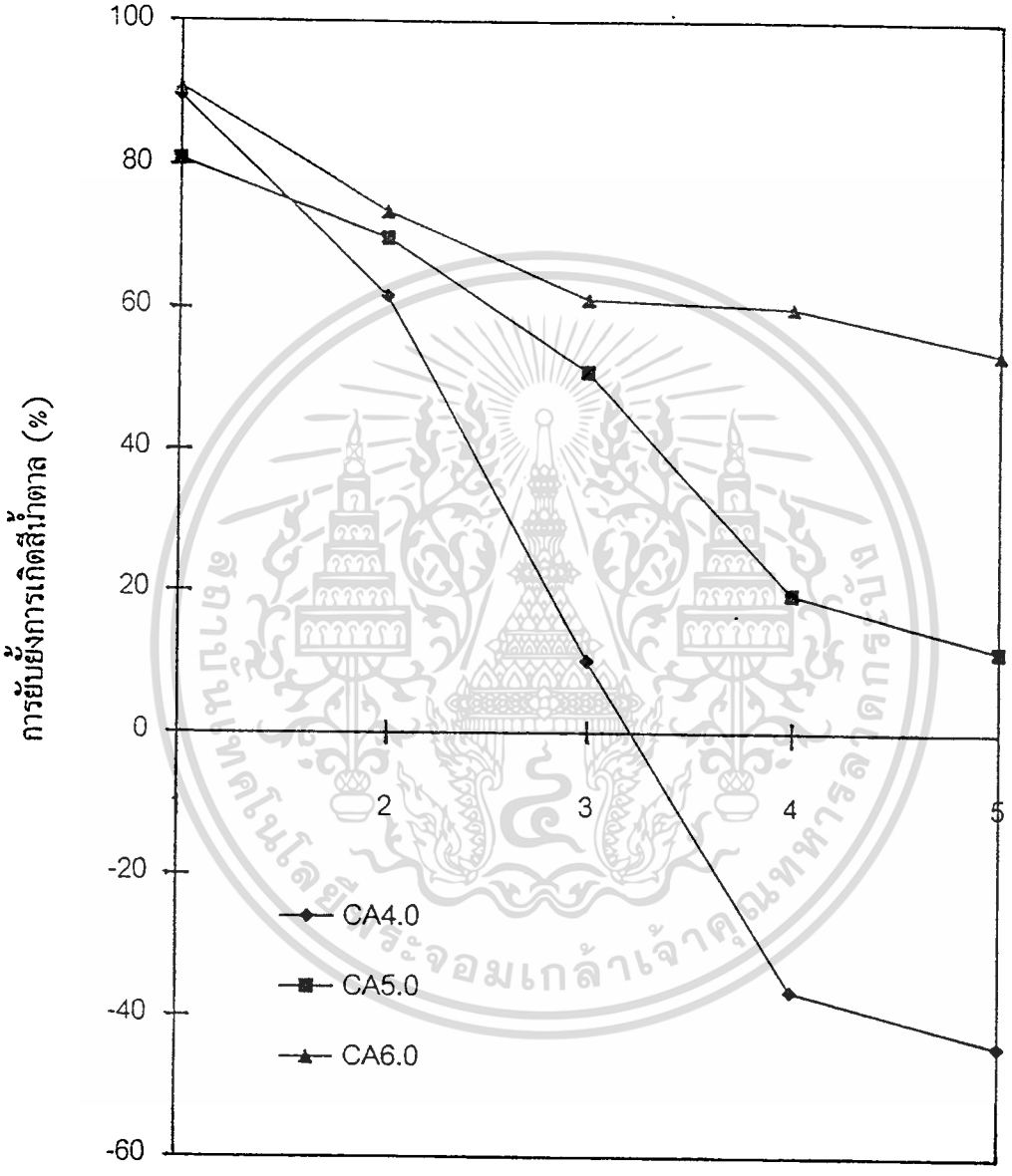
ภาพที่ 6



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

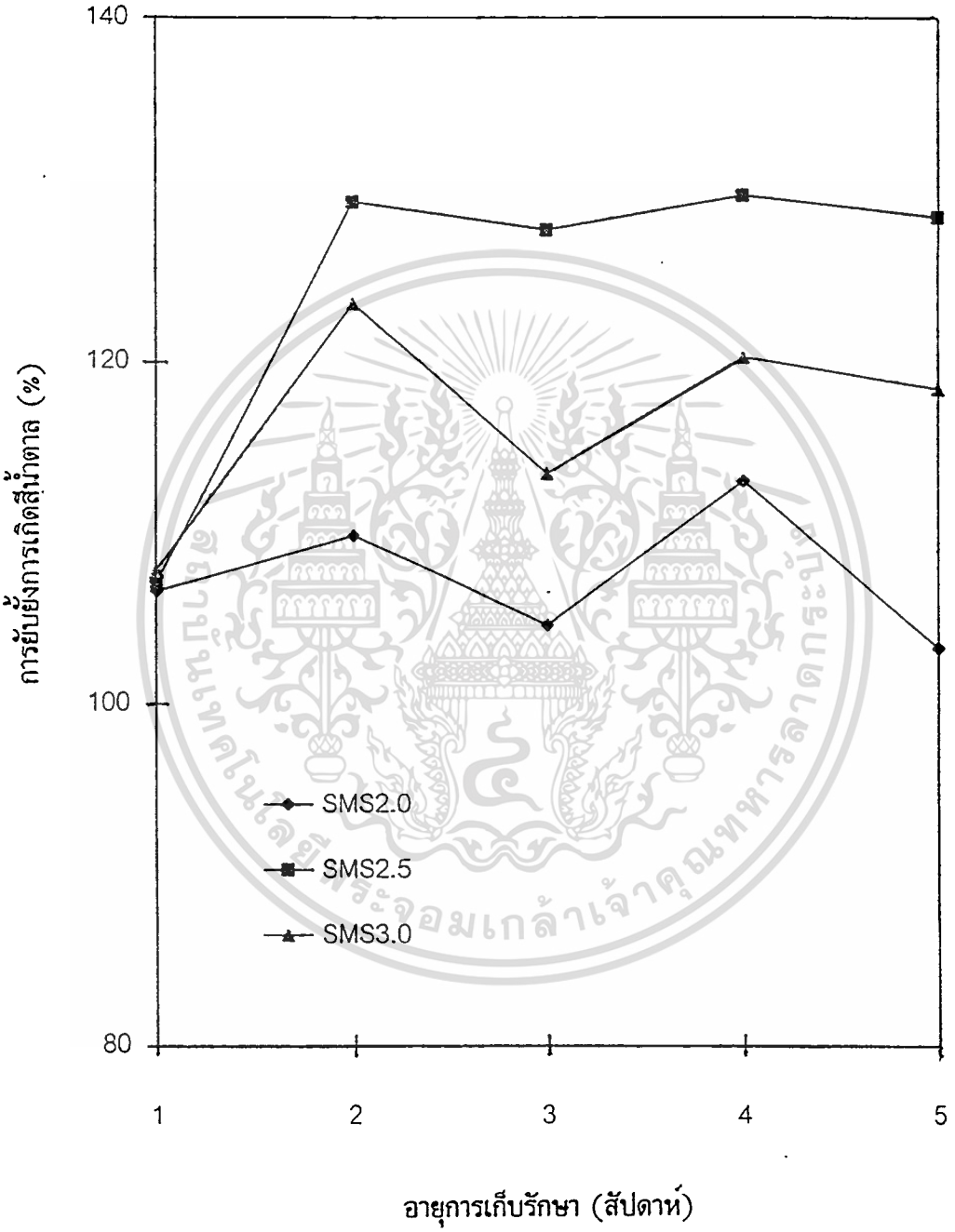
ภาพที่ 7



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดซิตริก
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่ากรดซิตริกให้ผลในการยับยั้งต่ำมากแม้จะเพิ่มความเข้มข้นให้สูงขึ้น กรดแอสคอร์บิก 4 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปมีผลในการยับยั้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 2.5 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการยับยั้งสูงกว่า 3.0 เปอร์เซ็นต์ จากผลนี้ทำให้สามารถเลือกกรดแอสคอร์บิก 4 เปอร์เซ็นต์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 2.5 เปอร์เซ็นต์ไปใช้ในการทดลองกับมะพร้าวทั้งผล

ตารางที่ 5

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ 5 สัปดาห์

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น	การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (%) [1/]
AA	4.00	103.84 [b]
	4.50	105.96 [b]
	5.00	107.78 [b]
CA	4.00	-44.36 [d]
	5.00	11.38 [c]
	6.00	53.43 [c]
SMS	2.00	103.20 [b]
	2.50	128.37 [a]
	3.00	108.34 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.05)

[2/] AA = กรดแอสคอร์บิก, CA = กรดซิตริก , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทดลองเพื่อหาส่วนผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกที่มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

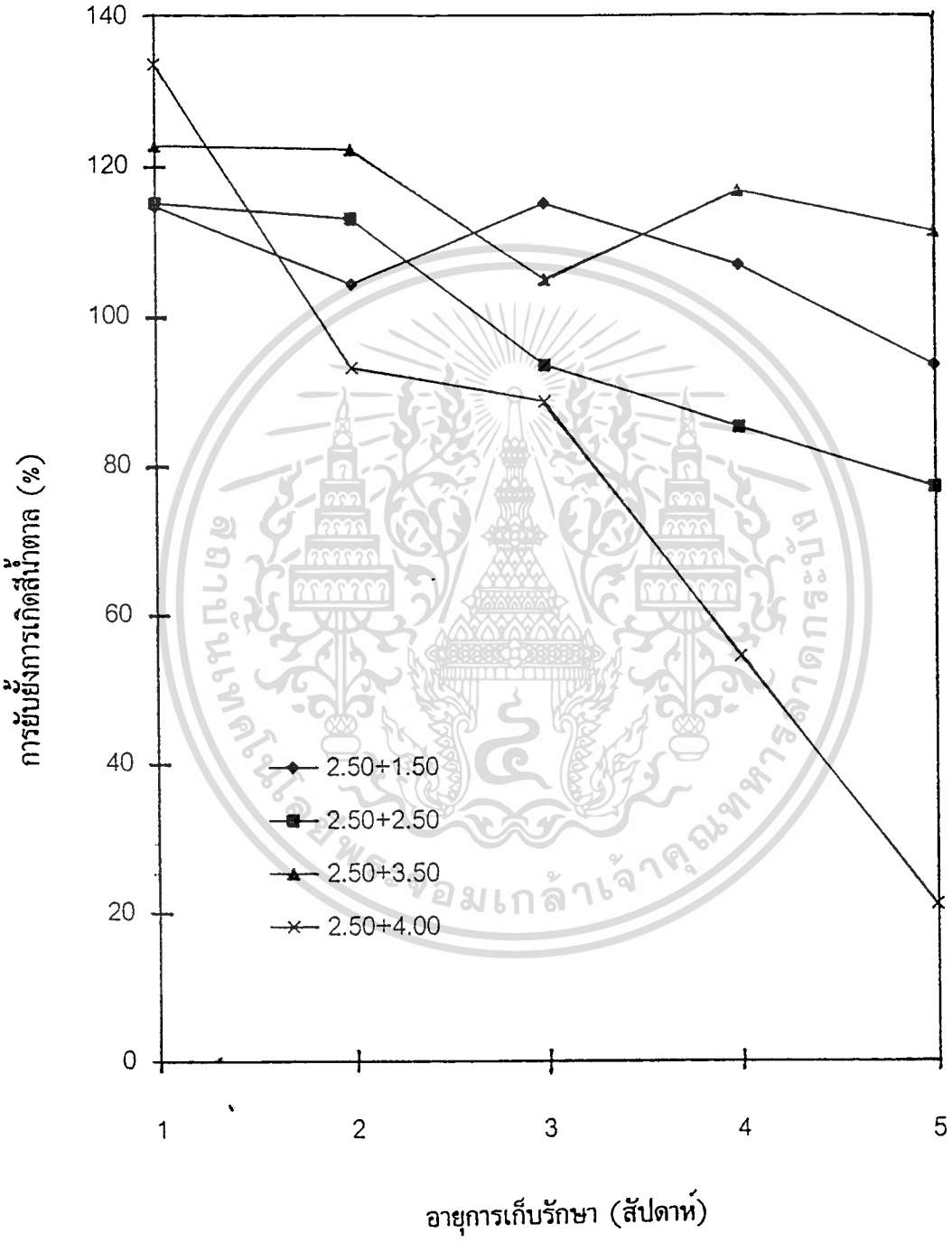
จากผลการทดลองในข้อ 2.1 และ 2.2 พบว่ากรดซิตริกให้ผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนต่ำมากแต่ Zawistowski และคณะ (1991 : 217–252) พบว่าการใช้กรดซิตริกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกจะช่วยให้การยับยั้งสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิกได้ผลดีขึ้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริก เพื่อศึกษาว่าสามารถลดปริมาณการใช้กรดแอสคอร์บิกได้หรือไม่อย่างไร

ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 9–12 และตารางที่ 33 พบว่าที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิก 2.5 เปอร์เซ็นต์ผสมกับกรดซิตริก 1.25–4.0 เปอร์เซ็นต์ในสัปดาห์ที่ 1–4 ของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองยกเว้นที่ 2.5 + 1.25 ให้ผลการยับยั้งสูง (ภาพที่ 9) และเมื่อเก็บรักษาครบ 5 สัปดาห์ พบว่าที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิก 2.50 เปอร์เซ็นต์+กรดซิตริก 3.50 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการยับยั้งสูงสุดเป็น 111.09 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) ที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิก 3.0 เปอร์เซ็นต์ผสมกับกรดซิตริก 1.25–4.0 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่10) พบว่าในช่วง 1–4 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษาทุกชุดทดลองมีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและผลการยับยั้งลดลงทุกชุดทดลองในสัปดาห์ที่ 5 โดยชุดทดลองที่มีผลการยับยั้งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 คือ 3.0 + 3.0 เปอร์เซ็นต์มีผลการยับยั้ง 103.27 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) ที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิก 3.5 และ 4.0 เปอร์เซ็นต์ผสมกับกรดซิตริก 1.25–4.0 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 11 และ 12) ให้ผลการยับยั้งเช่นเดียวกับที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิก 3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยในสัปดาห์ที่ 5 ทรีตเมนต์ 3.50 + 3.0 เปอร์เซ็นต์และ 4.0 + 3.0 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการยับยั้งสูงสุดเป็น 94.90 และ 103.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในสัปดาห์ที่ 5 ของการเก็บรักษาพบว่าทรีตเมนต์ 2.5 + 3.5 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการยับยั้งสูงสุด (ตารางที่ 6) ดังนั้นจึงเลือกใช้ทรีตเมนต์นี้ในการทดลองกับมะพร้าวทั้งผล

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าการใช้กรดซิตริกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกทำให้สามารถลดปริมาณการใช้กรดแอสคอร์บิกลงได้ โดยถ้าใช้กรดแอสคอร์บิกเพียงชนิดเดียวต้องใช้ถึง 4..0 เปอร์เซ็นต์จึงจะให้ผลการยับยั้งสูงแต่เมื่อใช้ร่วมกับกรดซิตริกสามารถลดปริมาณการใช้ได้ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์คือใช้เพียง 2.5 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงเนื่องจากกรดซิตริกมีราคาต่ำกว่ากรดแอสคอร์บิกมาก ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Saper และ Ziolkowski (1987 : 1732–1733) ซึ่งพบว่ากรดแอสคอร์บิกช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลสดโดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับกรดซิตริก โดยกรดซิตริกมีผลช่วยลดพีเอชและจับกับโลหะที่มีผลเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและช่วยให้กรดแอสคอร์บิกทนต่อการออกซิเดชั่นดีขึ้น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

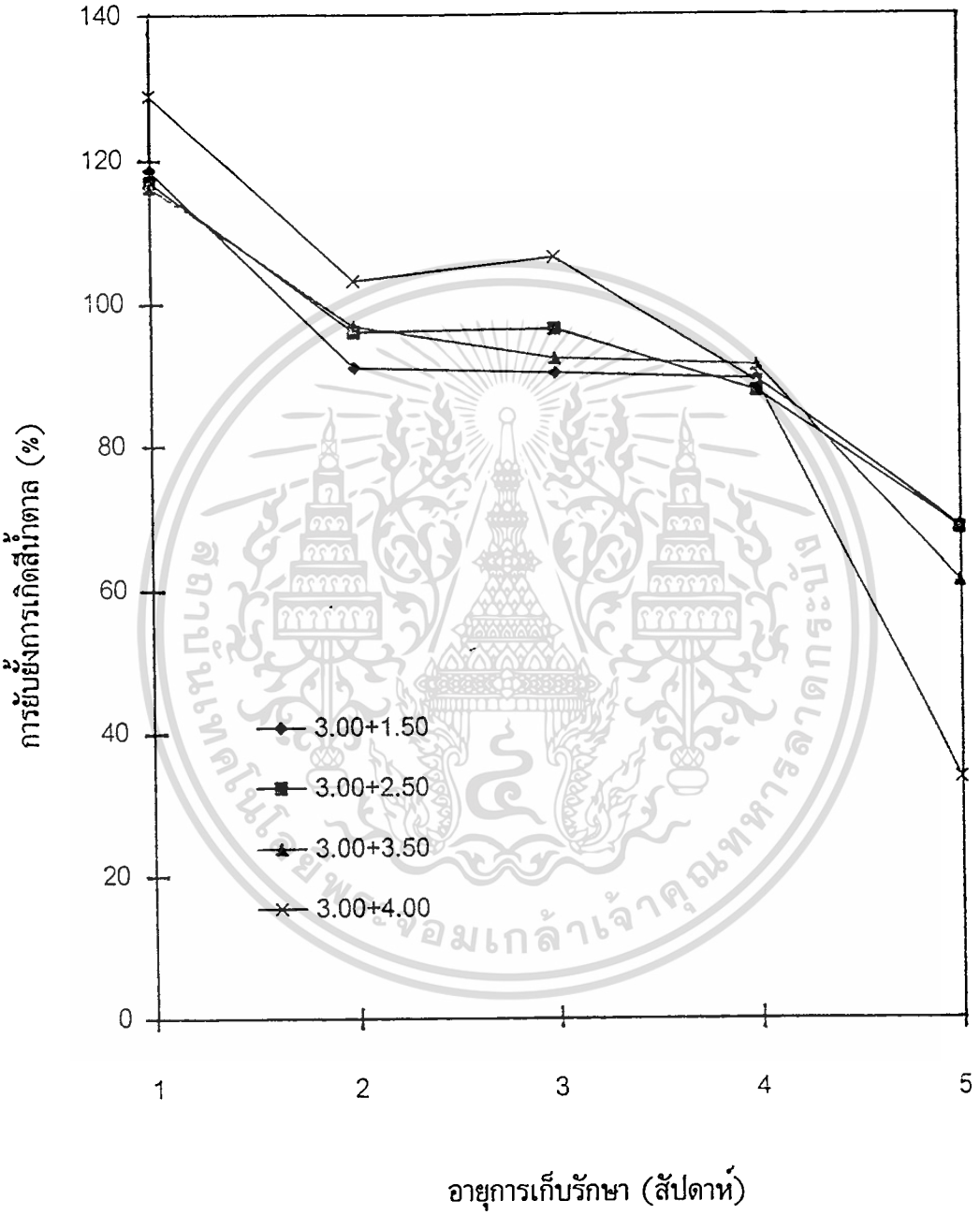
ภาพที่ 9



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมกรดแอสคอร์บิก 2.5% และกรดซิตริก 1.5-4.0% ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

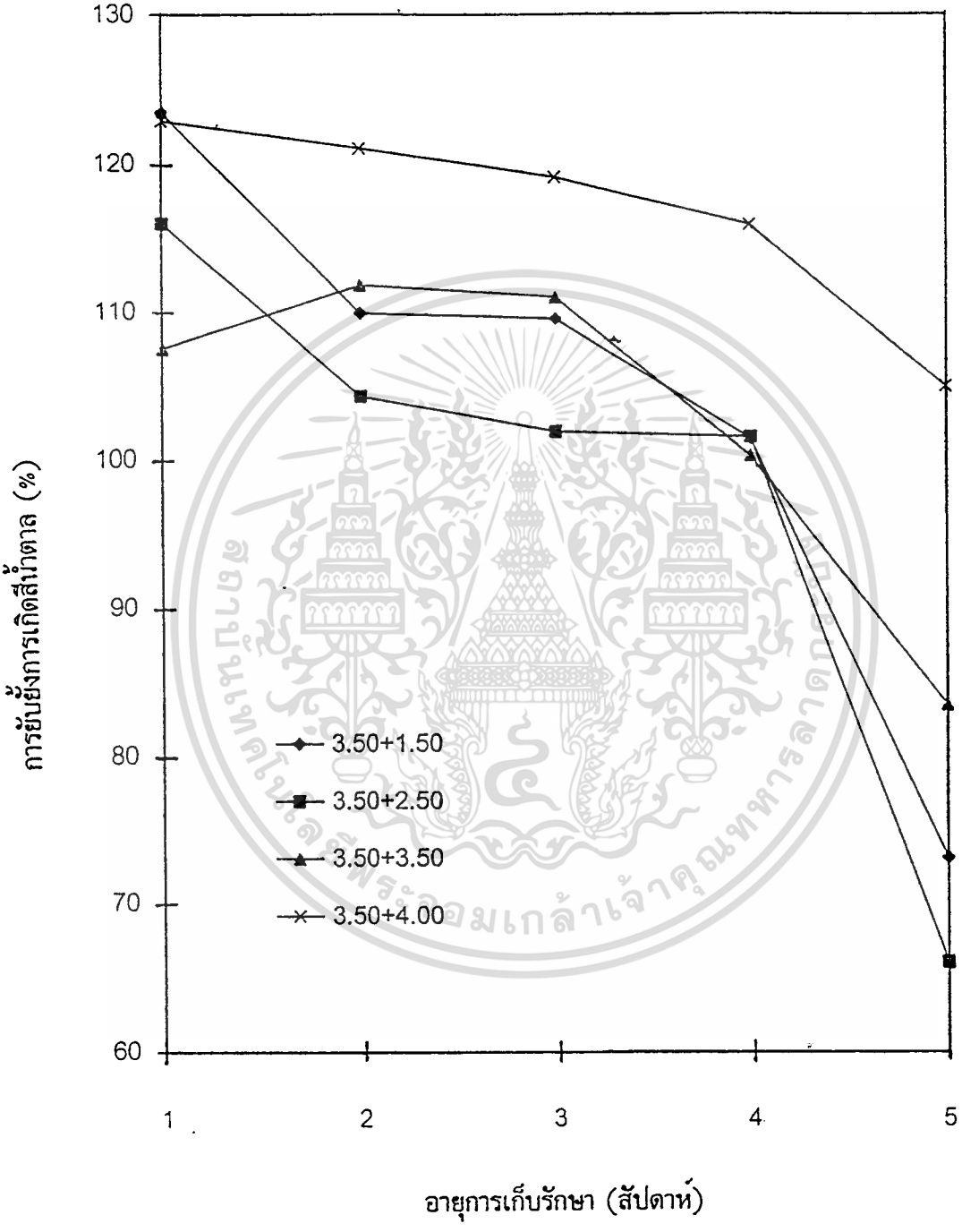
ภาพที่ 10



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมกรดแอสคอร์บิก 3.0% และกรดซิตริก 1.5-4.0% ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

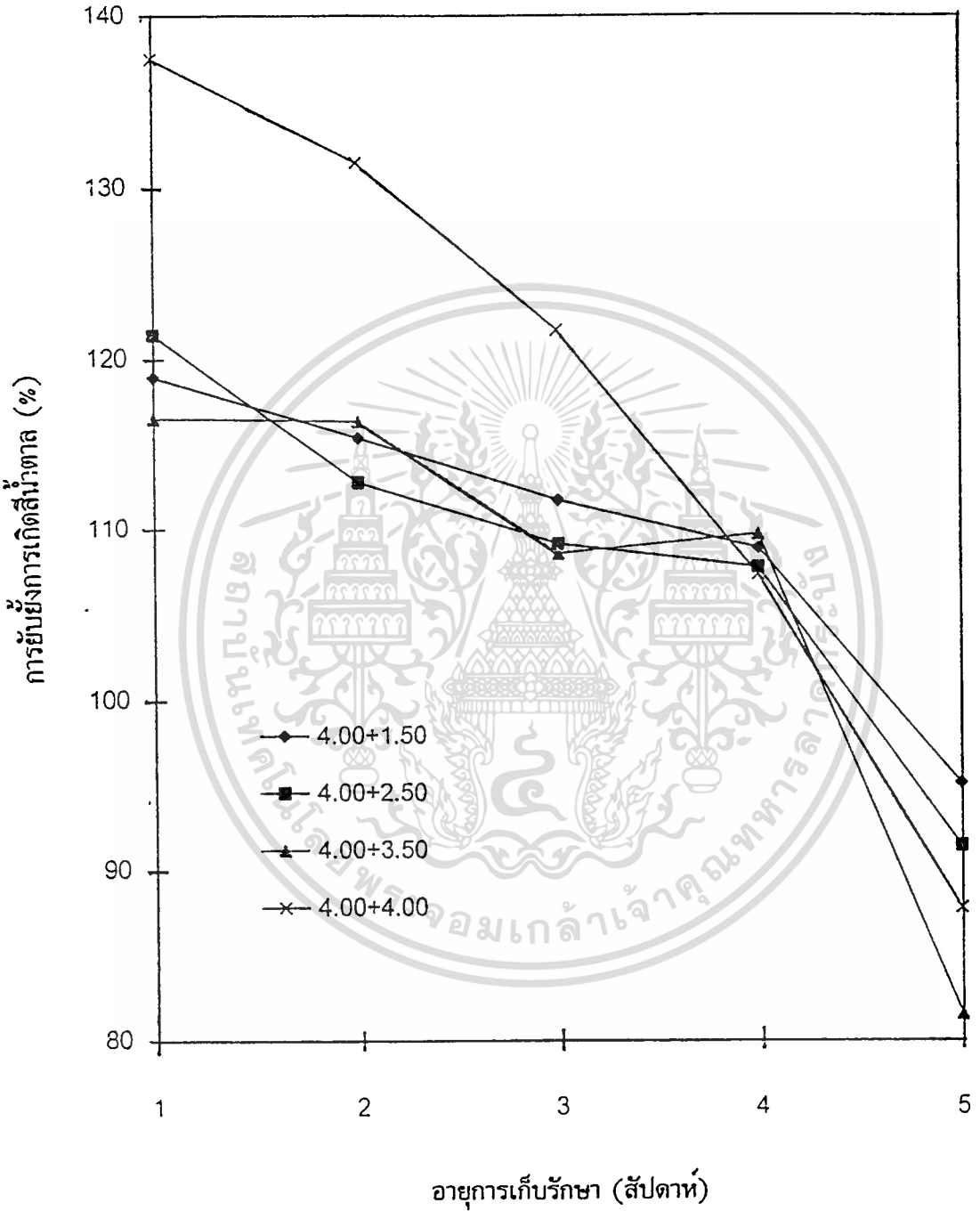
ภาพที่ 11



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมกรดแอสคอร์บิก 3.5% และกรดซิตริก 1.5-4.0% ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมกรดแอสคอร์บิก 4.0% และกรดซิตริก 1.5-4.0% ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

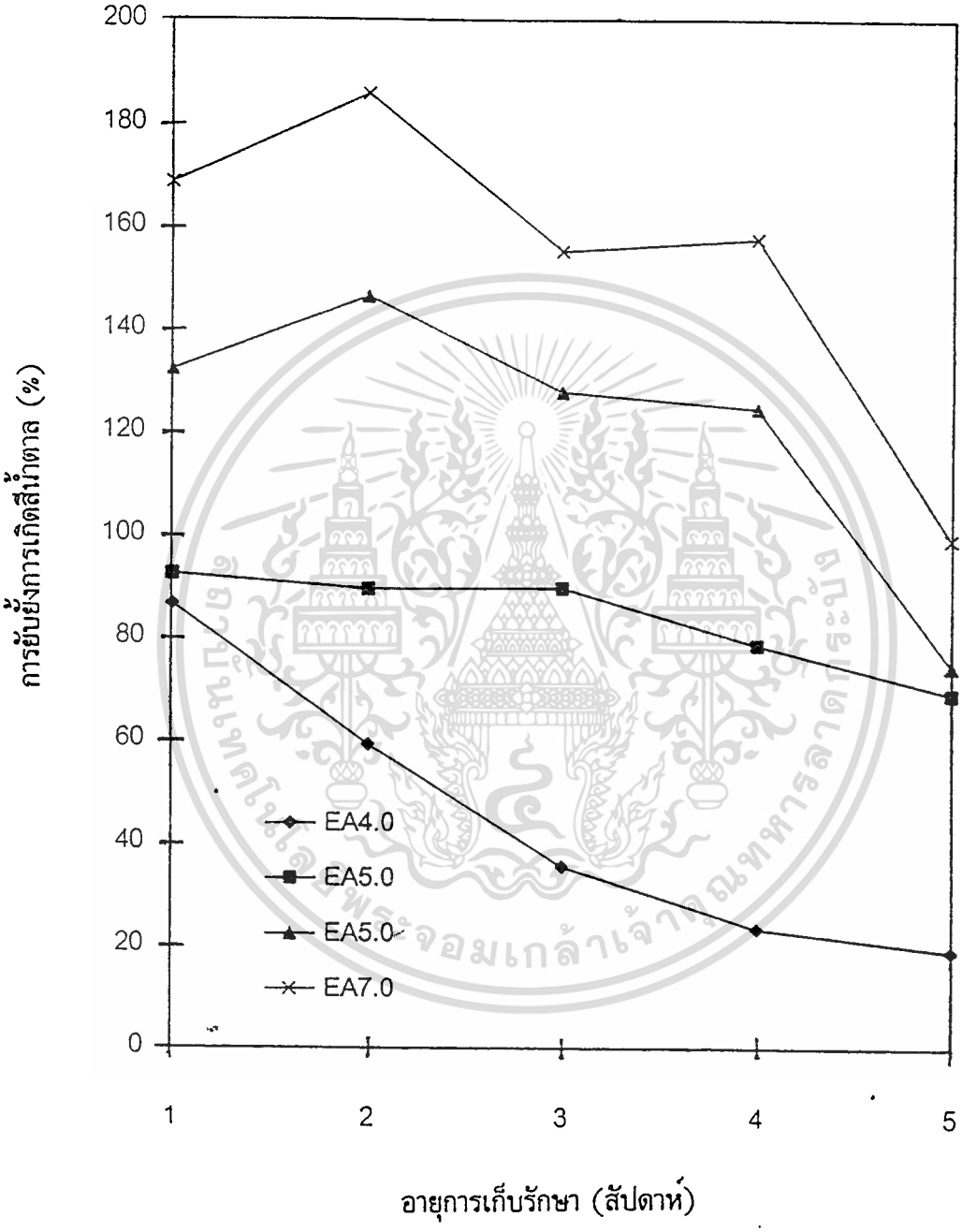
2.4 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมอิริทอร์เบท

ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 13 และ ตารางที่ 34 พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 ทุกชุดการทดลองมีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2–5 ทุกชุดการทดลองมีผลในการยับยั้งยกเว้นที่ความเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในสัปดาห์ที่ 5 (ตารางที่ 7) พบว่าที่ความเข้มข้น 5.0–7.0 เปอร์เซ็นต์มีผลในการยับยั้งไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้น 3.5–4.5 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ความเข้มข้น 7.0 เปอร์เซ็นต์ให้ผลในการยับยั้งสูงสุดเป็น 99.03 เปอร์เซ็นต์ซึ่งแสดงว่าที่ความเข้มข้นนี้มะพร้าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดสีน้ำตาลขึ้น ส่วนที่ความเข้มข้น 5.0–6.5 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีผลการยับยั้งอยู่ในช่วง 68.85–71.47 เปอร์เซ็นต์มะพร้าวมีการเปลี่ยนแปลงเกิดสีน้ำตาลขึ้นบ้าง ดังนั้นจึงเลือกที่ความเข้มข้น 7.0 เปอร์เซ็นต์ไปใช้ทดลองกับมะพร้าวทั้งผล

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าโซเดียมอิริทอร์เบทสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวได้แต่ต้องใช้ความเข้มข้นสูง คือ 7 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสูงกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกประมาณ 2 เท่า ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Sapers และ Ziolkwski (1987 : 1732–1733) ที่พบว่ากรดอิริทอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกับกรดแอสคอร์บิกแต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าจึงต้องใช้ที่ความเข้มข้นสูงกว่าเพื่อให้ได้ผลการยับยั้งเท่ากับกรดแอสคอร์บิก ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมอิริทอร์เบทมีประสิทธิภาพเพียง 0.81 เท่าของกรดอิริทอร์บิกและกรดแอสคอร์บิก (บริษัท นาชาแลบ จำกัด 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมอิริทอร์เบท
ในระหว่างการเก็บรักษาเปลือกมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7

การยับยั้งสีน้ำตาลของโซเดียมอิริทอร์เบทที่ 5 สัปดาห์

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (%) [1/]
EA	3.50	-9.64 [b]
	4.00	18.68 [b]
	4.50	13.83 [b]
	5.00	68.85 [a]
	5.50	68.14 [a]
	6.00	74.74 [a]
	6.50	71.47 [a]
	7.00	99.03 [a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] EA = โซเดียมอิริทอร์เบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

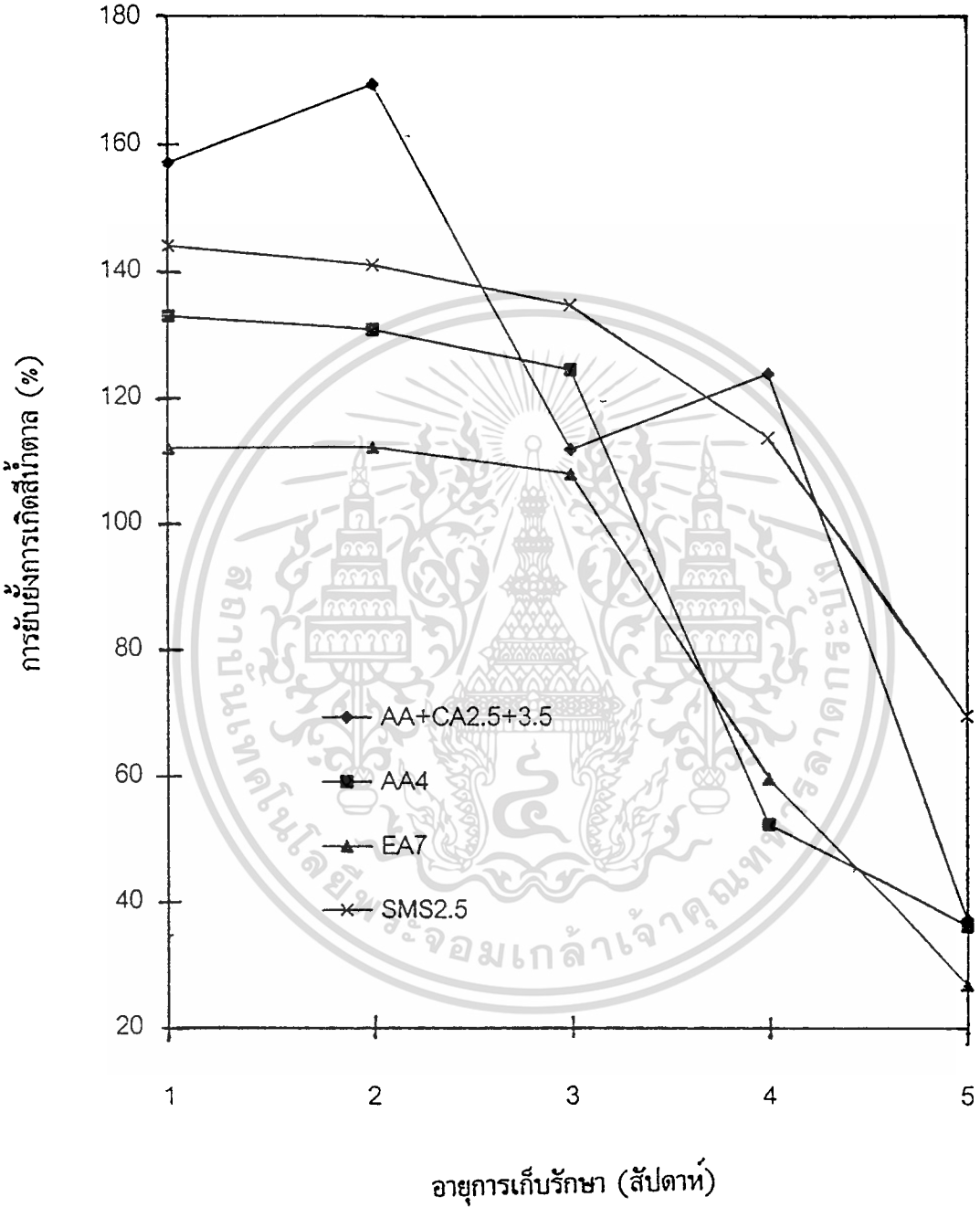
3. การทดลองเพื่อหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนและการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

3.1 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารยับยั้งชนิดต่าง ๆ

ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 14 พบว่าในสัปดาห์ที่ 1-3 ทุกชุดการทดลองมีผลการยับยั้งสูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 4 ผลการยับยั้งของชุดทดลองที่ใช้กรดแอสคอร์บิก 2.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกรดซิตริก 3.5 เปอร์เซ็นต์และชุดทดลองที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 2.5 เปอร์เซ็นต์ยังคงสูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองที่ใช้แอสคอร์บิก 4 เปอร์เซ็นต์และชุดทดลองที่ใช้โซเดียมอิริทอร์เบท 7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8) ซึ่งมีผลการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่าทั้งสองชุดทดลองเริ่มเกิดสีน้ำตาลขึ้น และแม้ว่าทั้งสองชุดทดลองจะเกิดสีน้ำตาลในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษาเท่ากันแต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งพบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกมีประสิทธิภาพสูงกว่าเนื่องจากใช้ความเข้มข้นต่ำกว่าซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sapers และ Siolkowski (1987 : 1732-1733) ซึ่งรายงานว่าที่ปริมาณการใช้เท่ากันกรดแอสคอร์บิกมีช่วงเวลาก่อนที่จะเกิดสีน้ำตาล (Lag time) นานกว่ากรดอิริทอร์บิก ในสัปดาห์ที่ 5 ทุกชุดการทดลองมีผลการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์โดยชุดที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีเปอร์เซนต์การยับยั้งสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองอื่นๆซึ่งมีประสิทธิภาพการยับยั้งไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ทุกชุดการทดลองมีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเช่นเดียวกันเนื่องจากมีผลการยับยั้งอยู่ในช่วง 0-100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Oktay และคณะ (1995 : 494-496) ซึ่งทดลองใช้สารยับยั้งสีน้ำตาล 7 ชนิดกับแอปเปิ้ลและพบว่ากรดแอสคอร์บิกมีประสิทธิภาพการยับยั้งต่ำกว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ การที่กรดแอสคอร์บิกและกรดอิริทอร์บิกมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าซัลไฟต์นั้นเป็นผลจากการที่สารทั้งสองไม่สามารถแทรกผ่าน (Penetration) เข้าไปในเซลล์ของพืชได้ดี นอกจากนั้นกรดแอสคอร์บิกยังถูกออกซิไดส์โดยเอ็นไซม์ภายในเซลล์ (Endogenous enzyme) ได้ง่ายหรือเกิดออโตออกซิเดชั่นโดยมีเหล็กและทองแดงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Saper และคณะ 1989 : 997-1002) โดยกรดอิริทอร์บิกจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายกว่ากรดแอสคอร์บิกมาก (Seib และ Liao 1987, Borenstein 1965 : 1719) เมื่อเกิดการออกซิไดซ์โดยปฏิกิริยาต่างๆดังกล่าวทำให้กรดทั้งสองมีความเข้มข้นลดลงจึงมีปริมาณกรดที่ทำหน้าที่เป็นโปรออกซิแดนส์ (Prooxidant) ลดลง (Mahoney และ Graf 1986 : 293) นอกจากนั้นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (Dehydroascorbic acid) ที่ได้จากการออกซิเดชั่นเองก็

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14



แสดงผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารยับยั้งในมะพร้าวอ่อนทั้งผล ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8
การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนทั้งผล

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (%) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
		1	2	3	4	5
AA+CA	2.5+3.5	157.06	169.44	111.57	123.67[a]	37.13[b]
AA	4	132.82	130.65	124.25	52.23[c]	36.10[b]
EA	7	111.86	111.99	107.70	59.49[c]	26.79[b]
SMS	2.5	143.92	140.89	134.52	113.52[ab]	69.46[a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

สามารถเกิดปฏิกิริยาให้สีน้ำตาลโดยปฏิกิริยาที่ไม่ใช้เอ็นไซม์ได้ (Saper และคณะ 1989 : 997-1002)

จากการทดลองนี้พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้นจากเดิมเก็บที่ 8° ซ และเพิ่มเป็น 22° ซ มีผลทำให้ประสิทธิภาพของสารยับยั้งทุกชนิดลดลง ทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากการทำงานของเอ็นไซม์เพิ่มขึ้นเพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่างๆในพืชซึ่งถูกควบคุมโดยเอ็นไซม์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแบบเอกซ์โพแนนเชียล (งามทิพย์ 2537 : 28) และที่อุณหภูมิสูงการออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์จะเพิ่มขึ้น (Hoare และคณะ 1993 : 341) ทั้งนี้ Marin และ Cano (1992 : 690-692) พบว่าเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสจะถูกชะงักและสามารถกลับมามีกิจกรรมได้อีกหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของมะพร้าวเมื่อเก็บ ที่ 8 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์และที่ 22 °ซ อีก 1 สัปดาห์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินผลของระยะเวลาเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมีดังนี้

3.2.1 น้ำมะพร้าว

3.2.1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

พบว่ามะพร้าวอ่อนทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 9) จาก 7 °Brix ที่ 0 วัน เป็น 5.87–6.27 ° Brix หลังจากเก็บไว้ 5 สัปดาห์ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำตาลถูกใช้ไปในการหายใจ (สายชล 2528:154) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ในทุกชุดการทดลองปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากปริมาณเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 9

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix) ในน้ำมะพร้าว

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		7.0 [a]	6.5 [b]	6.27 [b]
AA+CA	2.5+3.5	7.0 [a]	6.7 [b]	6.13 [c]
AA	4	7.0 [a]	6.4 [b]	5.87 [c]
EA	7	7.0 [a]	6.6 [b]	6.07 [c]
SMS	2.5	7.0 [a]	6.6 [b]	6.07 [c]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 ความเป็นกรด-ด่าง

ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างแสดงในตารางที่ 10 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในทุกชุดทดลอง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของชุดควบคุม ชุดที่ใช้อิริทอร์เบท ซัลไฟต์ และกรดแอสคอร์บิกมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนชุดที่ใช้สารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกความเป็นกรด-ด่างของสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น

ตารางที่ 10
ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		5.03 ^{c}	6.08 ^{a}	5.95 ^{b}
AA+CA	2.5+3.5	5.03 ^{b}	5.6 ^{a}	5.62 ^{a}
AA	4	5.03 ^{c}	5.75 ^{b}	6.14 ^{a}
EA	7	5.03 ^{c}	5.84 ^{b}	6.40 ^{a}
SMS	2.5	5.03 ^{c}	5.98 ^{b}	6.63 ^{a}

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 ปริมาณกรดทั้งหมด

ปริมาณกรดทั้งหมดแสดงในตารางที่ 11 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง คือปริมาณกรดลดลงตามอายุการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดของชุดทดลองที่ใช้อิริทอร์เบทซัลไฟต์และชุดควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนชุดที่ใช้สารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก และชุดที่ใช้กรดแอสคอร์บิกปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำมะพร้าวที่เก็บเป็นเวลา 4 และ 5 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณกรดเริ่มต้น

ตารางที่ 11

ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำมะพร้าว (คิดเป็นกรดซิตริก)

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณกรดทั้งหมด (%) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		0.0727 [a]	0.0301 [c]	0.0386 [b]
AA+CA	2.5+3.5	0.0727 [a]	0.0445 [b]	0.0425 [b]
AA	4	0.0727 [a]	0.0366 [b]	0.0347 [b]
EA	7	0.0727 [a]	0.0361 [b]	0.0261 [c]
SMS	2.5	0.0727 [a]	0.0357 [b]	0.0279 [c]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.4 ปริมาณวิตามินซี

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีแสดงในตารางที่ 12 พบว่ามีปริมาณลดลงตามอายุการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองจากปริมาณเริ่มต้น 1.9060 (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ลดลงเหลือ 0.5611–0.9390 (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ในสัปดาห์ที่ 5 ทั้งนี้ไวตามินซีเป็นคุณค่าทางอาหารที่ถูกทำลายได้ง่ายที่สุดเนื่องจากเกิดการออกซิเดชั่นโดยเอ็นไซม์ (สายชล 2528:55) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าวิตามินซีในน้ำมะพร้าวทุกชุดการทดลองมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 12

ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะพร้าว

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณวิตามินซี (มก/100 มล) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		1.9060 [a]	1.3709 [b]	0.5611 [c]
AA+CA	2.5+3.5	1.9060 [a]	1.3824 [b]	0.5758 [c]
AA	4	1.9060 [a]	1.2981 [b]	0.9390 [c]
EA	7	1.9060 [a]	0.9718 [b]	0.6675 [c]
SMS	2.5	1.9060 [a]	0.8851 [b]	0.7837 [c]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท, SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5 ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมะพร้าวเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 13) จากปริมาณเริ่มต้นที่ 0.261 เปอร์เซ็นต์เป็น 0.3074–0.3819 เปอร์เซ็นต์ในสัปดาห์ที่ 4 และเพิ่มเป็น 2.5160–3.5980 เปอร์เซ็นต์ในสัปดาห์ที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระที่เวลาเริ่มต้นและที่ระยะเวลาเก็บรักษา 4 สัปดาห์ของทุกชุดการทดลองสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณที่ 5 สัปดาห์

ตารางที่ 13

ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมะพร้าว (คิดเป็น lauric acid)

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (%) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		0.261 [b]	0.3074 [b]	3.2985 [a]
AA+CA	2.5+3.5	0.261 [b]	0.3686 [b]	3.4724 [a]
AA	4	0.261 [b]	0.3813 [b]	2.665 [a]
EA	7	0.261 [b]	0.3819 [b]	3.598 [a]
SMS	2.5	0.261 [b]	0.3249 [b]	2.516 [a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เนื้อมะพร้าว

3.2.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง

เนื้อมะพร้าวเริ่มต้นมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงเป็นกลางคือ 7.41 เมื่อเก็บรักษาครบ 4 สัปดาห์และมีค่าลดลงในทุกชุดทดลองโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณเริ่มต้น (ตารางที่ 14) เมื่อเก็บรักษาครบ 5 สัปดาห์ความเป็นกรด-ด่างของชุดที่ใช้โซเดียมอิริทอร์เบท และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้นโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับค่าที่ 4 สัปดาห์ ส่วนอีก 3 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับค่าที่ 4 สัปดาห์

ตารางที่ 14
ความเป็นกรด-ด่างของเนื้อมะพร้าว

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ความเป็นกรด-ด่าง [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์) 0	4	5
ชุดควบคุม		7.41 [a]	6.82 [b]	6.92 [b]
AA+CA	2.5+3.5	7.41 [a]	6.60 [b]	6.51 [b]
AA	4	7.41 [a]	6.91 [b]	5.82 [b]
EA	7	7.41 [a]	6.72 [c]	6.92 [b]
SMS	2.5	7.41 [a]	6.76 [c]	7.04 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด

ปริมาณกรดเริ่มต้นเป็น 0.243 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15) เมื่อเก็บรักษาครบ 4 สัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณกรดเริ่มต้น เมื่อเก็บรักษาครบ 5 สัปดาห์ปริมาณกรดของชุดที่ใช้โซเดียมอิริทอร์เบท โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณที่ 4 สัปดาห์ ส่วนชุดที่ใช้กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิกปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยไม่แตกต่างทางสถิติกับค่าที่ 4 สัปดาห์

ตารางที่ 15
ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อมะพร้าว (คิดเป็นกรดซิตริก)

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณกรดทั้งหมด (%) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		0.0243 ^{c}	0.0575 ^{a}	0.0466 ^{b}
AA+CA	2.5+3.5	0.0243 ^{b}	0.0628 ^{a}	0.0643 ^{a}
AA	4	0.0243 ^{b}	0.0513 ^{a}	0.0563 ^{a}
EA	7	0.0243 ^{c}	0.0626 ^{a}	0.0420 ^{b}
SMS	2.5	0.0243 ^{c}	0.0479 ^{a}	0.0387 ^{b}

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 ปริมาณวิตามินซี

มีปริมาณเริ่มต้นเป็น 4.2440 มิลลิกรัม/100 กรัม (ตารางที่ 16) และมีการเปลี่ยนแปลงลดลงตามอายุการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง โดยชุดทดลองที่ใช้กรดแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริก กรดแอสคอร์บิกและโซเดียมอิริทอร์เบทปริมาณวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงลดลงโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา สำหรับชุดที่ใช้ซัลไฟต์และชุดควบคุมปริมาณวิตามินซีของสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกันแต่แตกต่างจากปริมาณเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 16

ปริมาณวิตามินซีในเนื้อมะพร้าว

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณวิตามินซี (มก/100 กรัม) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		4.2440 [a]	0.3501 [b]	0.3062 [b]
AA+CA	2.5+3.5	4.2440 [a]	0.3728 [b]	0.2026 [c]
AA	4	4.2440 [a]	0.802 [b]	0.3771 [c]
EA	7	4.2440 [a]	0.7796 [b]	0.4352 [c]
SMS	2.5	4.2440 [a]	0.4196 [b]	0.3677 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระของทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 17) โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปริมาณเริ่มต้นกับปริมาณที่ 4 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาครบ 5 สัปดาห์ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นโดยมีความแตกต่างทางสถิติกับปริมาณเริ่มต้นและปริมาณที่ 4 สัปดาห์

ตารางที่ 17

ปริมาณกรดไขมันอิสระในเนื้อมะพร้าว (คิดเป็น lauric acid)

สารยับยั้ง [2/]	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (%) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
		0	4	5
ชุดควบคุม		0.2603 [b]	0.2614 [b]	0.5144 [a]
AA+CA	2.5+3.5	0.2603 [b]	0.3396 [b]	0.7308 [a]
AA	4	0.2603 [b]	0.2962 [b]	0.6028 [a]
EA	7	0.2603 [b]	0.3345 [b]	0.4780 [a]
SMS	2.5	0.2603 [b]	0.2962 [b]	0.6100 [a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมะพร้าวอ่อนในระหว่างการเก็บรักษาด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

3.3.1 น้ำมะพร้าว

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 และ 5 สัปดาห์แสดงในตารางที่ 18

สี พบว่าทุกชุดทดลองยกเว้นชุดทดลองที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บรักษาครบ 5 สัปดาห์ โดยทั่วไปสีของน้ำมะพร้าวในสัปดาห์ที่ 4 มีสีขาวใสปกติและมีสีค่อนข้างเหลืองในสัปดาห์ที่ 5

กลิ่น ในชุดทดลองที่ใช้กรดแอสคอร์บิก 4 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนชุดทดลองอื่นๆมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากความเห็นของผู้ชิมพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 น้ำมะพร้าวทุกชุดทดลองมีกลิ่นหอมหวานแต่หลังจากเก็บรักษา 5 สัปดาห์พบว่าน้ำมะพร้าวมีกลิ่นหืนทั้งนี้น่าจะเกิดจากการที่ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมะพร้าวทุกชุดทดลองเพิ่มขึ้นโดยมีค่าประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

รสชาติ ชุดทดลองที่ใช้สารละลายผสมกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก โซเดียมอิริทอร์เบท และชุดที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติระหว่างน้ำมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 และ 5 สัปดาห์โดยมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่วนอีกสองชุดทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปในสัปดาห์ที่ 4 น้ำมะพร้าวมีรสชาติดีหอมหวาน แต่ในสัปดาห์ที่ 5 น้ำมะพร้าวมีรสหวานลดลงทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณกรดเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้อัตราส่วนระหว่างกรดและน้ำตาลเปลี่ยนแปลงไปทั้งนี้อัตราส่วนระหว่างกรดและน้ำตาลมีผลโดยตรงต่อรสชาติของผลไม้ (สายชล 2528 : 174)

ความใส ในสัปดาห์ที่ 4 น้ำมะพร้าวทุกชุดทดลองได้คะแนนการยอมรับอยู่ในขั้นสูงมากประมาณ 7–8 ในสัปดาห์ที่ 5 คะแนนการยอมรับลดลงโดยในชุดทดลองที่ใช้สารละลายผสมกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกและชุดควบคุมมีคะแนนความใสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับคะแนนที่ 4 สัปดาห์ ส่วนอีกสองชุดทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับในสัปดาห์ที่ 5 ของทุกชุดการทดลองอยู่ในขั้นที่ยอมรับได้คือได้คะแนนมากกว่า 6 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 และ 5 สัปดาห์

ปัจจัยคุณภาพ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับ [1/]				
		ชุดควบคุม	AA+CA [2/] 2.5+3.5%	AA 4%	EA 7%	SMS 2.5%
สี	4	7.5 [a]	7.5 [a]	6.9 [a]	7.5 [a]	7.1 [a]
	5	5.6 [b]	5.7 [b]	5.2 [b]	5.7 [b]	7.0 [a]
กลิ่น	4	7.3 [a]	6.1 [a]	5.9 [a]	6.8 [a]	7.1 [a]
	5	6.0 [a]	4.2 [b]	5.9 [a]	4.9 [b]	5.5 [b]
รสชาติ	4	7.4 [a]	6.3 [a]	6.6 [a]	7.4 [a]	7.7 [a]
	5	6.2 [a]	3.6 [b]	5.0 [a]	5.4 [b]	4.4 [b]
ความใส	4	7.6 [a]	7.9 [a]	7.1 [a]	7.4 [a]	6.8 [a]
	5	6.1 [b]	6.6 [b]	6.3 [a]	6.9 [a]	6.7 [b]
การยอมรับโดยรวม	4	7.4 [a]	6.7 [a]	6.6 [a]	7.9 [a]	7.3 [a]
	5	6.2 [a]	3.9 [b]	4.4 [b]	5.6 [b]	5.0 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยคุณภาพที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับโดยรวม น้ำมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ทุกชุดทดลองยกเว้นชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับโดยรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 สัปดาห์ โดยรวมแล้วทุกชุดทดลองได้คะแนนค่อนข้างต่ำคือ 3.9–6.2 คะแนน

จากผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บรักษากับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมะพร้าวสรุปได้ว่า การเก็บมะพร้าวไว้ที่อุณหภูมิ 8 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ทั้งนี้เนื่องจากทุกปัจจัยคุณภาพได้คะแนนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (ประมาณ 7 คะแนน) และเมื่อนำมะพร้าวมาเก็บรักษาต่อที่ 22 °ซ อีก 1 สัปดาห์ พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะพร้าว เช่นปริมาณกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นน่าจะมีส่วนทำให้กลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไปส่งผลให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง

3.3.2 เนื้อมะพร้าว

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 และ 5 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 19 พบว่า

สี ในสัปดาห์ที่ 4 ทุกชุดทดลองได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก คือ 7–7.5 คะแนนและลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 5 โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับคะแนนที่ 4 สัปดาห์ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้โซเดียมอิริทอร์เบทที่คะแนนที่ 5 สัปดาห์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับที่ 4 สัปดาห์

กลิ่น คะแนนการยอมรับของกลิ่นในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

รสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัส ทุกชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ยกเว้นชุดทดลองที่ใช้สารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก

การยอมรับโดยรวม ในสัปดาห์ที่ 4 ทุกชุดการทดลองได้คะแนนค่อนข้างสูงคืออยู่ในช่วง 6–7 คะแนน ในสัปดาห์ที่ 5 คะแนนของชุดการทดลองที่ใช้สารละลายผสมกรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริกและชุดทดลองที่ใช้โซเดียมอิริทอร์เบทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับคะแนนที่ 4 สัปดาห์ ส่วนชุดการทดลองอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่าง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเก็บมะพร้าวไว้ที่อุณหภูมิ 8 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ไม่ทำให้เนื้อมะพร้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้เนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทุกปัจจัยคุณภาพได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือประมาณ 7 คะแนน และเมื่อนำมะพร้าวมาเก็บรักษาต่อที่ 22 °ซ อีก 1 สัปดาห์พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลให้เนื้อมะพร้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพียงเล็กน้อย เนื่องจากได้คะแนนการยอมรับของทุกปัจจัยอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือประมาณ 6 คะแนน

ตารางที่ 19

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อมะพร้าวที่มีอายุการเก็บ 4 และ 5 สัปดาห์

ปัจจัยคุณภาพ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับ [1/]				
		ชุดควบคุม	AA+CA [2/] 2.5+3.5%	AA 4%	EA 7%	SMS 2.5%
สี	4	7.0 [a]	7.4 [a]	7.0 a	7.4 [a]	7.5 [a]
	5	6.8 [a]	6.4 [a]	6.4 [a]	5.4 [b]	6.7 [a]
กลิ่น	4	7.8 [a]	6.2 [a]	6.4 [a]	6.7 [a]	6.7 [a]
	5	7.1 [a]	6.7 [a]	5.9 [a]	6.4 [a]	6.1 [a]
รสชาติ	4	6.9 [a]	6.9 [a]	6.4 [a]	6.8 [a]	6.6 [a]
	5	6.3 [a]	4.3 [b]	5.7 [a]	5.8 [a]	6.4 [a]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	4	7.1 [a]	7.8 [a]	7.2 [a]	7.5 [a]	7.6 [a]
	5	6.9 [a]	5.3 [b]	6.5 [a]	6.3 [a]	6.7 [a]
การยอมรับโดยรวม	4	7.1 [a]	7.0 [a]	6.0 [a]	7.3 [a]	7.2 [a]
	5	6.9 [a]	4.9 [b]	6.0 [a]	5.9 [b]	6.4 [a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยคุณภาพที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] AA+CA = กรดแอสคอร์บิก+กรดซิตริก, AA = กรดแอสคอร์บิก, EA = โซเดียมอิริทอร์เบท , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การศึกษาผลของการเก็บรักษามะพร้าวอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ 8 °ซ 5 สัปดาห์

4.1 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

จากผลการทดลองการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อนโดยชนิดของฟิล์มที่แตกต่างกัน พบว่าผลการยับยั้งลดลงตามอายุการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ชุดการทดลองที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดมีผลการยับยั้งสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากชุดทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 20) ส่วนชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางไม่มีผลในการยับยั้ง การที่ฟิล์มพลาสติกยืดสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้ถุงโพลีเอทธิลีนเป็นผลมาจากค่าการซึมผ่าน (Permeability) ของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.053 x 10^{10} และ 0.29 x 10^{10} cc/cm^2 /mm/sec/cm Hg (Hayes 1987 : 156) มีความเหมาะสมในการควบปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าถุงโพลีเอทธิลีนซึ่งมีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าคือ $10.6x10^{10}$–$55x10^{10}$ และ $35x10^{10}$–$352x10^{10}$ cc/cm^2 /mm/sec/cmHg การที่ฟิล์มพลาสติกยืดยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านได้น้อยทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต้องใช้ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลต่ำเป็นผลให้การเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง ทั้งนี้ Church และ Parson (1995 : 143–152) แนะนำให้แก้ปัญหาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซม์ของผักและผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งแล้วโดยการลดออกซิเจนให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้อากาศและใช้ความเย็นร่วมด้วย จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเกิดสีน้ำตาลสามารถลดลงได้โดยใช้ MAP ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20

ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยฟิล์มชนิดต่างๆต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ของมะพร้าวอ่อน

ชนิดของฟิล์ม [2/]	การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (%) [1/]				
	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	5
ฟิล์มพลาสติกยืด	94.81	80.61	76.85	62.93 [a]	40.49 [a]
ถุง PE ชนิดหนา	73.83	50.68	28.50	27.17 [b]	6.86 [b]
ถุง PE ชนิดบาง	61.92	28.34	19.30	-14.02 [c]	-25.15 [c]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของมะพร้าว จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของมะพร้าวที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงและการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินผลของชนิดของฟิล์มต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังนี้

4.2.1 น้ำมะพร้าว

4.2.1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงลดลงตลอดอายุการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 21) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ส่วนในสัปดาห์ที่ 5 ชุดทดลองที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดและชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงมากโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางและหนา

ตารางที่ 21

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดของฟิล์ม [2/]	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	4	5
ชุดควบคุม	7.00	6.4 [a]	6.0 [c]
ฟิล์มพลาสติกยืด	7.00	6.2 [a]	6.0 [c]
ถุง PE ชนิดบาง	7.00	6.3 [a]	6.2 [b]
ถุง PE ชนิดหนา	7.00	6.4 [a]	6.5 [a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ความเป็นกรด-ด่าง การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างแสดงในตารางที่ 22 พบว่าในสัปดาห์ที่ 4 ทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นโดยชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนามีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองอื่นๆ ในสัปดาห์ที่ 5 ทุกชุดการทดลองยกเว้นชุดที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางมีความเป็นกรด-ด่างลดลง และแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 22

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดของฟิล์ม [2/]	ความเป็นกรด-ด่าง [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	4	5
ชุดควบคุม	5.03	5.22 [b]	4.81 [c]
ฟิล์มพลาสติกยืด	5.03	5.13 [b]	4.75 [d]
ถุง PE ชนิดบาง	5.03	5.17 [b]	5.75 [a]
ถุง PE ชนิดหนา	5.03	5.36 [a]	5.33 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ปริมาณกรดทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณกรดทั้งหมดของทุกชุดการทดลองลดลงจากปริมาณเริ่มต้น (ตารางที่ 23) โดยชุดทดลองที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างกับชุดที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางและหนา ในสัปดาห์ที่ 5 ชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางมีปริมาณกรดลดลงโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองอื่นๆ

ตารางที่ 23

ปริมาณกรดทั้งหมด (คิดเป็นกรดซิตริก) ของน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดของฟิล์ม [2/]	ปริมาณกรดทั้งหมด (%) [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	4	5
ชุดควบคุม	0.0618	0.0380 [b]	0.0745 [a]
ฟิล์มพลาสติกยืด	0.0618	0.0579 [a]	0.0726 [a]
ถุง PE ชนิดบาง	0.0618	0.0451 [a b]	0.0325 [c]
ถุง PE ชนิดหนา	0.0618	0.0471 [a b]	0.0506 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.4 ปริมาณวิตามินซี ในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณวิตามินซีของชุดควบคุมและชุดการทดลองที่หุ้มด้วยฟิล์มลาสติกยืดมีปริมาณลดลงส่วนอีกสองชุดการทดลองมีปริมาณค่อนข้างคงที่ ในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณวิตามินซีลดลงในทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 24) โดยชุดทดลองที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดและชุดควบคุมมีการลดลงมากกว่าอีกสองชุดทดลอง

ตารางที่ 24

ปริมาณวิตามินซีของน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดของฟิล์ม [2/]	ปริมาณวิตามินซี (มก/100 มล) [1/]		
	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	4	5
ชุดควบคุม	1.5338	0.4671 [d]	0.0131 [c]
ฟิล์มพลาสติกยืด	1.5338	0.8351 [c]	0.0124 [c]
ถุง PE ชนิดบาง	1.5338	1.3266 [b]	0.0165 [b]
ถุง PE ชนิดหนา	1.5338	1.6331 [a]	0.0207 [a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 เนื้อมะพร้าว

4.2.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง แสดงในตารางที่ 25 ค่าความเป็นกรด-ด่างของทุกชุดการทดลองลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยมีแนวโน้มว่าชุดควบคุมและชุดทดลองที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดมีการลดลงของความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนทั้ง 2 ชุดการทดลอง ทั้งนี้ในสัปดาห์ที่ 5 ความเป็นกรด-ด่างของทุกชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 25

ความเป็นกรด-ด่างของเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดของฟิล์ม [2/]	ความเป็นกรด-ด่าง [1/] อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	4	5
ชุดควบคุม	7.38	5.98 [c]	5.07 [d]
ฟิล์มพลาสติกยืด	7.38	5.70 [c]	5.15 [c]
ถุง PE ชนิดบาง	7.38	6.65 [b]	6.45 [a]
ถุง PE ชนิดหนา	7.38	7.23 [a]	5.84 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด แสดงในตารางที่ 26 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 5 ชุดทดลองที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดและชุดควบคุมมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางและหนา

ตารางที่ 26

ปริมาณกรดทั้งหมด (คิดเป็นกรดซิตริก) ของเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดของฟิล์ม [2/]	ปริมาณกรดทั้งหมด (%) [1/]		
	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	4	5
ชุดควบคุม	0.0243	0.0644 [b]	0.0929 [a]
ฟิล์มพลาสติกยืด	0.0243	0.0756 [a]	0.0921 [a]
ถุง PE ชนิดบาง	0.0243	0.0310 [c]	0.0546 [b]
ถุง PE ชนิดหนา	0.0243	0.0288 [c]	0.0646 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ปริมาณวิตามินซี ปริมาณวิตามินซีของเนื้อมะพร้าวอ่อนในทุกชุดการทดลองลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 27) โดยในสัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปริมาณวิตามินซีของแต่ละชุดทดลอง ส่วนในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณวิตามินซีของทุกชุดทดลองลดลงจนเกือบหมด

ตารางที่ 27

ปริมาณวิตามินซีของเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดของฟิล์ม [2/]	ปริมาณวิตามินซี (มก/100 กรัม) [1/]		
	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	4	5
ชุดควบคุม	3.1030	1.3087 [a b]	0.0226 [b]
ฟิล์มพลาสติกยืด	3.1030	1.5218 [a]	0.0216 [b]
ถุง PE ชนิดบาง	3.1030	1.6311 [a]	0.0193 [c]
ถุง PE ชนิดหนา	3.1030	1.0767 [b]	0.0251 [a]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p =0.05)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

4.3.1 น้ำมะพร้าว

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะพร้าวที่มีอายุการเก็บรักษา 4 และ 5 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 28 พบว่า

สี ในสัปดาห์ที่ 4 คะแนนการยอมรับสีของน้ำมะพร้าวทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และคะแนนการยอมรับในสัปดาห์ที่ 5 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือมีคะแนนตั้งแต่ 6 ขึ้นไปและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กลิ่น ในสัปดาห์ที่ 4 คะแนนการยอมรับกลิ่นของทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือมีคะแนนตั้งแต่ 5 ขึ้นไป แต่ชุดที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนาได้คะแนนต่ำสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองอื่นๆ ในสัปดาห์ที่ 5 ชุดการทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนาได้คะแนนการยอมรับต่ำมาก และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองอื่นๆ

รสชาติ ในสัปดาห์ที่ 4 คะแนนการยอมรับของรสชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือมีคะแนนตั้งแต่ 5.3 ขึ้นไป ในสัปดาห์ที่ 5 ชุดการทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนาได้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติต่ำมากและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดทดลองอื่นๆ

ความใส ทั้งในสัปดาห์ ที่ 4 และ 5 ทุกชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับสูงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การยอมรับโดยรวม ในสัปดาห์ที่ 4 คะแนนการยอมรับโดยรวมของทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือได้คะแนน 5.5 ขึ้นไปและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสัปดาห์ที่ 5 ชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนาได้คะแนนการยอมรับต่ำมากและมีความแตกต่างทางสถิติกับคะแนนของชุดการทดลองอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ต่อน้ำมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ที่ 8° ซ เป็นเวลา 4 และ 5 สัปดาห์

ปัจจัยคุณภาพ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับ [1/]			
		ชุดควบคุม	ฟิล์มพลาสติก	ถุง PE [2/] ชนิดบาง	ถุง PE ชนิดหนา
สี	4	6.9 [a]	7.3 [a]	7.3 [a]	6.5 [a]
	5	6.7 [a]	6.9 [a]	6.1 [a]	6.0 [a]
กลิ่น	4	6.6 [a]	6.9 [a]	6.7 [a]	5.1 [b]
	5	5.6 [a]	6.0 [a]	5.3 [a]	2.1 [b]
รสชาติ	4	5.9 [a b]	5.7 [a b]	7.2 [a]	5.3 [b]
	5	3.9 [b]	5.3 [a b]	6.2 [a]	1.5 [c]
ความใส	4	7.2 [a]	7.4 [a]	6.5 [a]	6.4 [a]
	5	6.2 [a]	6.3 [a]	6.3 [a]	5.6 [a]
การยอมรับโดยรวม	4	6.8 [a]	6.6 [a]	6.8 [a]	5.5 [a]
	5	4.2 [b]	5.6 [a b]	6.2 [a]	1.8 [c]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยคุณภาพของแต่ละสัปดาห์ที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคสรุปได้ว่าทุกชุดการทดลองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีและความใสของน้ำมะพร้าวตลอดอายุการเก็บรักษา ชุดทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนาและชุดควบคุมเกิดการเปลี่ยนแปลงของรสชาติและกลิ่นจนกระทั่งผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้ โดยเฉพาะชุดทดลองแรกซึ่งได้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมต่ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 เนื้อมะพร้าว

สี สีของเนื้อมะพร้าวทุกชุดการทดลองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 เนื้อมะพร้าวทุกชุดการทดลองมีคะแนนยอมรับด้านสีสูงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 29)

กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม ในสัปดาห์ที่ 4 เนื้อมะพร้าวทุกชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับด้านต่างๆดังกล่าวข้างต้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสัปดาห์ที่ 5 เนื้อมะพร้าวของชุดการทดลองที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนามีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากและมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองอื่นๆ

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวอ่อนที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสรุปได้ว่าการเก็บรักษามะพร้าวไว้ที่อุณหภูมิ 8 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์และที่ 22 °ซ 1 สัปดาห์ ไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวอ่อนชุดที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดและชุดที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแต่ทำให้มะพร้าวอ่อนที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนาเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้าน กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเริ่มเปลี่ยนแปลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 และเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งไม่สามารถยอมรับได้ในสัปดาห์ที่ 5 ทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากการสะสมของแอลกอฮอล์และอัลดีไฮด์เนื่องจากเกิดการหายใจแบบไม่ใช้อากาศขึ้น ซึ่งเห็นได้จากการที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงสูงถึงร้อยละ 14.20 เมื่อเปรียบเทียบกับมะพร้าวอ่อนที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางซึ่งมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงสูงถึงร้อยละ 7 แต่ไม่เกิดความผิดปกติใด ๆ (ตารางที่ 30) ทั้งนี้ที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5–20 อาจเป็นเหตุให้เอ็นไซม์ในวงจรเครปส์ (Krebs cycle) ทำงานผิดปกติทำให้การหายใจเปลี่ยนเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนส่งผลให้กลิ่นรสและเซลล์พืชเกิดความผิดปกติ (งามทิพย์ 2537 : 17–33) ซึ่ง Church และ Parsons (1995 : 143–152) แนะนำให้แก้ปัญหานี้โดยการลดปริมาณออกซิเจนให้อยู่ในระดับต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ที่จะไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 29

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อมะพร้าวที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นเวลา 4 และ 5 สัปดาห์ที่ 8° ซ

ปัจจัยคุณภาพ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนการยอมรับ [1/]			
		ชุดควบคุม	ฟิล์มพลาสติก	ถุง PE [2/] ชนิดบาง	ถุง PE ชนิดหนา
สี	4	6.1 [a]	7.0 [a]	6.9 [a]	6.7 [a]
	5	6.0 [a]	6.4 [a]	6.7 [a]	5.2 [a]
กลิ่น	4	6.5 [a]	6.8 [a]	6.6 [a]	5.7 [a]
	5	5.3 [a]	6.2 [a]	6.8 [a]	3.2 [b]
รสชาติ	4	6.3 [a]	6.2 [a]	5.9 [a]	6.1 [a]
	5	4.5 [a]	5.8 [a]	5.7 [a]	2.6 [b]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	4	6.4 [a]	6.9 [a]	6.7 [a]	6.7 [a]
	5	5.4 [a b]	6.4 [a]	6.4 [a]	3.9 [b]
การยอมรับโดยรวม	4	6.2 [a]	6.9 [a]	6.4 [a]	6.4 [a]
	5	5.0 [a]	6.3 [a]	6.2 [a]	2.9 [b]

หมายเหตุ : [1/] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยคุณภาพของแต่ละสัปดาห์ที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$)

[2/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในภาชนะบรรจุมะพร้าวอ่อน

จากผลการวัดคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในภาชนะบรรจุมะพร้าวอ่อนทุก 1 สัปดาห์ตลอดอายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์พบว่าก๊าซที่สะสมในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 30, ภาพที่ 13) และมีปริมาณสูงสุดประมาณร้อยละ 7 ส่วนในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดหนามีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงเป็นประมาณ 2 เท่าของก๊าซที่สะสมในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางคือมีปริมาณสูงสุดประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์และมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 30, ภาพที่ 13)

ตารางที่ 30
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในภาชนะบรรจุมะพร้าวอ่อน
ที่เก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ชนิดภาชนะบรรจุ [1/]	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (%)					
	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)					
	1 วัน	1	2	3	4	5
ถุง PE ชนิดหนา	8.84	12.81	12.93	13.28	13.49	14.20
ถุง PE ชนิดบาง	6.41	6.58	6.75	7.00	6.36	6.38

หมายเหตุ : [1/] PE = โพลีเอทธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. องค์ประกอบของเปลือกที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลคือสารประกอบฟีนอลลิกและเอ็นไซม์ พบว่าเปลือกมะพร้าวอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมดเท่ากับ 117.48 ± 2.95 ไมโครกรัม/กรัม และการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อนเป็นผลจากเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากกว่าจากเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสโดยโพลีฟีนอลออกซิเดสมีกิจกรรมสูงกว่าประมาณ 4 เท่า

2. การหาสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อน โดยการแช่ผลมะพร้าวในสารละลายของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเป็นเวลา 5 นาที พักให้แห้งและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 °ซ 4 สัปดาห์ และที่ 22 °ซ อีก 1 สัปดาห์ พบว่าการใช้สารเคมีและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะพร้าวอ่อนดังนี้

2.1 4–เฮกซิลเรซอร์ซินอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.01–0.05 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ1–6 ไม่มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

2.2 กรดแอสคอร์บิก สารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก และโซเดียมอิริทอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 4, 2.5 + 3.5 และ 7 ตามลำดับสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้นาน 5 สัปดาห์จึงสามารถใช้สารดังกล่าวทดแทนซัลไฟต์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้

2.3 ความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เคยมีการแนะนำให้ใช้คือ ร้อยละ 3 จากการทดลองนี้พบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงกว่า

2.4 อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าวที่ผ่านการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลค่อนข้างมาก โดยที่อุณหภูมิ 8 °ซ มะพร้าวเกิดสีน้ำตาลขึ้นเล็กน้อยหรือไม่เกิดขึ้นเลยส่วนการเก็บที่ 22 °ซ อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลให้เปลือกมะพร้าวเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น

2.5 ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของมะพร้าวดังนี้ ในน้ำมะพร้าวพบว่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดและวิตามินซีมีปริมาณลดลงตามอายุการเก็บ โดยเฉพาะวิตามินซีลดลงจนเกือบหมด กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นมากจากปริมาณเริ่มต้นและมีปริมาณสูงมากจนกระทั่งมีผลต่อกลิ่นรสของน้ำมะพร้าว สำหรับในเนื้อมะพร้าว กรดทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินซีในเนื้อมะพร้าวซึ่งมีมากกว่าในน้ำมะพร้าวถึงประมาณ 2 เท่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณลดลงจนเกือบหมด เมื่อเก็บมะพร้าวไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ส่วนกรดไขมันอิสระมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแต่น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงในน้ำมะพร้าว

2.6 อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเนื้อและน้ำมะพร้าวค่อนข้างมาก โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °ซ นาน 4 สัปดาห์องค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยโดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและเมื่อนำมะพร้าวมาเก็บไว้ที่ 22 °ซ ต่ออีก 1 สัปดาห์พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีมากจนมีผลต่อรสชาติของมะพร้าว

2.7 การใช้สารเคมียับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกมะพร้าวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเนื้อและน้ำมะพร้าว

3. การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ 8 °ซ เป็นเวลา 5 สัปดาห์มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวอ่อนดังนี้

3.1 การหุ้มผลมะพร้าวด้วยฟิล์มพลาสติกยืดมีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าการใช้ถุงโพลีเอทธิลีน

3.2 ถุงโพลีเอทธิลีนทั้งชนิดบาง (หนา 0.033 มม.) และหนา (หนา 0.067 มม.) ไม่มีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าวอ่อน

3.3 การบรรจุมะพร้าวอ่อนในถุงโพลีเอทธิลีนชนิดบางและหนามีผลให้เกิดการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงประมาณร้อยละ 6.5 และ 14 ตามลำดับ โดยที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 6.5 ไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะพร้าวอ่อนแต่ที่ปริมาณร้อยละ 14 มีผลต่อกลิ่นรสของมะพร้าวอ่อนอย่างมากเมื่อเก็บรักษาครบเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากราคาของสารเคมีมีผลต่อการตัดสินใจเลือกชนิดของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลนอกเหนือจากประสิทธิภาพของสาร ดังนั้นจึงอาจมีการศึกษาการใช้สารชนิดอื่นๆเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวอ่อนเพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค ตัวอย่างเช่น ไฮโปคลอไรด์ (Hypochlorite) (Brecht และคณะ 1993 : 341-344) ซึ่งเป็น Reducing agent เช่นเดียวกับกรดแอสคอร์บิกและซัลไฟต์จึงมีผลยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลไปเป็นสารสีน้ำตาล หรือเอ็นไซม์ เช่น Ficin, Papain เป็นต้น เอ็นไซม์ทั้ง 2 ชนิดเป็นเอ็นไซม์ที่มีสมบัติในการย่อยโปรตีน มีบทบาทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยการไปจับหรือย่อยที่ specific sites ของเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล (Labuza และคณะ 1992 : 15-20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กรมส่งเสริมการเกษตร. รายงานการสัมมนาเรื่องมะพร้าวอ่อนเพื่อการส่งออก. กรุงเทพฯ : ฝ่ายไม้ผลกองส่งเสริมพืชพันธุ์, 2530 : 6–19.

2. กลุ่มเกษตรกรสัญจร. มะพร้าวน้ำหอม. กรุงเทพฯ : ฐานเกษตรกรรม, 2531 : 48–56.

3. กรมอนามัย. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพฯ : กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข, 2535 : 18.

4. งามทิพย์ ภู่วโรดม. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537 : 17–33.

5. จิรานุช คันธสุวรรณ. "มะพร้าวน้ำหอม." วารสารเศรษฐกิจการพานิชย์. ปีที่ 23 ฉบับที่ 235 235 (2535) : 28–31.

6. บริษัท นาชาแลบ จำกัด. "Erythorbic Acid : The Benefit Antioxidant" เอกสารประกอบการสัมมนา, 22 สิงหาคม 2538. (อัดสำเนา)

7. ประทีป กุณาศล. "มะพร้าวน้ำหอมปลูกง่ายกำไรงาม." วารสาร ธ.ก.ส. (เม.ย.–ก.ค.2534) : 50–58.

8. สายชล เกตุษา. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้.. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538 : 154.

9. มะพร้าวอ่อน:ช่องทางการตลาดยังไปไหว.สรุปข่าวธุรกิจ. ปีที่ 19 ฉบับที่ 10 : 1–6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Abou Aziz, A.B., F.K. Abdel-Wahab and M. A. EL-Ghandour. "Effect of Different Storage Temperature on Phenolic Compound in Banana and Mango fruits." Scientia Horticulturae 4 (1976) : 309-315.

11.AOAC International. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Arington, Virginia : AOAC International, 1995.

12. AL-Saikhan, M.S., L.R. Howard and J.C. Miller,JR. "Antioxidant Activity and Total Phenolics in Different Genotypes of Potato (*Solanum tuberrosum*,L.)." J. of Food Sci. 60 (2) (1995) : 341-347.

13. Blign, E.G. and W.G. Dyer. "A Rapid Method of Lipid Extraction and Purification ." Can. J. Biochem. Physiol. 37 (1959) : 911.

14. Borenstein. B. "The Comparative Properties of Ascorbic Acid and Erythorbic Acid." Food Tech. 19 (1965) : 1719.

15. Brecht, J.K., A.O.U.Sabaa-Srur, S.A.Sargent and R. J.Bender "Hypochlorite Inhibition of Enzymic Browning of Cut Vegetables and Fruits." ActaHorticulturae. 343 (1993) : 341-344.

16. Church, I.J.and A.L.Parsons."Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review." J. Sci. Food Agric. 67 (1995) : 143-152.

17. Davidson, M.P. and K.V. Juneja.Antimicrobial agents. *In* : Food Additives. edited by Branen, L.A. and M.P. Davidson, New York : Marcel Dekker , 1990 :102-105,494,634-681.

18. Egan, H., R.S. Kirk and R. Sawyer editor. Chemical Analysis of Foods. 8th ed. Churchill Livingstone, 1981 : 591pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. Grimwood, B . E . Coconut Palm Products. Italy : Organization of the United Nations, 1975 : 24-29.

20. Golan, A., V. Kahn and A.Y.Sadovski."Relationship Between Polyphenols and Browning in Avocado Mesocarp Comparison Between the Fuerte and Lerman Cultivars." J. Agric Food Chem. 25 (6) (1977) : 1253-1260.

21. Hayes, G.D. Food Enginerring Data Handbook. Great Britain : Longman Scientific and Technical, 1987 :156.

22. Heimann, W. Fundamentals of Food chemistry. England : Ellis Horwood, 1980 : 137,254-301.

23. Hoare, M., S. Lindsay. "Total Vitamin C Analysis of Orange Juice." Food Australia. 45(7) : 341.

24. Kahn, V. "Latency Properties of Polyphenol Oxidase in Two Avocado Cultivars Differing in Their Rate of Browning." J. Sci Food Agric. 28 (1977) : 233-239.

25. Kahn, V. "Polyphenol Oxidase Activity and Browning of Three Avocado Varieties." J. Sci Food Agric. 26 (1975) : 1319-1324.

26. Labuza, T. P., J. H . Lillemo and P. S . Taoukis. "Inhibition of PPO by Proteolytic Enzymes." Flussiges-Obst. 59 (1) (1992) : 15-20.

27. Lee, S.K.,I.S. Shin and Y.M. Park. "Factors Involved in Skin Browning Non-astringent Fuju Persimmon." Acta-Horticulturae. 343 (1993) : 300-303.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28. Lowry, O.H., N.J. Roseboough, A.L. Farr and R.J. Randall. "Protein Measurement with Folin Phenol Reagent." J. Biol. Chem. 193 (1951) : 265-275.

29. Langdon, T.T. "Preventing of Browning in Fresh Prepared Potatoes without the Use of Sulfiting agents." Food Tech. 41 (5) (1987) : 64-67.

30. Lozano, J.E., R. Drudis-Biscarri and A. Ibarz-Ribaż. "Enzymatic Browning in Apple Pulps." J. of Food Sci. 59(3) (1994) : 564-567.

31. Marin, M.A. and M.A. Cano. "Patterns of Peroxidase in Ripening Mango (*Mangifera indica*,L.) Fruits." J. of Food Sci. 57(1992) :690-692.

32. Monsalve - Gonzalez, A., V.G. Barbosa - Canovas, P.R. Cavalieri, J. A McEvily and R.Iyengar. "Control of Browning During Storage of Apple Slices Preserved by Combined Methods 4-Hexylresorcinol as Anti-Browning Agent." J. Food Sci. 58(4) (1993) : 797-800.

33. McEvily, J. A., R. Iyengar and A. Gross. "Composition and Methods for Inhibiting Browning in Food Using Resorcinol Derivatives." U.S.Pat. 5,059,438,Oct. 22, 1991.

34. McEvily, J. A., R. Iyengar and S. Otwell. "Sulfite Alternative Prevents Shrimp Melanosis." Food Tech. 45(9) (1991a) : 80-86.

35. O' Connor R.E., P. Skarshewski and S.J.Thrower. "Modified Atmosphere Packaging of Fruits,Vegetables,Seafood and Meat: State of the Art." Asean Food Journal. 7(3) (1992) : 127-136.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36.Oktay,M.,I.Kufrevioglu,I.Kocacaliskan and H.Sakiroglu. "Polyphenoloxidase from Amasya Apple." J. of Food Sci. 60(3) (1995) : 494-496.

37. Ponting, D . J . ,R Jackson and G.Watte . "Refrigerated Apple Slices Preservative Effects of Ascorbic Acid, Calcium and Sulfites." J. of Food Sci. 37(3) (1972) : 434-436.

38. Robinson, S. D. Food Biochemistry and Nutritional Value. Hong kong : Longman Group, 1987 :377,469-479.

39. Sacharow, S. and R. C. Griffin. Principles of Food Packaging. 2nd. Westport, Connecticut :The AVI Publishing , 1980 : 239-256.

40. Seib, P.A. and M.L. Liao. "Ascorbate-2-Polyphosphate Making Same ". U.S. Pat. 4, 647, 672,1987.

41. Sapers, G.M. and Douglas F.W. "Measurement of Enzymatic Browning at Cut Surfaces and in juice of Raw Apple and Pear Fruits." J.of Food Sci. 52(5) : 1258-1262.

42. Sapers, G.M. and M.A. Ziolkowski. "Comparison of Erythorbic and Ascorbic Acids as Inhibitors of Enzymatic Browning in Apple." J. of Food Sci. 52(6) (1987) : 1732-1733.

43. Sapers, G. M., K. B. Hicks, J.G. Phillips , L. Garzarella, D.L. Pondish, R.M. Matulaitis, T.J. McCormack, S.M. Sondey, P.A. Seib and Y.S. Ei-Atawy. "Control of Enzyme Browning in Apple with Ascorbic Acid Derivatives Polyphenoloxidase Inhibitors, and Complexing Agents." J. of Food Sci. 54 (4) (1989) :997-1002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

44. Sapers, G. M. "Browning of Foods : Control by sulfites, Antioxidants, and Other Means." Food Tech. 47(10) (1993) : 75-84.

45. Tongdee, S.C., A. Suwanagul, and S. Neamprem. "Postharvest Handling of Tender Coconut". Asean Food Journal. 6(2) (1991) : 74-75.

46. Weaver,C. and H. Charley. "Enzymatic Browning of Ripening Bananas." J. of Food Sci. 60(3) (1974) : 1200-1202.

47. Wong, W.S.D. Mechanism and Theory in Food Chemistry. New york : Van Nostrand Reinhold, 1989: 113-326.

48. Zawistowski, J., C.G. Biliaderis and M.A.N. Eskin, Polyphenol Oxidase. edited by Robinson, D.S. and M.A.N. Eskin.London : Elsevier London : Elsevier Science Publishers. 1991 : 217-252.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล

1. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอล (Abou Aziz และคณะ 1976 : 309-351)

1.1 การสกัดสารประกอบฟีนอล โดยชั่งตัวอย่าง 8 กรัมใส่ใน Homogenizer flask เติมเอทธานอล 10 มิลลิลิตร ปั่น 1-2 นาที ถ่ายใส่บีกเกอร์ปิดด้วยกระจกนาฬิกานำไปต้มให้เดือดเบาๆบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมินาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และกระดาษกรองเบอร์ 50 ตามลำดับ นำส่วนของเหลวที่ได้ไประเหยเอาแอลกอฮอล์ออกด้วยเครื่องระเหยภายใต้สูญญากาศ (Vacuum evaporator) นำของเหลวที่เหลืออยู่มาปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

1.2 หาปริมาณสารประกอบฟีนอล ปิเปตสารละลายของสารประกอบฟีนอลมา 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร สารละลาย Folin-ciocalteau 1 มิลลิลิตร (เตรียมโดยผสมกับน้ำกลั่น 1:3) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 650 นาโนเมตรโดยใช้สารละลายแบลงค์ปรับค่าก่อนการวัด นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดได้มาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลจากกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic acid)

1.3 ทำกราฟมาตรฐานสารละลายกรดคลอโรจีนิก โดยเตรียมสารละลายกรดคลอโรจีนิกความเข้มข้น 10 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณสารประกอบฟีนอลอ่านค่าสารประกอบฟีนอลของตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

2. การหาความว่องไวของเอ็นไซม์ (Golan และคณะ 1977 : 1254-1255)

2.1 การสกัดเอ็นไซม์ ชั่งเปลือกมะพร้าวให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่ใน Homogenizer flask เติมอะซิโตน (-20 °ซ) อัตราส่วน 1 : 3 น้ำหนัก/ปริมาตร ปั่น 2 นาทีกรองด้วยผ้าขาวบางกากที่เหลือนำไปสกัดซ้ำอีก 1 ครั้งและกรองนำของเหลวที่ได้จากการกรองไปหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 3,000 รอบ/นาที เวลา 15 นาทีอุณหภูมิ 0-4 °ซ รินส่วนของเหลวใสทิ้งไปนำตะกอนที่ได้มาละลายด้วยสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ pH 6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 15 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาจำนวน 1 มิลลิลิตรนำไปวิเคราะห์ความว่องไวของเอ็นไซม์และปริมาณโปรตีน

2.2 การหาความว่องไวของเอ็นไซม์

2.2.1 เอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส Reaction mixture ประกอบด้วย โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ pH 6.5 จำนวน 5 มิลลิลิตร 4-เมททิลคาเทคอล (4-Methy catechol) 0.02 โมลาร์ (เตรียมใหม่ ๆ) 5 มิลลิลิตร และสารละลายเอ็นไซม์ 1 มิลลิลิตรผสมกันอย่างรวดเร็ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 นาโมเมตร

2.2.2 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส Reaction mixture ประกอบด้วย โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.05 โมลาร์ pH 6.5 10 มิลลิลิตร ไกอะคอล (Quaiacol) 0.5 เปอร์เซนต์ (ในเอธิลแอลกอฮอล์ 50เปอร์เซ็นต์) 1 มิลลิลิตร สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 0.3 เปอร์เซนต์ 1 มิลลิลิตรและสารละลายเอ็นไซม์ 1 มิลลิลิตรผสมกันอย่างรวดเร็ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโมเมตร

2.2.3 เอ็นไซม์แคตตาเลส Reaction mixture ประกอบด้วย สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.007 โมลาร์ 1 มิลลิลิตร โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.05 โมลาร์ 2 มิลลิลิตรและสารละลายเอ็นไซม์ 1 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 240 นาโมเมตร

การหาความว่องไวของเอ็นไซม์ทำโดยนำ Reaction mixture ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตามชนิดของเอ็นไซม์ โดยวัดที่ 0 วินาที (วัดหลังจากผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกัน) เป็นค่าเริ่มต้นจากนั้นอ่านค่าทุก ๆ 30 วินาที นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา ความว่องไวของเอ็นไซม์ = $\Delta OD/\Delta$นาที วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเปลือกมะพร้าว รายงานผลความว่องไวของเอ็นไซม์เป็น ΔOD/มิลลิกรัมโปรตีน/นาที

3. การหาปริมาณโปรตีน (Protein) (Lowry และคณะ 1951 : 265-275)

3.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่จะหาโปรตีน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดสอบให้มีความเข้มข้นของโปรตีน 25-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เติมสารละลายด่างของคอปเปอร์ (Alkaline copper solution) (เตรียมโดยละลาย Na_2CO_3 2 กรัมใน NaOH 0.1 นอร์มอล 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมโปตัสเซียม ตาร์เตรต (Sodium potassium tartrate) ความเข้มข้น 2.7 เปอร์เซนต์ จำนวน 1 มิลลิลิตรและสารละลาย $CUSO_4 . 5H_2O$ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์ จำนวน 1 มิลลิลิตร (เตรียมเมื่อจะใช้) จำนวน 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

3.3 เติมสารละลาย Folin-ciocalteu reagent ความเข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 50 นาทีเพื่อให้เกิดสีอย่างชัดเจนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตรโดยใช้แบลงค์ปรับค่าก่อนทำการวัด

3.4 ทำกราฟมาตรฐานโดยใช้ Bovine serum albumin ความเข้มข้นตั้งแต่ 25-250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโปรตีนอ่านค่าโปรตีนของตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้ง (AOAC Method No. 942.15 (1995:Chapter 37 p.10)

ชั่งเนื้อมะพร้าวอ่อน 10 กรัมใส่ใน Homogenizer flask เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด กรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์ 4 หยดฟีนอฟทาลีน 1 เปอร์เซนต์ 3 หยด ทำการไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ (End point) จะได้สารละลายสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้นำไปคำนวนหาปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก ตามสูตร

$$\% \text{ กรดทั้งหมด} = \frac{1}{10} \times \frac{\text{equiv. wt. of acid} \times N \times V}{X}$$

เมื่อ equiv. wt of acid = equivalent weight of citric acid = 70.0 กรัม

N = นอร์มอลของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)

X = น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้

สำหรับน้ำมะพร้าวอ่อนใช้ตัวอย่างจำนวน 20 มิลลิลิตร ทำการไตเตรตและคำนวนปริมาณกรดเช่นเดียวกัน

2. การหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid)

นำน้ำมะพร้าวมาวัดด้วย Hand refracto meter อ่านค่าเป็น % Brix

3. การวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH)

นำน้ำมะพร้าวมา 20 มิลลิลิตร วัดความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง สำหรับเนื้อมะพร้าวใช้ตัวอย่าง 10 กรัมใส่ใน Homogenizer flask เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั่นให้ละเอียด กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 นำสารละลายที่ได้จากการกรองมาวัดความเป็นกรด-ด่าง

4. การหาปริมาณวิตามินซี ใช้วิธีของ AOAC Method No.967.21(1995:Chapter 45 p.16)

4.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้สกัด : 3 เปอร์เซ็นต์ กรดเมตาฟอสฟอริก-กรดอะซิติก โดย ละลายกรดเมตาฟอสฟอริก 15 กรัมในกรดอะซิติก 40 มิลลิลิตร และน้ำ 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร กรองอย่างรวดเร็วด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 สารละลายเก็บในตู้เย็นได้ 7-10 วัน

4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ชั่งกรดแอสคอร์บิคมาตรฐานมา 50 มิลลิกรัม นำมาละลายด้วย 3 เปอร์เซ็นต์ กรดเมตาฟอสฟอริก ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เตรียมแล้วใช้ทันที

4.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล ละลาย 2,6-ไดคลอโรอินโดฟีนอล (เกลือโซเดียม) 50 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรที่มีโซเดียมไบคอร์บอเนต 42 มิลลิกรัม เขย่าแรง ๆ จนสีละลายหมดแล้วปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บในขวดสีชาและไว้ในที่เย็นจนกว่าจะใช้

4.4 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล ดูดสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค 2 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ที่มีสารละลาย 3 เปอร์เซ็นต์ กรดเมตาฟอสฟอริก-กรดอะซิตริกอยู่ 5 มิลลิลิตร ไตเตรตอย่างรวดเร็วด้วยสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล จนกระทั่งสีจางลงและมีสีชมพูคงอยู่อย่างต่ำ 5 วินาที ทำแบลงค์ โดยใช้สารละลาย 3 เปอร์เซ็นต์ กรดเมตาฟอสฟอริก-กรดอะซิติก จำนวน 7 มิลลิลิตร เติมน้ำปริมาตรเท่ากับปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ในการไตเตรตข้างต้น แล้วไตเตรตจนได้สีชมพูเช่นเดียวกัน (ทำ 3 ซ้ำ) ใช้ค่าเฉลี่ยของแบลงค์ (ประมาณ 0.1 มิลลิลิตร) หักออกจากค่า Standardize titration คำนวนและแสดงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลในรูปมิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิคที่สมมูลกับอินโดฟีนอล 1 มิลลิลิตร

4.5 การวิเคราะห์ตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำมะพร้าว ใช้น้ำมะพร้าวอ่อน 25 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 3 เปอร์เซ็นต์ กรดเมตาฟอสฟอริก-กรดอะซิติก 25 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล จนถึงจุดยุติ คือมีสีชมพูคงอยู่อย่างน้อย 5 วินาที ทำ 3 ซ้ำ สำหรับตัวอย่างเนื้อมะพร้าวอ่อนใช้ตัวอย่าง 5-7 กรัม เติมสารละลาย 3 เปอร์เซ็นต์ กรดเมตาฟอสฟอริก 10 มิลลิลิตร/ตัวอย่าง 1กรัม บดตัวอย่างให้เป็น Suspension นำไปไตเตรตกับสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานอินโดฟีนอลเช่นเดียวกัน ทำแบลงค์ เช่นเดียวกับข้อ 4 คำนวนหาปริมาณวิตามินซี ตามสูตร

$$\text{มิลลิกรัม \% วิตามินซี} = \frac{2 \times \text{มล.อินโดฟีนอลที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง–แบลงค์}}{\text{มล.อินโดฟีนอลที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับวิตามินซี 2 มก.Xกรัม,มล.ตัวอย่าง}} \times 100$$

5. การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (Bligh และ Dryer 1959 : 911)

5.1 การสกัดไขมันจากเนื้อมะพร้าว ชั่งตัวอย่าง 17 กรัมใส่ Homogenizer flask เติมคลอโรฟอร์ม 17.25 มิลลิลิตร และเมทานอล 34.5 มิลลิลิตร ปั่นด้วยความเร็วสูง 2 นาที เติมคลอโรฟอร์ม 17.25 มิลลิลิตร ปั่น 30 วินาที เติมน้ำ 17.2 มิลลิลิตร ปั่น 30 วินาที เติมคลอโรฟอร์ม 60 มิลลิลิตรปั่นต่ออีก 30 วินาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำสารละลายมาแยกชั้นโดยใช้กรวยแยก (Separating funnel) ชั้นบนคือเมทานอลผสมกับน้ำ ชั้นล่างคือคลอโรฟอร์มกับน้ำมัน แยกเอาชั้นของไขมันและคลอโรฟอร์มออกใส่ในขวดวัดปริมาตร ซึ่งชั่งน้ำหนักไว้แล้ว นำไประเหยเอาคลอโรฟอร์มออกจากส่วนผสมบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่มีอุณหภูมิ 40 °ซ ภายใต้ Nitrogen jet steam เมื่อระเหยคลอโรฟอร์มออกหมดแล้วชั่งน้ำหนักไขมันที่เหลืออยู่ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระต่อไป

5.2 การสกัดไขมันจากน้ำมะพร้าว ตวงตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยกเติมไดเอทธิลอีเทอร์ (Diethyl ether) 100 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่นเขย่ากรวยแยกเบา ๆ ในแนวนอน หยุดเขย่าแล้วเปิดก๊อกเป็นครั้งคราวเพื่อลดแรงดันภายในกรวยแยก นำกรวยแยกไปตั้งในแนวดิ่งบน Ring stand ทิ้งให้สารละลายแยกเป็น 2 ชั้น เปิดก๊อกให้สารละลายที่อยู่ชั้นล่างไหลออก นำสารละลายผสมของไดเอทธิลอีเทอร์กับน้ำมันซึ่งอยู่ชั้นบนไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยภายใต้สูญญากาศ และนำไประเหยอีกครั้งหนึ่งบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิ 40 °ซ ภายใต้ Nitrogen jet steam เมื่อระเหยตัวทำละลายหมดแล้ว ชั่งน้ำหนักไขมันแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระต่อไป

5.3 วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระโดยผสมไดเอทิลอีเธอร์ 25 มิลลิลิตร กับแอลกอฮอล์ 25 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอฟทาลีน 1 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 1 มิลลิลิตร ค่อยๆ ไตเตรตตัวทำละลายผสมให้เป็นกลางด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล ชั่งน้ำมันตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอน ละลายน้ำมันตัวอย่างให้ตัวทำละลายผสมที่เป็นกลางไต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 นอร์มอล จนกระทั่งได้สีชมพูคงตัวนาน 15 วินาที

คำนวนเปอร์เซนต์กรดไขมันอิสระ

$$\% \text{ กรดไขมันอิสระ} = \frac{(a-b) \times \text{นอร์มอล NAOH} \times 200.2028 \times 100}{\text{น้ำหนักไขมัน} \times 100}$$

a = มิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

b = มิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรตแบลงค์

200.2028 = น้ำหนักโมเลกุลของ lauric acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์มะพร้าวน้ำหอม

ชื่อ.....

วันที่.....

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้คะแนนระดับความชอบแก่ผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างตามความรู้สึกของท่าน และโปรดให้เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบของท่านด้วย

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ไม่ชอบมากที่สุด
2. ไม่ชอบมาก
3. ไม่ชอบปานกลาง
4. ไม่ชอบเล็กน้อย
5. เฉย ๆ
6. ชอบเล็กน้อย
7. ชอบปานกลาง
8. ชอบมาก
9. ชอบมากที่สุด

ลักษณะ	ตัวอย่าง				
สี					
กลิ่น					
รส					
ลักษณะเนื้อ/ความใส					
การยอมรับโดยรวม					

เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลจากการทดลอง

ตารางที่ 31

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของ 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอล กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

สารยับยั้ง [1/]	ความเข้มข้น(%)	การยับยั้งสีน้ำตาล (%)				
		อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
		อุณหภูมิ 8 °ซ				อุณหภูมิห้อง
		1	2	3	4	1
4-HEX	0.01	-51.19	-41.88	-51.15	-78.10	-84.33
	0.03	74.39	-78.27	-68.61	-65.83	-79.44
	0.05	-1.88	-56.64	-77.29	-73.35	-82.33
AA	2.0	94.97	37.86	-10.75	-41.41	-66.29
	2.4	102.05	68.25	62.55	79.25	-29.55
	2.8	107.29	101.74	98.42	102.15	60.78
	3.2	106.59	152.69	102.64	94.91	86.73
	3.6	114.01	151.23	103.35	103.71	87.58
	4.0	144.12	108.37	104.36	108.03	104.46
	4.5	159.37	106.97	110.20	118.92	109.67
	5.0	166.70	112.42	101.58	105.57	109.64
CA	1.0	-31.51	-38.76	-30.53	-54.64	-70.08
	1.4	40.65	-29.84	-47.64	-51.05	-54.54
	1.8	30.79	-28.21	-74.55	-47.03	-53.16
	2.2	56.20	-18.26	-2.91	-51.57	-63.53
	2.6	35.54	-20.17	-15.4	-46.92	-67.13
	3.0	68.20	35.22	-17.48	-59.73	-72.32
	3.5	54.60	-41.50	-10.38	-14.10	-59.62
	4.5	61.54	18.97	-17.43	-49.59	-66.60
SMS	2.5	135.74	147.34	184.68	145.58	134.72
	3.0	104.03	102.10	161.72	131.56	124.14

หมายเหตุ : [1/] 4-HEX = 4-เฮกซิลเรซอร์ซินอล , AA = กรดแอสคอร์บิก, CA = กรดซิตริก , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 32

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

สารยับยั้ง [1] (%)	ความเข้มข้น(%)	การยับยั้งสีน้ำตาล (%)				
		อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
		อุณหภูมิ 8 °ซ				อุณหภูมิห้อง
		1	2	3	4	1
AA	4.0	168.15	152.97	120.44	145.17	103.84
	4.5	159.37	106.97	110.20	118.92	105.96
	5.0	166.70	112.42	101.58	105.57	107.78
CA	4.0	89.63	61.39	9.97	−36.66	−44.36
	5.0	80.72	69.58	50.72	19.27	11.38
	6.0	90.94	73.37	61.00	59.82	53.43
SMS	2.0	106.58	109.81	104.54	112.99	103.20
	2.5	107.09	129.26	127.61	129.65	128.37
	3.0	107.82	123.34	113.40	120.20	108.34

หมายเหตุ : [1] AA = กรดแอสคอร์บิก, CA = กรดซิตริก , SMS = โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 33

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก

สารยับยั้ง [1] /ความเข้มข้น (%)		การยับยั้งสีน้ำตาล (%)				
		อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
AA	CA	อุณหภูมิ 8 °ซ				อุณหภูมิห้อง
		1	2	3	4	1
2.50	1.25	69.45	61.95	54.10	95.22	21.46
	1.50	114.53	104.14	114.81	106.57	93.17
	2.00	107.25	85.70	83.06	80.21	74.48
	2.50	114.94	112.84	93.19	84.87	76.90
	3.00	122.46	131.64	107.65	108.01	104.89
	3.50	122.74	122.16	117.61	116.52	111.09
	4.00	133.61	92.90	88.29	54.13	20.95
3.00	1.25	103.43	86.24	86.89	71.91	10.58
	1.50	118.49	90.82	90.03	89.07	68.58
	2.00	119.69	89.56	95.13	87.39	58.37
	2.50	116.92	95.83	96.15	87.43	68.32
	3.00	104.54	99.12	91.24	89.60	103.27
	3.50	116.17	96.64	92.08	91.06	60.99
	4.00	128.87	103.01	106.20	88.77	33.38
3.50	1.25	106.63	108.05	98.76	89.96	69.26
	1.90	123.50	109.48	105.04	101.36	73.05
	2.00	110.71	118.88	92.39	94.25	54.58
	2.50	115.99	104.26	101.84	101.48	66.00
	3.00	124.49	108.94	112.17	112.00	94.90
	3.50	107.53	111.80	110.96	100.22	83.43
	4.00	122.92	121.08	119.08	115.88	78.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 33 (ต่อ)

สารยับยั้ง [1] /ความเข้มข้น (%)		การยับยั้งสีน้ำตาล (%)				
		อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
AA	CA	อุณหภูมิ 8 °ซ				อุณหภูมิห้อง
		1	2	3	4	1
4.00	1.25	106.11	84.69	97.03	96.12	66.46
	1.50	118.93	115.36	111.65	108.78	95.04
	2.00	96.91	109.87	86.96	97.5	49.88
	2.50	121.39	112.75	109.05	107.68	91.34
	3.00	120.78	125.54	115.45	110.33	103.33
	3.50	116.49	116.33	108.48	109.63	81.25
	4.00	137.51	131.47	121.72	107.25	87.73

หมายเหตุ : [1] AA = กรดแอสคอร์บิก, CA = กรดซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 34

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของโซเดียมอิริทอร์เบท

สารยับยั้ง [1/]	ความเข้มข้น (%)	การยับยั้งสีน้ำตาล (%) อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์) อุณหภูมิ 8 °ซ 1	2	3	4	อุณหภูมิห้อง 1
EA	3.5	11.25	−14.58	−5.69	−21.67	−84.85
	4.0	86.49	59.03	35.30	23.17	18.68
	4.5	74.54	66.14	58.50	18.54	13.83
	5.0	92.40	89.39	89.59	78.36	68.85
	5.5	101.50	104.98	87.34	86.25	68.14
	6.0	132.23	146.43	127.73	124.51	74.34
	6.5	137.00	146.96	154.76	134.34	71.47
	7.0	168.63	185.84	155.19	157.61	99.03

หมายเหตุ : [1/] EA = โซเดียมอิริทอร์เบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวน

ตัวอย่างการคำนวนเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ยกตัวอย่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของฟิล์มพลาสติกยืดในสัปดาห์ที่ 3

1. การหาค่า ΔL control

ซ้ำที่	L control 3 wk	L control initial	ΔL control
1	64.8	79.94	−13.66
2	65.8	78.13	−12.36
3	68.3	80.19	−9.86
4	70.3	80.83	−7.86
5	66.3	76.76	−11.86
6	65.9	73.08	−12.26
ค่าเฉลี่ย			**−11.26**

2. การหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของฟิล์มพลาสติกยืด (FW)

ซ้ำที่	L FW 3 wk	L FW initial	ΔL FW	%การยับยั้ง
1	75.00	80.17	−3.79	**66.34**
2	74.70	77.69	−4.09	63.68
3	77.00	79.89	−1.79	84.10
4	78.40	77.32	−0.39	96.54
5	76.10	80.27	−2.69	76.11
6	75.90	77.37	−2.89	74.33
ค่าเฉลี่ย				**76.85**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวนเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของมะพร้าวที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดซ้ำที่ 1

จาก % การยับยั้งที่เวลา t $= \frac{\Delta L \text{ control} - \Delta L \text{ treatment}}{\Delta L \text{ control}} \times 100$

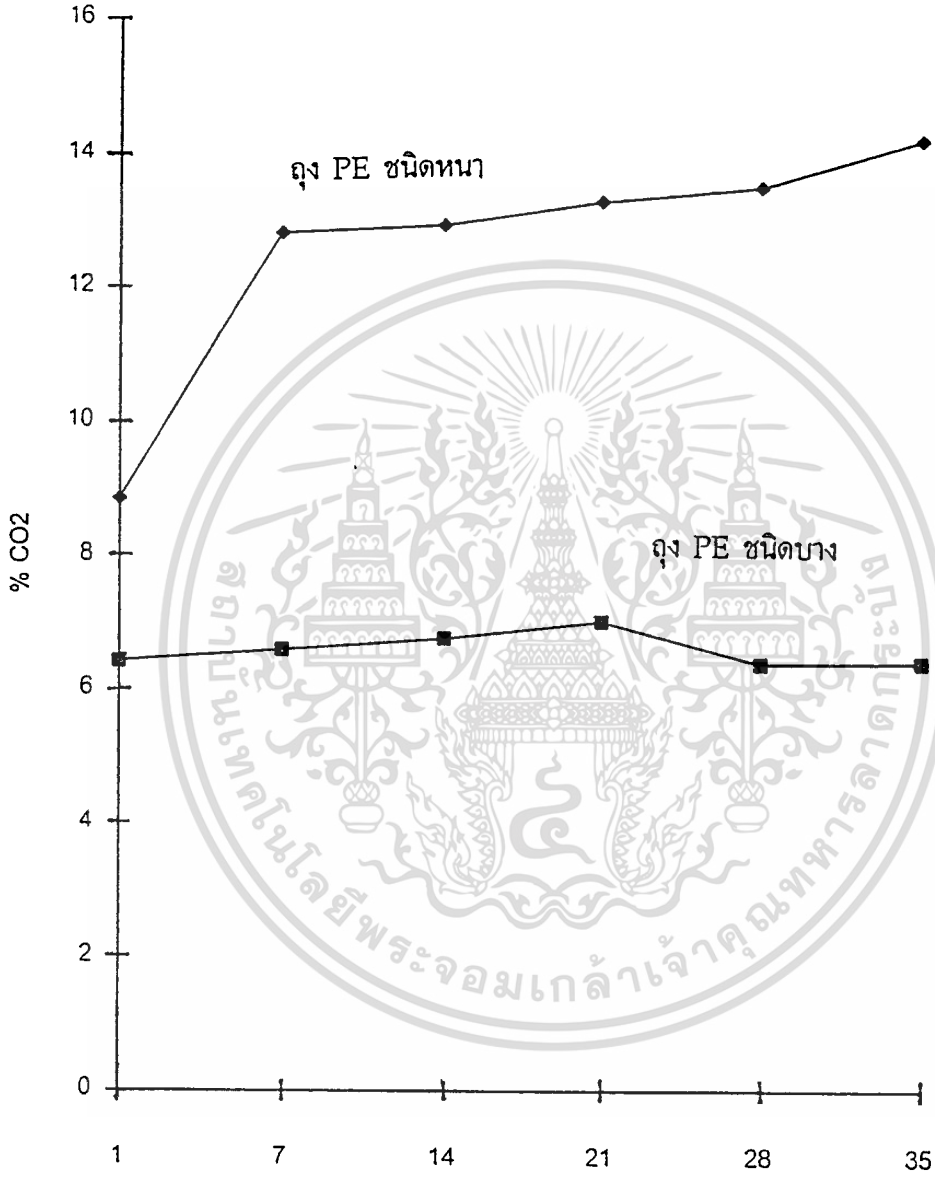
$= \frac{(-11.26) - (-3.79)}{(-11.26)} \times 100$

$= 66.34$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของมะพร้าวที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดซ้ำที่ 1 คือ 66.34 % และมีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเฉลี่ยจากมะพร้าวทั้ง 6 ซ้ำเป็น 76.85 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15



แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในภาชนะบรรจุมะพร้าวอ่อน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 8° ซ เป็นเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางประชิต อยู่หว่าง เกิดวันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2506 จบการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2529 ปัจจุบันรับราชการครูสังกัดสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้