ผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

EFFECT OF VINEGAR ON APPEARANCE OF FRESH – CUT MANGO CV. NAM DOK MAI.

ประภาทิพย์ พันธิวานนท์

PRAPATIP PHANTIVANONT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2013-AI-M-053-187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF VINEGAR ON APPEARANCE OF FRESH – CUT MANGO CV. NAM DOK MAI.

PRAPATIP PHANTIVANONT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

KMITL-2013-AI-M-053-187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2013

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effect of vinegar on appearance characteristic of fresh-cut mango cv. Nam Dok Mai

ชื่อนักศึกษา นางประภาทิพย์ พันธิวานนท์

รหัสประจำตัว 53680239

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ระจิตร สุวพานิช

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร	
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 22 พฤษภาคม 2556 เวลา 13.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 31 เดือน พ.ค. พ.ศ. 56

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค
นักศึกษา	นางประภาทิพย์ พันธิวานนท์
รหัสประจำตัว	53680239
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. ระจิตร สุวพานิช

บทคัดย่อ

มะม่วงน้ำดอกไม้ เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทยมีการส่งออกในรูปผลสดทั้งหมด ซึ่งมีปัญหาผลช้ำส่งออกไม่ได้ไกล เมื่อสุกผลมีสีเหลืองทอง มีรสชาติหอมหวานเป็นเอกลักษณ์ การแปรรูปโดยการตัดแต่งพร้อมบริโภคมักจะเกิดปัญหาการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเนื้อของผลไม้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาชนิดของน้ำส้มสายชูหมัก ความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยแช่เนื้อมะม่วงตัดแต่งในน้ำส้มสายชูหมัก 5 ชนิด คือ แอปเปิ้ล องุ่นแดง องุ่นขาว ผักรวม และข้าวโพด โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสของมะม่วงตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลและองุ่นแดงสูงที่สุด จากนั้นนำมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งมาแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล และองุ่นแดงที่ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 1 และ 2 นาที เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมด และค่า ΔE* ที่คำนวณได้จากการวัดสีในระบบ CIE L*a*b* จากผลการทดลองพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่น้ำส้มสายชูหมักทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงสี การแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งด้วยน้ำส้มสายชูหมักทั้ง 2 ชนิดที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่นาน 1 นาที นั้นส่งผลให้สีของมะม่วงตัดแต่งที่ตั้งทิ้งไว้ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่น้อยที่สุด และจากการศึกษาผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างรอเสิร์ฟ โดยวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ด้วยการนำมะม่วงที่ผ่านการแช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล 1 เปอร์เซ็นต์ 1 นาที ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในแต่ละชั่วโมงทั้งของตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่แช่น้ำส้มสายชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักจากแอปเปิ้ลไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) และจากการตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) พบว่าในตัวอย่างควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลสามารถช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of Vinegar on Appearance of Fresh – Cut Mango cv. Nam Dok Mai.
Student	Mrs. Prapatip Phantivanont
Student ID.	53680239
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2013
Thesis Advisor	Dr. Rachit Suwapanich

ABSTRACT

Mango (*Mangifera indica* L.), an important economic fruit of Thailand, is grown and cultivated across the countries. The ripe fruit has unique golden yellow flesh and good – aroma with sweet taste. The browning reaction and quick deterioration soon after peeling or cutting contribute poorer quality of the fresh-cut mango. The aim of this study was to solve the problems by the application of wine vinegar. In the experiment, fresh – cut ripe mango were dipped in five types of vinegars made from apple – cider, red wine, white wine, mixed vegetables and corn. The most acceptable treatmenst were fresh – cut mango dipped in either apple – cider or red wine vinegar. Therefore, fresh – cut mango samples dipped in both vinegars at the concentration of 1 and 2% for 1 and 2 minutes were dried at room temperature for 0, 1, 2 and 3 hrs. Then, physical and chemical properties of the fresh – cut sample including total soluble solid (%TSS), total titrable acid (%TA) and color (L*a*b* and ΔE*) were analyzed. The results showed that suitable treatment of the fresh – cut mango was dipped in 1% of apple – cider vinegar solution for 1 minute. The studied on effect of vinegar on appearance change of fresh – cut mango cv. Nam Dok Mai by measuring activities of the enzyme polyphenol oxidase (PPO) and the quantity of total microorganism. The fresh – cut mango dipped in both vinegars at the concentration of 1% for 1 minute (the most acceptable for test panels) were stored at room temperature for 1, 3, 5 and 7 minutes. The results showed that PPO activity of fresh – cut mango dipped in apple – cider vinegar was non significant ($p>0.05$) compared with the control (non – treated fresh – cut mango). In addition, total microorganism in the control sample significantly increased ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

compared with that dipped in apple – fermented vinegar. Therefore, the apple – cider vinegar can reduce microorganism on fresh – cut mango.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ระจิตร สุวพานิช อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี รวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขงานในหลายๆ ด้านที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย และการได้รับโอกาสดีๆ หลายๆ อย่างที่ข้าพเจ้าได้รับมาเป็นความรู้และประสบการณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ผศ. ดร.ยุพร พืชกมุทร และ รศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่บกพร่องในงานวิจัยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น รวมไปถึงขอขอบพระคุณ ดร.ระจิตร สุวพานิช ที่ให้คำแนะนำการทำวิจัยทางด้านการวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

ขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยดูแลอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและสารเคมี รวมทั้งพี่ๆ และเพื่อนๆ นักศึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ ใส่ใจ และให้โอกาสทางด้านการศึกษา ประโยชน์ทั้งหมดที่รับจากงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากทุกท่านที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างมาก

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ผอ.วสุมดี อิ่มแก้ว ผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา และสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มอบทุนการศึกษาในระดับปริญญาโทหลักสูตรต่อเนื่อง 2 ปี ภายใต้แผนปฏิบัติการไทยเข้มแข็ง (sp 2) ตามโครงการพัฒนาสมรรถนะครู และบุคลากรอาชีวศึกษา เป็นอย่างยิ่ง

นางประภาทิพย์ พันธิวานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…….. I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……. III

กิตติกรรมประกาศ…….. V

สารบัญ……... VI

สารบัญตาราง……... VIII

สารบัญภาพ…… IX

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา…… 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย…… 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย…… 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ……..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง…… 4

2.2 น้ำส้มสายชูหมัก…… 5

2.3 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล……... 7

2.4 การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล…… 9

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……... 13

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ…… 17

3.2 อุปกรณ์……..... 17

3.3 สารเคมี…… 18

3.4 สถานที่ดำเนินงาน……... 18

3.5 วิธีการดำเนินงาน……. 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาชนิดของน้ำส้มสายชูหมักที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค..... 21

4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีและการยอมรับของผู้ทดสอบของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค..... 22

4.3 ผลของการแช่น้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างรอการเสิร์ฟของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค..... 32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 31

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 31

บรรณานุกรม..... 32

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก..... 37

ภาคผนวก ข..... 42

ภาคผนวก ค..... 45

ภาคผนวก ง..... 46

ประวัติผู้วิจัย..... 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 4.1 ผลการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชนิดของน้ำส้มสายชูหมักที่ใช้ในการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่ง..... 21

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่ในน้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ ที่เวลา 0 ชั่วโมง..... 23

ตารางที่ 4.3 ค่า ΔE* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง…….. 26

ตารางที่ 4.4 ผลการยอมรับของผู้ทดสอบต่อมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิด โดยใช้วิธี 5 – point hedonic scale ……... 31

ตารางที่ 4.5 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด…….. 27

ตารางภาคผนวก ข-1 ค่า L* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง..... 42

ตารางภาคผนวก ข-2 ค่า a* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง..... 43

ตารางภาคผนวก ข-3 ค่า b* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้	5
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของกรดอะซิติก	6
ภาพที่ 2.3 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์และการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของรีดิวซิงเอเจนต์	7
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของกรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์	10
ภาพที่ 2.5 ปฏิกิริยาการผันกลับของกรดแอสคอร์บิกและกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก	11
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล (4-Hexylresorcinol)	13
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อชนิดน้ำส้มสายชูหมักที่ใช้ในการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่ง	22
ภาพที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ	24
ภาพที่ 4.3 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ	24
ภาพที่ 4.4 คะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิด	28
ภาพที่ 4.5 มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่น้ส้มสายชูหมักและชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพื่อรอเสิร์ฟเป็นเวลา 7 ชั่วโมง	30
ภาพภาคผนวกที่ ง-1 การจัดเตรียมตัวอย่างในการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส	46
ภาพภาคผนวกที่ ง-2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของไทย และมีการปลูกในทุกภาคของประเทศ ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมาแล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งบริโภคภายในประเทศ และส่งไปจำหน่ายต่างประเทศโดยปริมาณการส่งออกมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี การใช้ประโยชน์ผลมะม่วงแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มะม่วงบริโภคผลสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน มะม่วงบริโภคผลดิบ เช่น เขียวเสวย แรด หนองแซง พิมเสนมัน และสำหรับใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม เช่น แก้ว สามปี ตลับนาค (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2545)

มะม่วงจัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit หมายถึง ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวเมื่อแก่จัดและนำมาบ่มให้สุกได้ โดยระหว่างการสุกจะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นมากมาย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง ทำให้ระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น จึงมักเน่าเสียก่อนนำไปวางจำหน่าย (กรมวิชาการเกษตร, 2550) นอกจากนี้เมื่อผลมะม่วงสุก ยังทำให้เกิดปัญหาการสูญเสียระหว่างขนส่ง สาเหตุเนื่องจากการนิ่มลงของมะม่วง ทำให้ช้ำได้ง่ายจึงมีอายุในการวางจำหน่ายสั้นลง ส่งผลให้มะม่วงไม่สามารถส่งออกได้ในระยะทางที่ไกล (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2551)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค ได้แก่ สายพันธุ์ ระยะความสุก ขั้นตอนปฏิบัติระหว่างการตัดแต่งมะม่วง และวิธีการเก็บรักษา ซึ่งปัจจัยทั้งหมดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค พันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการนำมาทำเป็นมะม่วงตัดแต่ง ควรเป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณเนื้อมาก เมล็ดลีบ เนื้อมีเสี้ยนน้อย สุกมีเนื้อ และกลิ่นหอม แต่ในทางปฏิบัติจะเก็บเกี่ยวมะม่วงที่มีความแก่ทางการค้า ซึ่งขึ้นกับพันธุ์มะม่วง หลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา มีการผลิตเอทธิลีน และเข้าสู่กระบวนการสุก ระยะที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคของมะม่วงพันธุ์ “Tommy Atkins”, “Haden” และ “Palmer” คือ ระยะห่าม (half ripe) เนื้อมะม่วงมีสีเหลือง มะม่วงที่สุกเกินไปจะเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเร็วกว่ามะม่วงที่ยังสุกไม่เต็มที่ Tovar *et al.* (2000) รายงานว่า เนื้อมะม่วงพันธุ์ Kent (ระยะห่าม) ภายหลังการตัดแต่งแล้วเนื้อมะม่วงยังคงมีกระบวนการสุกเกิดขึ้น แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเข้าสู่กระบวนการสุกจะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์เท่าการสุกของผลมะม่วง ระยะการสุกที่เหมาะสมของมะม่วงในการนำมาตัดแต่งควรมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ระหว่าง 13 – 16 องศาบริกซ์(Allong *et al*., 2000) มีค่าความแน่นเนื้อ 13 – 27 นิวตัน (ขึ้นกับสายพันธุ์มะม่วง) (Rattanapanone *et al*., 2001) จะได้มะม่วงตัดแต่งที่มีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ในประเทศไทยนิยมนำมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมาบริโภคเสิร์ฟคู่กับข้าวเหนียวมูล ซึ่งจัดเป็นอาหารหวาน หรือของหวานไทย ที่มีรสชาติหอม หวาน อร่อย เป็นที่นิยมของคนไทยและชาวต่างชาติ แต่การเสิร์ฟข้าวเหนียวมะม่วงมักจะประสบปัญหา ระหว่างรอเสิร์ฟซึ่งเป็นช่วงเวลา 1 – 3 ชั่วโมง ปัญหาที่เกิดคือมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่วางคู่กับข้าวเหนียวมูลนั้น บริเวณผิวของเนื้อมะม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และแห้ง ทำให้ไม่น่ารับประทาน ผู้วิจัยมองเห็นถึงปัญหาในเรื่องนี้จึงคิดหาวิธีเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อลักษณะปรากฏของมะม่วงระหว่างการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เนื่องจากน้ำส้มสายชูหมักสามารถหาได้ง่าย เป็นสารธรรมชาติ มีความเป็นกรดซึ่งสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Ramos *et al*., 2007)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดของน้ำส้มสายชูหมัก ที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

1.2.2 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูหมัก และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล และปริมาณจุลินทรีย์ ในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างรอการเสิร์ฟ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบผลของน้ำส้มสายชูหมัก ต่อลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยคัดเลือกมะม่วงน้ำดอกไม้พันธุ์สีทองจากซุปเปอร์มาเกต ที่มีน้ำหนักของผลประมาน 350 กรัม และมีค่าความหวานอยู่ระหว่าง 13 – 16 องศาบริกซ์ และเลือกชนิดของน้ำส้มสายชูหมักมา 5 ชนิด เพื่อทดลองน้ำส้มสายชูให้เหลือเพียง 2 ชนิดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยใช้วิธี 5 – point hedonic scale จากนั้นเตรียมน้ำส้มสายชูทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และนำมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมาแช่เป็นเวลา 1 และ 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำไปประเมินค่าทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 5 – point hedonic scale จำนวน 50 คน ประเมินการเกิดสีน้ำตาลโดยการวัดค่าสี วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ แล้วนำไปศึกษาผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างรอเสิร์ฟ โดยการวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงชนิดน้ำส้มสายชูหมักที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

1.4.2 ทราบปริมาณความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูและเวลาที่เหมาะสมในยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

1.4.3 ทราบระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่น้ำส้มสายชูหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง

มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L. cv. Nam Dok Mai) เป็นมะม่วงประเภทรับประทานสุกมีผู้นิยมปลูกกันมาก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ใบใหญ่เป็นคลื่น ทรงพุ่มโปร่ง ส่วนมากมีนิสัยในการออกดอกทะวาย ออกดอกดก ติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลมีขนาดใหญ่ หนักประมาณ 400 กรัม ผลอ้วนเกือบกลม หัวใหญ่ปลายแหลม ผลค่อนข้างยาว เนื้อมาก เมล็ดเล็ก มีผิวบาง เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวนวลเนื้อแน่น เมื่อผลสุกมีผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียด มีเสี้ยนน้อย เมล็ดลีบ รสหวาน (จึงเหมาะแก่การทำมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค) มะม่วงน้ำดอกไม้มีเปลือกบางจึงช้ำได้ง่าย และไม่ค่อยต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส อายุตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่ประมาณ 115 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่ายสามารถตอบสนองต่อการบังคับให้ออกก่อนฤดูได้เป็นอย่างดี และเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ พันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน คือ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทอง (บ้านมะม่วง, 2546)

ปริมาณการผลิตของมะม่วงมี 1-1.4 ล้านตัน ปริมาณการส่งออก 12,206 ตัน คิดเป็นมูลค่า 547.73 ล้านบาท พันธุ์ที่นิยมส่งออกได้แก่ เขียวเสวย หนังกลางวัน โชคอนันต์ น้ำดอกไม้ แรด และอกร่อง โดยตลาดส่งออกมะม่วงที่สำคัญของประเทศ ได้แก่ มาเลเซีย ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย สิงคโปร์ ฮ่องกง ไต้หวัน ออสเตรเลีย และจีน นอกจากนี้ปัจจุบันยังมีการส่งออกไปยังทวีปยุโรป สหรัฐอเมริกา แคนาดา (สมรลักษณ์ แจ่มแจ้ง, 2550) ซึ่งยังมีการส่งออกในปริมาณน้อย เนื่องจากเป็นระยะทางที่ไกล และค่าขนส่งทางอากาศสูง มะม่วงที่ส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศส่วนใหญ่เป็นมะม่วงชนิดรับประทานผลสุก โดยเฉพาะมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มะม่วงสุกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีภายในอย่างรวดเร็วซึ่งส่งผลต่อการยอมรับในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค การส่งออกมะม่วงในปัจจุบันมีข้อกำหนดแตกต่างกันตามข้อกำหนดของประเทศคู่ค้า ปัจจุบันมะม่วงของไทยส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นได้ 4 พันธุ์คือน้ำดอกไม้ พิมเสน แรด และหนังกลางวัน สำหรับข้อกำหนดในการส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่นมะม่วงต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงเกษตรและประมงของญี่ปุ่น โดยต้องผ่านขั้นตอนการอบไอน้ำเพื่อป้องกันเชื้อราแมลงวันทองและโรคพืชอื่นๆ จากกรมวิชาการเกษตรร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิขณะขนส่งเพื่อชะลอการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงต่างๆ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (Sapayasarn *et al*., 2008)

ภาพที่ 2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้

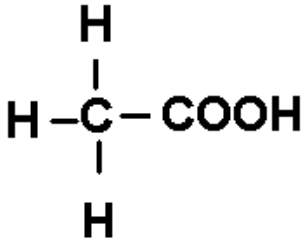
ที่มา : พุทธรักษา ทัศนศร (2554)

2.2 น้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) เป็นของเหลวใสซึ่งอาจจะไม่มีสีหรือมีสีของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก น้ำส้มสายชูหมักโดยธรรมชาติยังมีกรดชนิดอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น tartaric acid และ citric acid ซึ่งมีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 2-3.5 คำว่า vinegar มาจากคำว่า vin aigre เป็นภาษาฝรั่งเศส แปลว่าไวน์เปรี้ยว เพราะน้ำส้มสายชูในสมัยเริ่มต้น ได้จากการหมักเอทธิลแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม Acetobacter และ Gluconobacter ให้ได้กรดน้ำส้ม (actetic acid) ซึ่งมีรสเปรี้ยว (นิธิยา รัตนาปนนท์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2556)

กรดอะซิติก (acetic acid) หรือกรดน้ำส้ม เป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) ประเภทกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) มีสูตร CH_3COOH การใช้กรดอะซิติกในอาหารใช้เพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร หรือเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เช่น เพื่อการปรับให้อาหารเป็นกรด เรียกว่า อาหารปรับกรด (acidified food) เป็นสารกันเสีย (preservative) โดยควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของกรดอะซิติก

ที่มา : นิธิยา รัตนาปนนท์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (2556)

2.2.1 ประเภทของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูจัดเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู ประเภทของน้ำส้มสายชูนั้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1.น้ำส้มสายชูหมัก คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมัก เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวข้าวโพด ผลไม้ เช่น สับปะรด แอปเปิ้ล หรือกากน้ำตาล (molass) วัตถุดิบที่มีน้ำตาล (sugar) เช่น ผลไม้ต่างๆ เป็นอาหารของยีสต์ได้โดยตรง ส่วนวัตถุดิบที่มีสตาร์ซ (starch) เช่น ข้าวจะต้องเปลี่ยนเป็นโมเลกุลของน้ำตาลก่อน การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก เป็นการหมักสองขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) โดยใช้ยีสต์ (yeast) ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดอะซิกติก (acetic acid fermentation) ด้วยแบคทีเรียในกลุ่มAcetobacter และ Gluconobacter ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูที่หมักจะใส ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมตามกลิ่นของวัตถุดิบ มีรสชาติดี มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้าง มีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก และมีปริมาณกรดน้ำส้ม (acetic acid) ไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

2. น้ำส้มสายชูกลั่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอทธิแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (Dilute Distilled Alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู หรือเมื่อหมักแล้วนำไปกลั่น (distillation) หรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น น้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีลักษณะใส ไม่มีตะกอนและมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

3. น้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้ม (acetic acid) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นทางเคมี เป็นกรดอินทรีย์มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีความเข้มข้นประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ มาเจือจางจนได้ปริมาณกรด 4 – 7 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะใส ไม่มีสี กรดน้ำส้มที่นำมาเจือจางจะต้องมีความบริสุทธิ์สูง เหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหารได้ และน้ำที่ใช้เจือจางต้องเหมาะสมที่จะใช้ดื่มได้

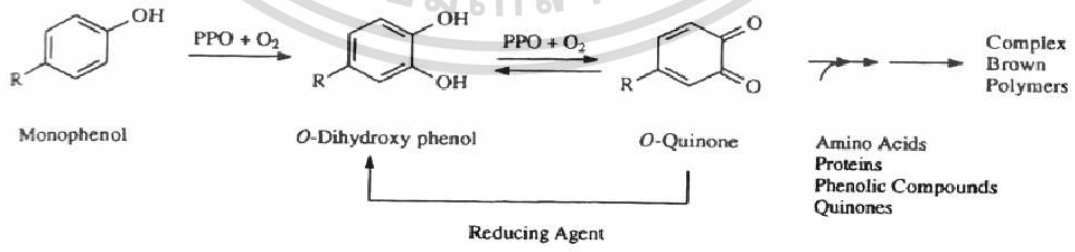
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction)

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์ (enzymatic browning) และการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีปฏิกิริยาเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non-enzymatic browning)

2.3.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์ เป็นปัญหาสำคัญที่พบในผักผลไม้สดและน้ำผลไม้ มากกว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปจะทำให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์เสียไปได้ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืช เมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกล เช่นการปอกเปลือกหรือการหั่น เป็นชิ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจน ในอากาศ และมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็น ออร์โท-ไดฟีนอล (*o*-diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อให้เป็นออร์โท-ควิโนน (*o*-quinine) เอนไซม์ PPO อาจมีชื่อ เรียกว่าโพลีฟีนอลเลส ฟีนอเลส ไทโรซิเนส ออร์โท-ไดฟีนอลออกซิเดส (*o*-diphenoloxidase) หรือแคทีคอลออกซิเดส (catechol oxidase) ควิโนนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (polymerization) กับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.3 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์และการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของรีดิวซิงเอเจนต์
ที่มา : Sapers (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในผักและผลไม้คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์ และสารประกอบฟีนอลที่เป็นสับสเตรท ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจน และอุณหภูมิ เป็นต้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) สับสเตรทที่ถูกออกซิไดส์ได้ด้วยเอนไซม์ PPO ได้แก่ สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในพืชซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่น แอนโทไซยา-นิดินกลูโค แอนโทไซยานิดิน ฟลาโวนอล แคทีคอล กรดคาเฟอิก กรดคลอโรจินิก แคตีชิน เอสเทอร์ของกรดซินนามิก 3,4-ไดไฮดรอกซีฟีนิลอะลานีน (3,4 dihydroxy- phenylalanine หรือ DOPA) และไทโรซีน พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานเอนไซม์ PPO อยู่ในช่วงพีเอช 5-7 เอนไซม์นี้ไม่ค่อยคงตัว ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน และถูกยับยั้งได้ด้วยกรดแฮไลด์ (halides) กรดฟีนอลซัลไฟต์ คีเลติงเอเจนต์ (chelating agents) และรีดิวซิงเอเจนต์ เช่น กรดแอสคอร์บิก และซีสเทอีน เป็นต้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เมื่อเกิดขึ้นในอาหารจะทำให้อาหารมีสีเปลี่ยนไป และยังทำให้รสชาติของอาหารบางชนิดเปลี่ยนแปลงไปด้วย อาหารจึงมีคุณภาพลดลง ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคการควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์นี้ทำได้หลายวิธีจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิดตัวอย่าง เช่น

1. ใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ PPO หรือฟีนอเลส เช่นการลวกผักด้วยไอน้ำ
2. ใช้สารเคมียังยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO หรือฟีนอเลส
3. เติมสารรีดิวซิงเอเจนต์ เช่นกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้นประมาณ 0.1 - 0.3 เปอร์เซนต์
4. กำจัดออกซิเจนโดยใช้ภาชนะบรรจุที่อากาศผ่านเข้าออกไม่ได้หรือลดความดันของอากาศให้ต่ำกว่า 380 ทอร์ (torr) หรือเก็บรักษาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนต่ำมากๆ
5. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสับสเตรทที่มีอยู่ตามธรรมชาติ

2.3.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารทุกชนิดได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) และมีการรวมตัวกัน (condensation) ของหมู่อะมิโนกับสารประกอบรีดิวซิง และพัฒนาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล และน้ำตาลแดง ทำให้อาหารมีกลิ่นและรสชาติเฉพาะ การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของอาหารแต่ละชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้มีทั้ง สี กลิ่น และรสชาติเกิดขึ้นแตกต่างกัน ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง และจะผันแปรตามระยะเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์สามารถจำแนกย่อยออกได้เป็น 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเกิดคาราเมไลเซชัน (caramelization)

การใช้ความร้อนสูงสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก (thermolysis) และเกิดพอลิเมอไร-เซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสีน้ำตาล โดยปฏิกิริยานี้สารเริ่มต้น คือ น้ำตาล การเกิดคาราเม-ไรเซชัน เช่น การเผาน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำจะถูกกำจัดออกโดยปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน ได้สารประกอบใหม่ ซึ่งมีพันธะคู่ และเป็นวงแหวน (anhydro ring)

2. การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction)

เมื่อน้ำตาลแอลโดสหรือคีโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซิงได้รับความร้อนในภาวะที่มีน้ำกับเอมีน ทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ ซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติอาหาร โดยน้ำตาลรีดิวซิงจะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปรตีนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine) จากนั้นเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ขั้นตอนของปฏิกิริยาเมลลาร์ด มีดังนี้

1. น้ำตาลรีดิวซิงรวมตัวกับหมู่อะมิโนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน

2. เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันได้เป็นอิมีน (imine หรือ Schiff base) และมีการเรียงตัวใหม่เรียกว่า Amadori rearrangement ได้เป็นแอลโดสเอมีน (aldoseamine) หรือคีโตสเอมีน เรียกว่า Amadori product เช่น 1-amino-1-deoxy-D-fructose

3. เกิดปฏิกิริยา enolization ของ Amadori product ได้เป็นไดคีโตสเอมีน หรือ ไดอะมิโนชูการ์ เช่น 3-deoxyhexosulose

4. เกิดดีไฮเดรชันต่อได้อนุพันธ์ของฟูแรน เช่น 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde : HMF

2.4 การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

วิธีการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสสามารถทำได้หลายวิธี ที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร คือ การใช้สารเคมี โดยเฉพาะสารประกอบซัลไฟต์ แต่สารชนิดนี้เป็นสารที่ต้องควบคุมปริมาณการใช้ เพราะมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคบางคน โดยสามารถทำให้เกิดอาการหอบหืด และอาการแพ้อย่างรุนแรงได้

สารประกอบซัลไฟต์เป็นสารที่ใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่มีประสิทธิภาพดีมากเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีความสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมอาหารมาก และในขณะเดียวกันยังช่วยยืดอายุการเก็บของอาหาร และช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารอีกหลายชนิด ที่สำคัญคือมีราคาถูกมาก

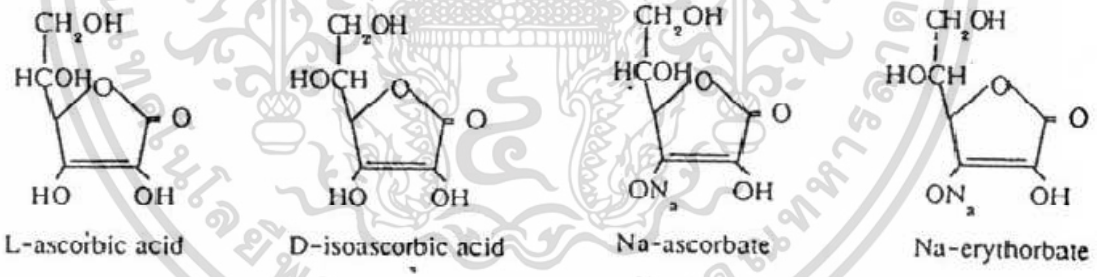
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) ซึ่งได้มีการนำมาใช้ในรูปต่างๆ เช่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) รวมทั้งเกลือในรูปของโพแทสเซียมด้วยนิยมเรียกสารประกอบในกลุ่มนี้ว่า "Sulfiting agents" (สายสนม ประดิษฐดวง, 2546)

สารประกอบซัลไฟต์เป็นสารเคมีที่ไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงได้มีความพยายามในการหาสารที่สามารถให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับสารประกอบซัลไฟต์ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และในขณะเดียวกันต้องปลอดภัยต่อผู้บริโภค มีราคาถูกมาใช้แทนสารประกอบซัลไฟต์ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) โดยตัวอย่างของสารที่ได้มีการทดลองนำมาใช้แทนสารประกอบซัลไฟต์ได้แก่

2.4.1 กรดแอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) หรือวิตามินซี

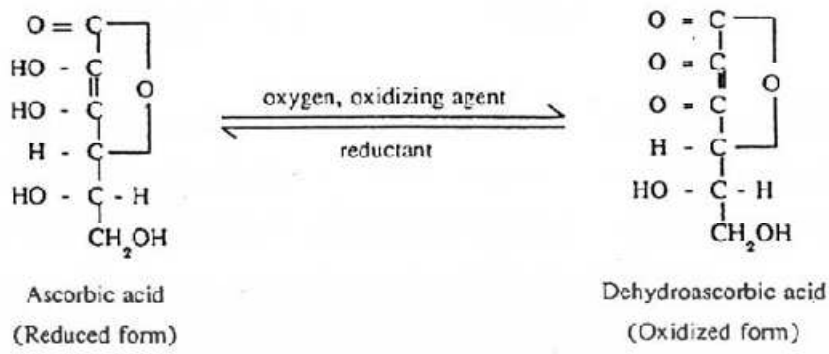
สารที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง โครงสร้างประกอบด้วย Steriochemical isomer อีก 3 ชนิด แต่มีไอโซเมอร์เพียงชนิดเดียวที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารคือ D-isoascorbic acid หรือ Erythorbic acid



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของกรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์
ที่มา : มณฑาทิพย์ ยุ่นเจริญ (2539)

กรดแอสคอร์บิก อาจเป็นสารที่ใช้แทนซัลไฟต์ที่รู้จักกันดีที่สุด เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะกรดแอสคอร์บิกสามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารโพลีฟีนอล ด้วยการกระทำของ PPO ให้กลับมาอยู่ในรูปสารประกอบฟีนอลตามเดิมก่อนที่สารควิโนนจะทำปฏิกิริยาต่อไป จนกลายเป็นสารสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ปฏิกิริยาการผันกลับของกรดแอสคอร์บิกและกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก
ที่มา : มณฑาทิพย์ ยุ่นเจริญ (2539)

เมื่อกรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดส์จนกลายเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (Dehydroascorbic acid; DHAA) ทั้งหมดแล้ว สารควิโนนก็จะเกิดสะสมมากขึ้นและดำเนินปฏิกิริยาไปจนเป็นสารสีน้ำตาลได้และอีกอย่างคือตัว DHAA เองสามารถเกิดปฏิกิริยาให้ สารสี มีการใช้กรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์ของมันคือ กรดอีริทอร์บิก (D-isoascorbic or erythorbic acid) ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในผลไม้สดและแช่แข็ง โดยเติมกรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์ของมันลงในน้ำเชื่อมหรือเตรียมเป็นสารละลายสำหรับเคลือบผลไม้ (ประสาร สวัสดิ์ชิตัง, 2538) โดยกรดแอสคอร์บิกและอีริทอร์เบตนั้นมีประสิทธิภาพในการเป็นสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้คล้ายกันแต่อีริทอร์เบตไม่มีคุณสมบัติเป็นวิตามินซีเท่านั้น (Borenstein, 1965;Sapers and Ziolkowski, 1987) การใช้กรดแอสคอร์บิกที่มีความเข้มข้นสูงๆ นั้นจะสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ (Vamos, 1995) นอกจากนี้ยังมีการใช้ร่วมกับกรดซิตริกหรือเกลือแคลเซียมฟอสเฟต โซเดียมคลอไรด์ ซีสเทอีน หรือสารกันเสีย เช่น โซเดียมเบนโซเอท หรือโพแทสเซียมเบนโซเอท รวมทั้งมีการใช้ระบบสุญญากาศช่วยดูดอากาศออกจากช่องว่างของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สารละลายของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลกระจายอย่างทั่วถึงผลิตภัณฑ์ (ประสาร สวัสดิ์ชิตัง, 2538)

2.4.2 กรดอะมิโนที่ประกอบด้วยหมู่ซัลฟิไฮดริล (Sulfhydryl-containing amino acid)

กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบสามารถช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้สดได้ดีมากและได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแอปเปิ้ลสดตัดแต่ง มันฝรั่งปอกเปลือก ลิ้นจี่ และน้ำผลไม้อย่างแพร่หลาย (George *et al.*, 1999;Gunes and Lee, 1997;Jiang and Fu, 1998; McEvily *et al.*, 1992) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาการใช้ซีสเทอีนในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

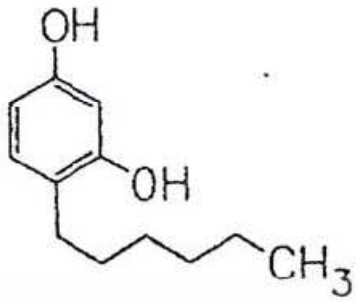
ซีสเทอีนเป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล พบว่าซีสเทอีน สามารถทำปฏิกิริยากับควิโนน ซึ่งเป็นสารตัวกลางที่เกิดจากการออกซิเดชันของโพลีฟีนอล โดยมีโพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่ง ทำให้ได้สารประกอบที่คงตัว และไม่มีสี จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหาร (Dudley and Hotchkiss, 1989) โดยซีสเทอีนสามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ด้วย (Robert *et al*., 1996) และสามารถยับยั้ง การเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ตัดแต่งได้ (Senesi and Pastine, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ซีสเทอีนในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้ (Gunes and Lee, 1997)

ซีสเทอีนจึงเป็นกรดอะมิโนที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้แทนสารประกอบซัลไฟต์ (Saper, 2002) และอนุญาตให้มีการใช้ในทางการค้าได้เนื่องจากภายในโครงสร้างของซีสเทอีนมีอะตอมของซัลเฟอร์อยู่โดยหมู่ซัลไฮดริล (-SH) ในโครงสร้างจะสามารถจับกับหมู่คาร์บอนิลทำให้สารคาร์บอนิลไม่ถูกเปลี่ยนเป็นสารสีน้ำตาลในปฏิกิริยาการเกิด maillard reaction

2.4.3 กรดซินนามิค (cinnamic acid) และกรดเบนโซอิค (benzoic acid)

ให้ผลในการยับยั้งดีมากเมื่อใช้ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก ในผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิ้ล และเมื่อเติมในรูปของ sodiumcinnamate (CINN) สามารถยับยั้ง PPO ได้ทั้งแบบ competition และ non-competition ขึ้นอยู่กับชนิดของสับสเตรท แต่ก็มีปัญหาในการใช้เพราะบางครั้ง (CINN)- ก่อให้เกิดสีน้ำตาลได้อาจเนื่องจาก (CINN)- ถูกเปลี่ยนไปเป็น PPO substrate โดย cinnamate-hydroxylase และเอนไซม์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอล และพบว่า กรดโกจิค (kojic acid) ที่ได้จากเชื้อรามีคุณสมบัติในการไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟี- นอลออกซิเดส โดยจะไปขัดขวางการรับออกซิเจนของโพลีฟีนอลออกซิเดส และยังรีดิวซ์ สาร*ออโท*-ควิโนนไปเป็นสารไดฟีนอลทำให้ไม่สามารถสร้างสารสีน้ำตาล (ประสาร สวัสดิ์ชีตัง, 2538) 4-เฮกซิลเรโซซินอล (4-Hexylresorcinol) เป็นสารที่ใช้ในการยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของกุ้งสด และยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้บางชนิด โดยมีชื่อทางการค้าว่า EverfreshTm (McEvily *et al*., 1991; Monsalve *et al*., 1993;Luo and Barbosa, 1997) ซึ่งอนุพันธุ์ของ resorcinol เป็นสารประกอบ*เมตา*-ไดฟีนอล (*m*-diphenols) ซึ่งจะไปยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขัน (competition inhibitor) กับ PPO เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายกับฟีนอลิกที่เป็นสารตั้งต้นโครงสร้างของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล โดยส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) ในตำแหน่งที่ 4 ของ Aromatic resorcinol ring เช่น Hexyl Dodecyl และCyclohexyl จะเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้ง PPO (Monsalve *et al*., 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล (4-Hexylresorcinol)

ที่มา : Kleemann *et al.* (1999)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คมจันทร์ สรงจันทร์ และ เบญจมาส รัตนชินกร (2550) ศึกษาผลของระยะการสุก และอุณหภูมิต่อคุณภาพการ เก็บรักษาของเนื้อมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค จากการทดลองเพื่อศึกษาระยะการสุกและอุณหภูมิ ในการเก็บรักษาต่ออายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้พร้อมบริโภค โดยนำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองดิบมาคัดแยก โดยการลอยน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 3 แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนได้ระยะห่ามและสุก หลังจากนั้นนำผลมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วย Clorox ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 นาน 5 นาที แล้วปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้นครึ่งผลบรรจุ ในถาดพลาสติกมีฝาปิดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพ ทุก 2 วัน เป็นเวลา 10 วัน ผลการทดลองพบว่าเนื้อมะม่วงตัดแต่งที่เตรียมจากมะม่วงห่ามจะเก็บรักษาที่ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียสได้นานประมาณ 10, 8 และ 4 วันตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกเก็บรักษาที่ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียสได้นานประมาณ 10, 6 และ 2 วันตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานกว่านี้เนื้อมะม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ

คมจันทร์ สรงจันทร์ และคณะ (2550) ศึกษาผลของกระบวนการ heat treatment ต่อคุณภาพมะม่วงสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการอบด้วยไอน้ำร้อนตามกรรมวิธีมาตรฐานที่ส่งออกไปญี่ปุ่น หรือจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และผลมะม่วงที่ไม่ผ่านกระบวนการ heat treatment (Control) มาวางที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนกระทั่งผลสุกแล้วจึงนำผลมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำผสม Clorox ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นครึ่งผล บรรจุในถาดพลาสติก polyvinylchloride มีฝาปิดในตัว แล้วจึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพทุก 2, 4, 6, 8,และ 10 วัน ผลการทดลองพบว่าเนื้อมะม่วงตัดแต่งที่เตรียมจากผลมะม่วงที่ผ่านกระบวนการ heat treatment ทั้ง 2 วิธีคือ อบด้วยไอน้ำร้อนหรือจุ่มน้ำร้อน เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณผิวช้ากว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านกระบวนการ heat treatment ประมาณ 2 วัน แต่อย่างไรก็ตาม มะม่วงที่ผ่านกระบวนการ heat treatment บางผลมีอาการเนื้อด้านในส่วนที่ติดกับเมล็ดเป็นสีดำ หรือเกิดช่องว่างในเนื้อส่วนใกล้กับเมล็ด ทำให้คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับเนื้อมะม่วงทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 4 วัน

ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตร์ และ กฤษณ์ สงวนพวก (2550) ได้ศึกษาผลของกรดอินทรีย์ต่อการเกิดสีน้ำตาลและคุณภาพของกะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยศึกษาผลของกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดซิตริกและกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 0.25 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเกิดสีน้ำตาล และคุณภาพของกะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ากรดซิตริกและกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของสีกะหล่ำดอก (รักษาค่าความสว่าง;L*) การสูญเสียน้ำหนักสด และสามารถลดปริมาณยีสต์และรา แบคทีเรียโคลิฟอร์ม และเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีกว่ากะหล่ำดอก ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในน้ำกลั่น โดยการจุ่มกะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.25 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการคล้ำของสีดอก และชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามกะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซนต์ มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่ากะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซนต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ (2552) ศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่ง โดยการใช้สารป้องกันการเกิดสี น้ำตาล 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม carboxylic acids ประกอบด้วย citric acid, malonic acid, oxialic acid และ tartaric acid และกลุ่ม sulfur-containing amino acids ประกอบด้วย cysteine, glutathione และ N- acetylcysteine ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับ น้ำกลั่นและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในทางการค้าเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลบนผิวมะพร้าว พบว่าการแช่ oxalic acid, glutathione และ N- acetylcysteine มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและสามารถ ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะพร้าวได้ดีกว่าการแช่ในน้ำกลั่น แต่อย่างไรก็ตาม การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด จากนั้นนำเปลือกมะพร้าวมาแช่ใน oxalic acid, glutathione และ N-acetylcysteine โดยปรับระดับความเข้มข้นเป็น 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า N-acetylcysteine ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาล และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีบนชิ้นเปลือกมะพร้าวได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ N-acetylcysteine ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ไปทำการศึกษาต่อร่วมกับการหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ความหนา 13 ไมโครเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วย้ายไปเก็บรักษาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่าการแช่ผลมะพร้าวตัดแต่งใน N-acetylcysteine ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และหุ้มด้วยฟิล์ม PVC สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เพียงช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 6-7 วัน หลังจาก นั้นส่งผลในการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าการยับยั้ง ในขณะที่การแช่ผลมะพร้าวใน N-acetylcysteine ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่า แต่ไม่เท่ากับการแช่ผลมะพร้าวในโซเดียม-เมตาไบซัลไฟต์ และหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ซึ่งมีประสิทธิภาพในการ ควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมะพร้าวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 13 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณวิตามินซี ในน้ำมะพร้าวลดลง ส่วนปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำ มะพร้าวเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น และผู้บริโภคเริ่มไม่ยอมรับลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติของน้ำมะพร้าวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

ณาฐวรา จิรันดร และคณะ (2553) การศึกษาผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมทดแทนการใช้สารฟอกขาว การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำการหาชนิดของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสม โดยจะใช้สารเคมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มกรดอินทรีย์ (กรดออกซาลิก กรดทาร์ทาริก และกรดแอสคอบิก) และกลุ่มสารสังเคราะห์ (สารส้ม โซเดียมอิริทรอบิก และสารผสมระหว่างสารส้มและโซเดียมอิริทรอบิก) โดยนำผลมะพร้าวที่ทำการคว่ันแล้วมาจุ่มสารละลายแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่น) พบว่ากรดออกซาลิกสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของ ผลมะพร้าวได้ดีที่สุด ขั้นตอนที่ 2 ทำการการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมโดยใช้กรดออกซาลิกเข้มข้น 0.5, 3.0 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ผลปรากฏว่า กรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล

Ngarmsak *et al.* (2005) พบว่า การล้างมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หรือการแช่ในสารละลายคลอรีน 100 ppm (12 องศาเซลเซียส) 5 นาที จะช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงตัดแต่งได้ การใช้ความร้อน (heat treatment) ก่อนการเก็บรักษาถูกนำมาใช้ในการป้องกัน ยับยั้งโรค และแมลงศัตรูในผลไม้ทดแทนการใช้สารเคมี และยังมีผลต่อคุณภาพของผลผลิตได้แก่ สี องค์ประกอบทางเคมี (Klein *et al.,* 1990) ความแน่นเนื้อ รวมทั้งอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน (Puall, 1990) โดยพบว่าผลของการใช้ความร้อนก่อนการเก็บรักษามีผลทำให้เร่งกระบวนการสุก เช่นมีการเปลี่ยนแปลงสี และมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น

Ramos *et al*. (2007) จากการศึกษาผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร โดยการทดลองฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายน้ำส้มสายชูในผักสลัด โดยคัดเลือกผักกาดแก้ว พริกเขียว แช่ในน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อ *Listeria monocytogenes* ทิ้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำตัวอย่างขึ้นมาทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปแช่ในน้ำส้มสายชูบัลซามิก (Balsamic Viegar) ที่ความเข้มข้น 50, 25 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และในน้ำกลั่นซึ่งเป็นตัวควบคุม จากนั้นทำการทดลอง 2 แบบ คือ ก่อนเก็บเข้าตู้แช่เย็น และหลังเก็บเข้าตู้แช่เย็น หลังจากที่แช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้นต่างๆ และตัวควบคุมแล้ว นำไปบรรจุ ในถุงสเตอร์ไรล์ (Sterile bags) และนำไปเก็บในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 3-7 องศาเซลเซียส เป็นเวล 12 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 3 วัน (ที่เวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 ชม.) นำตัวอย่างมาบด (Stomacker) แล้วนำไปทำการเพาะเชื้อ จากการทดลองพบว่า ยิ่งความเข้มข้นของสารละลายน้ำส้มสายชูบัลซามิกมากขึ้นก็ยิ่งสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ *Listeria monocytogenes* ได้ดียิ่งขึ้น และจากการศึกษาการรอดชีวิตและการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogenes* ในผักกาดแก้ว หลังจาก 12 วันผ่านไปในทุกๆ ความเข้มข้นของสารน้ำส้มสายชูหมักบัลซามิก (Balsamic Vinegar) ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ แต่ในขณะที่ตัวอย่างที่ทำการแช่ในชุดควบคุมนั้น พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ จากการศึกษาฤทธิ์ความเข้มข้น (0.5-2.5 เปอร์เซ็นต์) และ เวลา (0-10 นาที) ของน้ำส้มสายชูในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ในผัก 5 ชนิด พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูยิ่งสูงและใช้เวลานานมากขึ้นจะสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น โดยพริกเขียวจะได้ผลดีที่สุด ในขณะที่ผักกาดแก้วได้ผลไม่น่าพอใจนัก

Chantanawarangoon (2000) พบว่าการแช่เนื้อมะม่วงที่ผ่านการตัดแต่งในสารละลายแคลเซียม ความเข้มข้นร้อยละ 1 ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะช่วยชะลอ การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ดีกว่าเนื้อมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่ Trindade *et al.* (2003) สรุปว่า การแช่เนื้อมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 3.5 (w/w) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ร่วมกับการเก็บรักษาในในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ จะรักษาคุณภาพของมะม่วงให้สดได้นาน 5 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L. cv. Nam Dok Mai) ระยะสุกพร้อมรับประทานจากซุปเปอร์มาเก็ต (มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดระหว่าง 13 – 16 เปอร์เซ็นต์บริกซ์) และมีน้ำหนักผลประมาณ 350 กรัม

3.2 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง	Sartorius, BP3100S	เยอรมัน
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Denver, SI-234	เยอรมัน
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ	Schott, CG 842	เยอรมัน
- เครื่องวัดสี	Konica Minolta, CR – 400	ญี่ปุ่น-
- Digital hand refractometer	Atago, PAL - α	ญี่ปุ่น
- เครื่องหมุนเหวี่ยง	ThermoFisher, Legend Mach 1.6 R	เยอรมัน
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	Suntex, SP-701	เยอรมัน
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง	Shimudzu, UV – 1601	ญี่ปุ่น
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	Memmert	เยอรมัน
- เครื่องตีปั่นไฟฟ้า (Stomacher)	BagMixer, 400 interscience	ฝรั่งเศส
- votex mixer	Scientific Industries, Votex-Genie 2	อเมริกา
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (บ่มจุลินทรีย์)	Kendro, Heraeus	เยอรมัน
- หม้อนึ่งอัดไอ (Autoclave)	Tomy, ES - 315	ญี่ปุ่น
- ตู้อบลมร้อน (Drying Oven)	Path, OV663	ไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

- Sodium chloride	RCI Labscan	ไทย
- Acetic acid	RCI Labscan	ไทย
- Sodium hydroxide	Merck	เยอรมัน
- Phenolphthalein	Carlo Erba	อิตาลี
- Sodium dihydrogen orthophosphate	Ajax Finechem	นิวซีแลนด์
- Di-Sodium hydrogen orthophosphate	Ajax Finechem	นิวซีแลนด์
- Pyrocatechol	Merck	เยอรมัน
- Potassium dihydrogen phosphate	Merck	เยอรมัน
- Plate Count Agar (PCA)	Himedia	อินเดีย
- น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล	Heinz	อเมริกา
- น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง	Bertolli	อิตาลี
- น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นขาว	Bertolli	อิตาลี
- น้ำส้มสายชูหมักจากผักรวม	Heinz	อเมริกา
- น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวโพด	My Garden	ไทย

3.4 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการ (อาคารเจ้าคุณทหาร) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

3.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ระยะสุกที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 13 – 16 องศาบริกซ์ และมีน้ำหนักผลละประมาณ 350 กรัม นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้นครึ่งผล หั่นขวาง 3 ชิ้น (จะได้ชิ้นมะม่วง 3 ชิ้นต่อ 1 ด้าน หรือ 6 ชิ้นต่อมะม่วง 1 ผล) ขนาดของชิ้น กว้างประมาณ 2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ศึกษาชนิดของน้ำส้มสายชูหมักที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำชิ้นมะม่วงที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.1 แช่ในสารละลายน้ำส้มสายชูหมักที่แตกต่างกัน 5 ชนิด คือ น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นขาว น้ำส้มสายชูหมักจากผักรวม และน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวโพด โดยกำหนดความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูหมักที่ 1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ใช้อัตราส่วนระหว่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งต่อสารละลายน้ำส้มสายชูหมักเท่ากับ 1:2 (w/v) ทำการแช่เป็นเวลา 1 นาที เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้ว ผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงพลาสติกเป็นเวลาประมาณ 3 นาที นำมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งมาทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบชิมทันที โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี 5 – points hedonic scale ใช้จำนวนผู้ทดสอบ 50 คน เพื่อคัดเลือกชนิดน้ำส้มสายชูที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุด 2 ชนิด

3.5.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีและการยอมรับของผู้ทดสอบ ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำตัวอย่างมะม่วงตัดแต่งมาแช่ในสารละลายน้ำส้มสายชูหมักชนิดที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุด 2 ชนิด (จากข้อ 3.5.2) โดยกำหนดความเข้มข้นที่ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (v/v) แช่ที่ระยะเวลา 1 และ 2 นาที ใช้อัตราส่วนระหว่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งต่อสารละลายน้ำส้มสายชูหมักเท่ากับ 1:2 (w/v) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยวางไว้บนตะแกรงพลาสติกเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี รายละเอียดดังข้อ 3.5.3.1 โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มีปัจจัย 3 ปัจจัยคือ ใช้น้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิด ระดับความเข้มข้น 2 ระดับคือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาในการแช่ 2 ระดับ คือ เวลาที่ 1 และ 2 นาที ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่น้ำส้มสายชูหมัก มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เปรียบเทียบผลกับมะม่วงตัดแต่งสดที่ไม่ผ่านการแช่น้ำส้มสายชูหมัก (ชุดควบคุม) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นคัดเลือกมะม่วงที่แช่ในน้ำส้มสายชูหมักในสภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้มะม่วงเกิดสีคล้ำน้อยที่สุด มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม ทดสอบด้วยวิธี 5 – points hedonic scale ใช้จำนวนผู้ทดสอบ 50 คน เพื่อคัดเลือกสภาวะในการแช่น้ำส้มสายชูหมักที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุด วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.5.3.1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี (ภาคผนวก ก)

- การประเมินการเกิดสีน้ำตาล โดยพิจารณาจากค่าสีที่วัดได้ โดยใช้เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR – 400 แสดงผลค่า CIE L* a*b*, CIE L*C*h° คำนวณรายงานในค่า ΔE*
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ (titratable acidity;%TA) (AOAC, 2000)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids) วัดค่าเป็น %Brix ตรวจสอบโดย เครื่อง digital refractometer (Atago รุ่น PAL – α;0 – 85 % Brix)

3.5.4 ศึกษาผลของการแช่น้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างรอการเสิร์ฟของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

คัดเลือกสภาวะในการแช่น้ำส้มสายชูหมักที่ดีที่สุดจากข้อ 3.5.3 มาศึกษาผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างรอการเสิร์ฟ โดยนำมะม่วงที่ผ่านการแช่น้ำส้มสายชูแล้วมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยบรรจุในกล่องลพลาสติกเป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพทางชีวเคมีและจุลินทรีย์

3.5.4.1 การตรวจสอบคุณภาพทางทางชีวเคมีและจุลินทรีย์ (ภาคผนวก ก)

- การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสตามวิธีของ Flurkey and Jen (1978)
- การตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count ;TPC) โดยวิธี pour plate (AOAC, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาชนิดของน้ำส้มสายชูหมักที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

ในการศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชนิดของน้ำส้มสายชูหมักที่ใช้ในการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่ง โดยศึกษาน้ำส้มสายชูหมัก 5 ชนิด คือ น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นขาว น้ำส้มสายชูหมักจากผักรวมและน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวโพด โดยทำการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งในน้ำส้มสายชูหมักแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 นาที แล้วนำมาทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบทันที เพื่อคัดเลือกชนิดน้ำส้มสายชูหมักที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูงสุด 2 ชนิด

จากการวิเคราะห์การยอมรับ โดยการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการแช่ในน้ำส้มสายชูหมักแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 นาที แสดงดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1

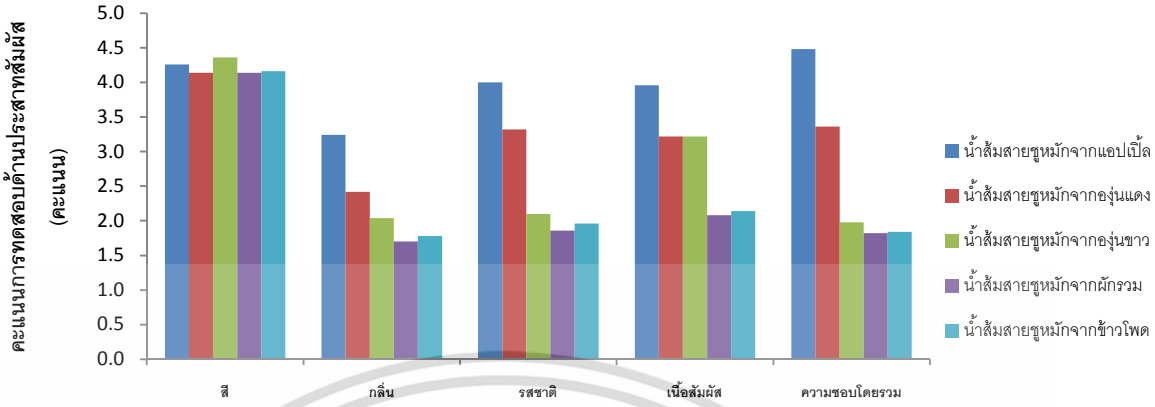
ตารางที่ 4.1 ผลการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชนิดของน้ำส้มสายชูหมักที่ใช้ในการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่ง

ตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่ง	สี [ns]	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล	4.26 ± 0.44	3.24 ± 0.77^{d}	4.00 ± 0.65^{c}	3.96 ± 0.60^{c}	4.48 ± 0.58^{c}
น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง	4.14 ± 0.45	2.42 ± 0.62^{c}	3.32 ± 0.79^{b}	3.22 ± 0.55^{b}	3.36 ± 0.56^{b}
น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นขาว	4.36 ± 0.56	2.04 ± 0.67^{b}	2.10 ± 0.71^{a}	3.22 ± 0.51^{b}	1.98 ± 0.71^{a}
น้ำส้มสายชูหมักจากผักรวม	4.14 ± 0.73	1.70 ± 0.74^{ab}	1.86 ± 0.73^{a}	2.08 ± 0.78^{a}	1.82 ± 0.77^{a}
น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวโพด	4.16 ± 0.79	1.78 ± 0.71^{a}	1.96 ± 0.73^{a}	2.14 ± 0.73^{a}	1.84 ± 0.77^{a}

(^{abc}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(^{ns}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 คะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อชนิดน้ำส้มสายชูหมักที่ใช้ในการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่ง

จากผลการวิเคราะห์การทดสอบด้านประสาทสัมผัสในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 เมื่อนำมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการแช่ในน้ำส้มสายชูหมักแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 นาที มีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยพบว่า ในการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งในน้ำส้มสายชูหมักทั้ง 5 ชนิด ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านสีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมนั้น ผู้ทดสอบให้การยอมรับมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลมากที่สุด และที่มีการยอมรับรองลงมาคือน้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง (ตารางที่ 4.1) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลและน้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดงนั้นเป็นน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิดที่เหมาะสมที่สุดต่อการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งเนื่องจากมีคะแนนความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบสูงกว่าน้ำส้มสายชูหมักชนิดอื่นๆ เนื่องจากน้ำส้มสายชูหมักทั้ง 2 ชนิดนี้มีกลิ่น และรสชาติที่ดี ซึ่งได้จากการหมักผลไม้จึงเหมาะต่อการนำมาแช่กับมะม่วงได้ดีกว่าน้ำส้มสายชูหมักชนิดอื่นๆ

4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีและการยอมรับของผู้ทดสอบของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

จากผลการวิเคราะห์ในตอนที่ 4.1 สามารถคัดเลือกชนิดของน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิดที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด คือ น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลและน้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาศึกษาสภาวะในการแช่ (ความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี โดยกำหนดความเข้มข้นที่ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 และ 2 นาที แล้วสะเด็ดน้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสี และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพ ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมงของการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ที่เวลา 0 ชั่วโมง แสดงดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2 – 4.3

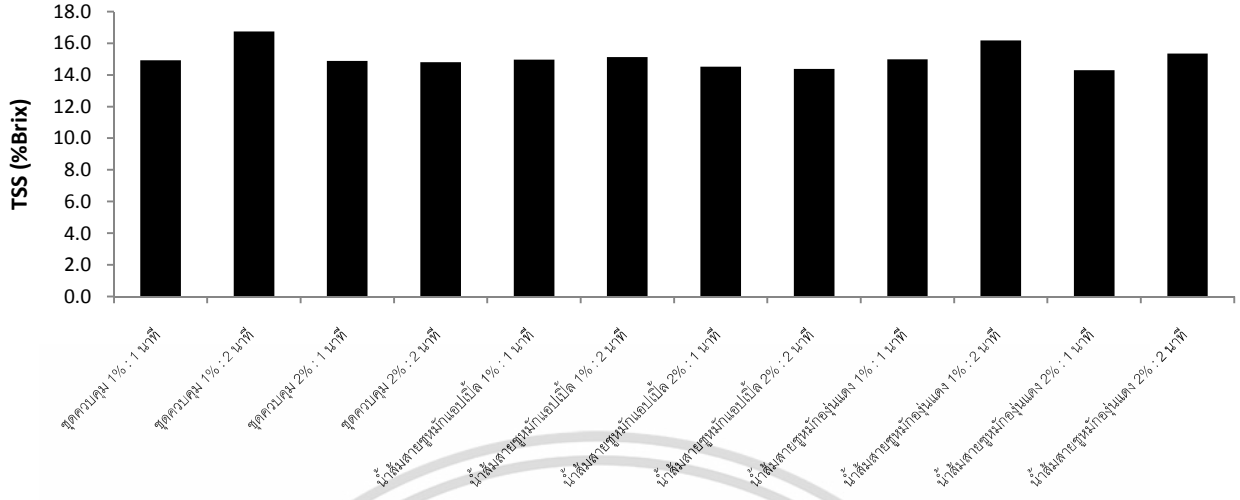
ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่ในน้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ ที่เวลา 0 ชั่วโมง

ตัวอย่างในการทดลอง (เปอร์เซ็นต์-นาที)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (%Brix)	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ (%)
ชุดควบคุม – 1 – 1	14.92 ± 0.36 ^{ab}	0.14 ± 0.00 ^{bc}
ชุดควบคุม – 1 – 2	16.75 ± 1.00 ^{c}	0.11 ± 0.00 ^{ab}
ชุดควบคุม – 2 – 1	14.88 ± 0.33 ^{ab}	0.12 ± 0.01 ^{abc}
ชุดควบคุม – 2 – 2	14.80 ± 0.28 ^{ab}	0.09 ± 0.00 ^{a}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 1	14.97 ± 0.16 ^{ab}	0.24 ± 0.04 ^{fg}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 2	15.13 ± 0.32 ^{ab}	0.20 ± 0.06 ^{efg}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 1	14.52 ± 0.31 ^{ab}	0.15 ± 0.01 ^{bcd}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 2	14.38 ± 0.36 ^{a}	0.24 ± 0.03 ^{g}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 1	14.98 ± 0.55 ^{ab}	0.19 ± 0.01 ^{def}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 2	16.17 ± 0.24 ^{c}	0.13 ± 0.01 ^{abc}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 1	14.30 ± 0.43 ^{a}	0.16 ± 0.01 ^{cde}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 2	15.35 ± 0.56 ^{b}	0.16 ± 0.01 ^{cd}

(^{abc}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(^{ns}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ

ภาพที่ 4.3 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ

จากผลการทดลองในตาราง 4.2 และภาพที่ 4.2 – 4.3 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid;TSS) ของแต่ละกลุ่มตัวอย่างนั้นมีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างไม่แตกต่างกัน มีค่าระหว่าง 14.30 – 16.75 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เนื่องจากวัตถุดิบมะม่วงที่ใช้ในการทดลองที่คัดเลือกมามีระยะการสุกที่ใกล้เคียงกันส่งผลให้มีปริมาณของของแข็งที่ละละลายน้ำได้ทั้งหมดที่ไม่ค่อยแตกต่างกัน โดยที่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดงที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์และแช่เป็นเวลา 2 นาที นั้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 16.17 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจากผลการวิเคราะห์ได้ในตารางที่ 4.2 อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 14 – 16 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ สอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงที่อยู่ในระยะการสุกที่เหมาะสมในการนำมาตัดแต่งซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 13 – 16 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Allong *et al*., 2000)

ในด้านปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ของแต่ละกลุ่มตัวอย่างนั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลที่ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และแช่เป็นเวลา 1 และ 2 นาทีตามลำดับ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างจากทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ โดยมะม่วงตัดแต่งที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักมีแนวโน้มที่มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้มากกว่าชุดควบคุมในทุกๆ สภาวะ

ในการเปลี่ยนแปลงจากการเกิดสีคล้ำที่ผิวเนื้อชิ้นมะม่วงตัดแต่ง ใช้การติดตามผลจากการวัดสี โดยรายงานด้วยค่า L*a*b* ที่วัดในระบบ CIE ซึ่งค่า L* (luminance) หมายถึงความสว่าง ค่า a* คือแสดงความเป็นสีแดง – เขียว และค่า b* คือแสดงความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน และคำนวณค่า ΔE* (Euclidean distance) หรือค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพื่อคัดเลือกสภาวะในการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักที่เหมาะสมที่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และมีคุณภาพอันเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

จากการวิเคราะห์ค่า ΔE* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค แสดงดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่า ΔE* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ตัวอย่างในการทดลอง (เปอร์เซ็นต์-นาที)	ค่า ΔE*		
	0 – 1 ชั่วโมง	0 – 2 ชั่วโมง	0 – 3 ชั่วโมง
ชุดควบคุม – 1 – 1	7.64±0.79 ^{f}	9.95±1.34 ^{c}	15.60±1.46 ^{h}
ชุดควบคุม – 1 – 2	7.78±0.26 ^{f}	12.22±0.36 ^{d}	15.97±0.23 ^{h}
ชุดควบคุม – 2 – 1	7.17±0.97 ^{f}	10.80±0.91 ^{cd}	13.20±0.93 ^{g}
ชุดควบคุม – 2 – 2	5.80±0.9 ^{e}	10.99±0.90 ^{cd}	10.99±1.23 ^{f}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 1	2.63±0.13 ^{ab}	3.20±1.03 ^{a}	3.36±1.16 ^{a}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 2	1.91±0.64 ^{a}	6.70±0.31 ^{b}	4.40±1.08 ^{ab}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 1	3.42±0.48 ^{bcd}	6.12±0.70 ^{b}	8.51±0.32 ^{e}
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 2	4.19±0.90 ^{cd}	7.67±0.58 ^{b}	7.04±0.35 ^{cde}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 1	2.88±0.70 ^{abc}	2.46±0.09 ^{a}	5.59±1.03 ^{bcd}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 2	3.44±0.96 ^{bcd}	3.94±1.69 ^{a}	5.36±1.38 ^{bc}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 1	3.88±0.97 ^{bcd}	3.94±0.60 ^{a}	5.05±1.21 ^{ab}
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 2	4.59±0.23 ^{de}	6.22±1.73 ^{b}	7.41±1.27 ^{de}

(^{abc}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(^{ns}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 แสดงค่า ΔE* (Euclidean distance) หรือค่าการเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่าในทุกๆ ช่วงเวลาของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปจากช่วงเวลาเริ่มต้น เนื่องจากเกิดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสทำให้สีของเนื้อมะม่วงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่งผลให้ค่า ΔE* เพิ่มขึ้น โดยที่ตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ต่ำกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยที่ตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 1 นาที และน้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดงความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 1 นาที เป็นสภาวะในการแช่ที่เหมาะสมที่สุดมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักสามารถช่วยชะลอการเกิดสีคล้ำ (สีน้ำตาล) ที่บริเวณผิวเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งได้ โดยจากการวัดค่าสีของมะม่วงตัดแต่งที่แช่ในน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล และน้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดงที่ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 และ 2 นาที มีค่า ΔE*ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 ทางผู้วิจัยสามารถสรุปและทำการคัดเลือกสภาวะในการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ได้ผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดของแต่ละชนิดของน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาที และมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดงที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาที เพื่อนำมาทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบต่อไป

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.4) พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาทีมากกว่ามะม่วงที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดงที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาที ($p \leq 0.05$) ดังนั้นมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับที่สุด

จากการวิเคราะห์การยอมรับโดยการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อมะม่วงน้ำดอกไม้ ตัดแต่งที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิดแสดงดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4

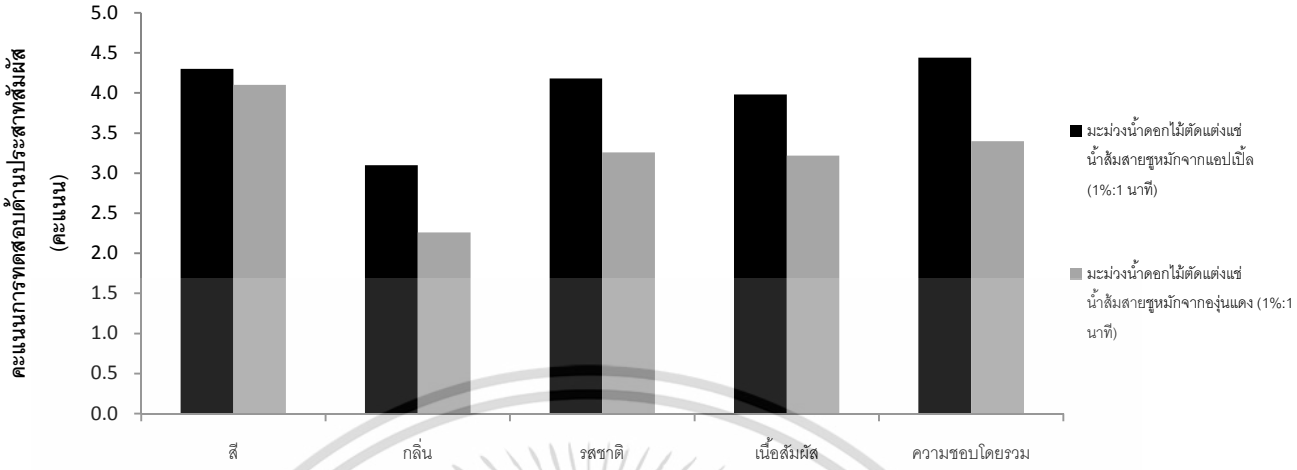
ตารางที่ 4.4 ผลการยอมรับของผู้ทดสอบต่อมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิด โดยใช้วิธี 5 – point hedonic scale

	มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งแช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล (1%:1 นาที)	มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งแช่น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง (1%:1 นาที)
สี	4.30 ± 0.46^{b}	4.10 ± 0.51^{a}
กลิ่น	3.10 ± 0.84^{b}	2.26 ± 0.63^{a}
รสชาติ	4.18 ± 0.48^{b}	3.26 ± 0.80^{a}
เนื้อสัมผัส	3.98 ± 0.47^{b}	3.22 ± 0.51^{a}
ความชอบโดยรวม	4.44 ± 0.54^{b}	3.40 ± 0.49^{a}

(^{abc}) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(^{ns}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 คะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิด โดยใช้วิธี 5 – point hedonic scale

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4 การทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาทีมากกว่ามะม่วงที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดงที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาที ($p \leq 0.05$) ดังนั้นมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่ที่ระยะเวลา 1 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับที่สุด

4.3 ผลของการแช่น้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างรอการเสิร์ฟของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

จากการนำมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด (มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งแช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นเวลา 1 นาที) ที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 4.2 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5 – 7 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง ในระหว่างการรอเสิร์ฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (ชั่วโมง)	ชุดควบคุม	แช่น้ำส้มสายชูหมัก
กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (ยูนิต/นาที)		
1	56.687±1.63 [b]	49.715±2.97 [a]
3	55.591±0.73 [b]	42.539±0.98 [a]
5	59.455±1.68 [b]	40.632±2.37 [a]
7	61.398±2.88 [b]	46.892±1.68 [a]
ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) (log cfu/g)		
1	3.500±0.23 [b]	2.269±0.06 [a]
7	2.589±0.19 [b]	2.028±0.01 [a]

([abc]) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

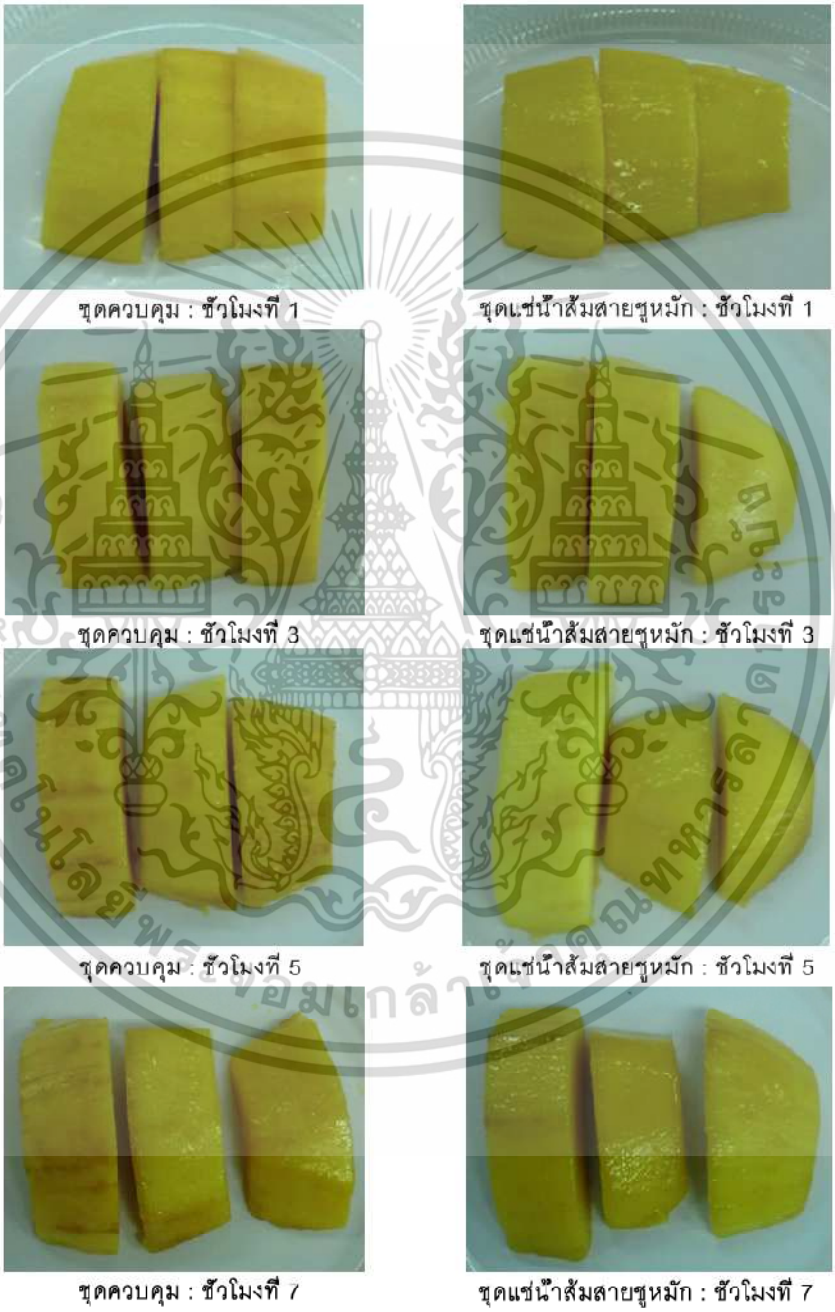
([ns]) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.8 พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในแต่ละตัวอย่างที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีคล้ำและชะลอกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ โดยตัวอย่างที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยกว่าชุดควบคุมในทุกชั่วโมงของการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลมีค่า pH ต่ำ มีผลต่อการทำให้โครงสร้างของเอนไซม์มีสภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจนไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากเอนไซม์เป็นสารประเภทโปรตีน โดยโปรตีนจะเสียสภาพ (denature) ได้เมื่อ pH เท่ากับจุดไอโซอิเลกตริกดังนั้นเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจึงถูกยับยั้งการทำงานในสภาพที่มี pH ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 4.2 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ กฤษณ์ สงวนพวก (2550) ที่รายงานว่ากรดอะซิติกความเข้มข้น 0.25และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการคล้ำของสีดอกกะหล่ำปลี และชะลอกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้

ในด้านปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ในชุดควบคุมนั้นสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในทุกระยะเวลาในการเก็บรักษา คือ 1 และ 7 ชั่วโมง แสดงว่าการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลสามารถช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงตัดแต่งได้ เนื่องจากการแช่มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งในน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นการปรับ pH ที่ผิวมะม่วงให้ต่ำลง ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ในสภาพที่มีความเป็นกรด (pH ต่ำกว่า 4.6) (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) สอดคล้องกับงานวิจัยของสุธนัย ภักดี และ อุราภรณ์ สอาดสุด (2550) ที่ใช้กรดอะซิติกในการยับยั้งเชื้อ *P.digitatum* บนผลส้มสายน้ำผึ้ง โดยวิธีจุ่ม พบว่าการจุ่มในกรดอะซิติกสามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคโดยไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของส้ม โดยความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มที่น้อยที่สุดของ กรดอะซิติกที่สามารถยับยั้งโรคได้คือ 4 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็น เวลา 5 นาที



ภาพที่ 4.5 มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่ผ่านการแช่น้ส้มสายชูหมักและชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพื่อรอเสิร์ฟ เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการแช่น้ำส้มสายชูหมักเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล พบว่าสภาวะในการแช่น้ำส้มสายชูหมักที่เหมาะสมคือการแช่ด้วยน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่เป็นระยะเวลา 1 นาที โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดระหว่าง 14 – 15 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเทรตได้ระหว่าง 0.1 – 0.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากที่สุด และยังมีความสามารถในการลดการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ โดยเมื่อนำมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ลที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และแช่เป็นระยะเวลา 1 นาทีไปเก็บรักษาในระหว่างการรอเสิร์ฟ ที่อุณหภูมิต่ำ (อุณหภูมิ 5 – 7 องศาเซลเซียส) สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ และยังสามารถยับยั้งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

อาจมีการทดลองใช้น้ำส้มสายชูหมักร่วมกับสารอินทรีย์ชนิดอื่น เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่ง ซึ่งการผสมร่วมกันอาจทำให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2550. การปรับปรุงคุณภาพผักและผลไม้. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/public/plibai/plibai_46/october/fruit.html (25 ธันวาคม 2555).

คมจันทร์ สรงจันทร์ และ เบญจมาส รัตนชินกร. 2550. ผลของระยะการสุกและอุณหภูมิต่อคุณภาพการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรพิเศษ. 38 (5):107 – 110.

คมจันทร์ สรงจันทร์, เบญจมาส รัตนชินกร, ปรางค์ทอง กวานห้อง และ ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์. 2550. ผลของกระบวนการ Heat treatment ต่อคุณภาพการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค. สำนักวิจัยพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร:396 น.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 453 น.

ณาฐวรา จิรันดร, มนู จิตรสิงห์ และ อดิศักดิ์ จิตรภูษา. 2553. ผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอม. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. สงขลา.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2556. Acetic Acid / กรดแอซีติก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0581/acetic-acid. (2 มีนาคม 2556)

บ้านมะม่วง. 2546. มะม่วงน้ำดอกไม้. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.phtnet.org/postech/web/mango/pages/mango/nam_doc_mai.htm (25 ธันวาคม 2553).

ประสาร สวัสดิ์ซิตัง. 2538. การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน. วารสารอาหาร. 25(3):160 – 169.

ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ กฤษณ์ สงวนพวก. 2550. ผลของกรดอินทรีย์ต่อการเกิดสีน้ำตาลและคุณภาพของกะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรพิเศษ. 38(5): 82 – 86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุทธรักษา ทัศนศร. 2554. มะม่วงน้ำดอกไม้. องค์การบริหารส่วนตำบลหนองปรือ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nongprue.org/index.php?mo=14&newsid=260999. (2 มีนาคม 2556)

มณฑาทิพย์ ยุ่นเจริญ. 2539. กรดแอสคอร์บิกและกรดอิริทอร์บิก/แอนติออกซิแดนท์. วารสารอาหาร. 26(1):13 – 17.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2545. มารู้จักงานวิจัยมะม่วงไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.ku.ac.th/e-magazine/april45/agri/mango.html (25 ธันวาคม 2553).

ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ. 2552. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับการหุ้มฟิล์มโพลีไวนิลคอลไรด์. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิวพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนในอาหาร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

สมรลักษณ์ แจ่มแจ้ง. 2550. มะม่วงไม้ผลของคนไทยไปไกลถึงต่างแดน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.biotec.or.th/biotechnology-th/ (25 ธันวาคม 2553)

สายสนม ประดิษฐดวง. 2546. การถนอมอาหารด้วยสารเคมี. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. ญี่ปุ่นนิยมมะม่วงสุก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.acfs.go.th/news_detail.php?ntype=07&id=1615.(25 ธันวาคม 2553)

สุธนัย ภักดี และ อุราภรณ์ สอาดสุด. 2550. การใช้กรดอะซิติก กรดเปอร์อะซิติกและเกลืออะซิเตทในการควบคุมราเขียวบนส้มสายน้ำผึ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรพิเศษ. 38(5):193 – 196.

Allong, R., L.D. Wickham and M. Mohammed. 2000. The Effect of Cultivar, Fruit Ripeness, Storage Temperature and Duration on Quality of Fresh-Cut Mango. Acta Horticulturae. 509:487 – 494.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland.

Borenstein, B. 1965. The Comparative Properties of Ascorbic Acid and Erythorbic Acid. Food Technology. 9:1719 – 1724.

Chantanawarangoon, S. 2000. Quality Maintenance of Fresh-Cut Mango Cubes. M.S. Thesis in Food Science. University of California at Davis. 72.

Dudley, E. D. and J. H. Hotchkiss. 1989. Cysteine as An Inhibition of Polyphenol Oxidase.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Journal of Food Biochemistry. 13:65 – 71.

Flurkey, W. H. and J. J. Jen. 1978. Peroxidase and Polyphenoloxidase Activities in Developing Peaches. Journal of Food Science. 43:1826 – 1831.

George, J. B., E. M. Harold, W. S. David and Y. M. Chem. 1999. Extending Storage Life of Fresh – Cut Apples using Natural Products and Their Derivatives. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47:1 – 6.

Gunes, G. and C. Y. Lee. 1997. Color of Minimally Processed Potatoes as Affected by Modified Atmosphere Packaging and Antibrowning Agents. Journal of Food Science. 62:572 – 578.

Jiang, Y. and J. Fu. 1998. Inhibition of Polyphenol Oxidase and The Browning Control of Litchi Fruit by Glutathione and Citric Acid. Food Chemistry. 62:49 – 51.

Kleemann, A., J. Engel, B. Kutscher and D. Reichert. 1999. Pharmaceutical Substances: Syntheses, Patents, Applications. 3rd Edition. Thieme Stuttgardt, New York. 950.

Luo, Y. and G. V. Barbosa – Canovas. 1997. Enzymatic Browning and Its Inhibition on New Apple Cultivars Slices Using 4 – Hexylresorcinol in Combination with Ascorbic Acid. International Journal of Food Technology. 3:195 – 199.

McEvily, A. J., R. Iyengar and W. S. Otwil. 1991. Sulfite Alternative Prevents Shrimp Melanosis. Journal of Food Technology. 45(9):80 – 85.

McEvily, A. J., R. Iyengar and W. S. Otwil. 1992. Inhibition of Enzymatic Browning in Foods and Beverage. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 32:253 – 273.

Monsalve – Gonzalez, A., G. V. Barbosa – Canovas, Cavalieri, P. Ralph, McEvily, J. Arthur and R. Iyengar. 1993. Control of Browning During Storage of Apple Slices Preserved by Combined Method, 4 – Hexylresorcinol as Anti – Browning Agent. Journal of Food Science. 58(4):797 – 800, 826.

Ngarmsak, M., T. Ngarmsak, B. Ooraikul, P.J. Delaquis, P.M. Toivonen, and G. Mazza. 2005. Effect of Sanitation Treatments with Heated, Chlorinated Water on The Microbiology of Fresh – Cut Thai Moangoes. Acta Horticulturae. 682:1895 – 1899.

Rattanapanone, N., Y. Lee, T. Wu and A.E. Watada. 2001. Quality and Microbial Changes of Fresh-Cut Mango Cubes Held in Controlled Atmosphere. HortScience. 36:1091 – 1095.

Ramos, B.F., J. Silva, R. S. Teresa, P. Teixeira and C. Silva. 2010. Antilisterial Effect of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vinegar Solutions in Fresh Salads Preparation. 22nd International ICFMH Symposium. Food Micro. Copenhagen.

Robert, C., F. Richard – Forget, C. Rouch, M. Pabion and F. Cadet. 1996. A Kinetic Study of The Inhibition of Palmilto Polyphenol Oxidase by L – Cysteine. International Journal of Cell Biology. 28:457 – 461.

Sapayasarn, P., H. Nimitkeatkai, C. Techavuthiporn and C. Wongs-Aree. 2008. Comparative Study between Hot Water and Hot Vapour Treatments on Ripening Quality of 'Nam Dok Mai' Mango. Agricultural Science Journal. 39:91 – 94.

Sapers, G. M. 1993. Browning of Foods:Control by Sulfite, Antioxidants and Other Means. Journal of Food Technology. 47(10):75 – 84.

Sapers, G. M. and M. A. Ziolkowski. 1987. Comparison of Erythorbic Acids as Inhibition of Enzymatic Browning in Apple. Journal of Food Science. 52:1732 – 1737.

Senesi, E. and R. Pastine. 1996. Pre – Treatments of Ready to Use Fresh Cut Fruits. Industries Almentari. 35:1161 – 1167.

Tovar, B., L.I. Ibarra, H.S. Garcia and M. Mata. 2000. Some Compositional Changes in Kent Mango (*Mangifera Indica* L.) Slices During Storage. Journal of Applied Horticulture. 2:10 – 14.

Vamos V. L. 1995. Prevention of Enzymatic Browning on Fruits and Vegetables:A Review of Principle and Practice. In Enzymatic Browning and Its prevention. ACS Symposium Series. 600. American Chemical Society, Washington, D.C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์

1. การประเมินการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เครื่องวัดสี

การประเมินการเกิดสีน้ำตาลจะใช้วิธีวัดสีด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR – 400 ทำการวัดตัวอย่างชิ้นมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยวัดสีเนื้อด้านที่ติดเปลือก บันทึกค่าที่วัดได้ในระบบ CIE L*C*h° และ CIE L*a*b* โดย

ค่า L* แสดงความสว่างเมื่อมีค่าเข้าใกล้ 100 และแสดงความมืดเมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0

ค่า a* คือแสดงความเป็นสีแดง – เขียว โดยถ้ามีค่า + a* = สีแดง และ – a* = สีเขียว

ค่า b* คือแสดงความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน โดยถ้ามีค่า + b* = สีเหลืองและ – b* = สีน้ำเงิน

ค่า C* เข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีซีดจาง ถ้า C* มีค่าสูงแสดงว่าวัตถุมีสีเข้ม

ค่า h° เป็นค่าที่แสดงสีที่แท้จริงของวัตถุคือ

0 – 45 องศาแสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง 45 – 90 องศาแสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง

90 – 135 องศาแสดงสีเหลืองถึงสีเหลืองเขียว 135 – 180 องศาแสดงสีเหลืองเขียวถึงสีเขียว

180 – 225 องศาแสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงินเขียว 225 – 270 องศาแสดงสีน้ำเงินเขียวถึงสีน้ำเงิน

270 – 315 องศาแสดงสีน้ำเงินถึงสีม่วง 315 – 360 องศาแสดงสีม่วงถึงสีม่วงแดง

ค่า ΔE* (Euclidean distance) เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงสี โดยเปรียบเทียบความแตกต่างจากการวัดสี 2 ครั้ง สมการในการคำนวณคือ

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Total Titrable Acidity (AOAC, 2000))

คั้นน้ำมะม่วงและกรองแยกกากออก ปิเปตน้ำคั้นมะม่วงมา 5 มิลลิลิตรลงในฟลาสก์ (ขวดรูปชมพู่) ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตรคนให้เข้ากัน หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ลงในสารละลายน้ำคั้นมะม่วง 2 – 3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรต ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ คำนวณปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดทั้งหมด (%) = ปริมาตร NaOH (ml) x ความเข้มข้น NaOH (N) x 0.06404 x 100
(เทียบในรูปของกรดซิตริก) ปริมาตรของน้ำคั้นมะม่วง (ml)
*แฟคเตอร์สำหรับกรดซิตริก = 0.06404

3. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด วิเคราะห์โดยทำการคั้นน้ำมะม่วงและกรองแยกกากออก หยดน้ำมะม่วงที่คั้นได้ลงบน digital refractometer:Atago รุ่น PAL-α ทำการอ่านและบันทึกค่าที่ได้

4. กิจกรรมของเอนไซม์ (Enzyme Activity) ดัดแปลงมาจากวิธี ของ Flurkey and Jen (1978)

4.1 การสกัดเอนไซม์ (Enzyme extraction)

สารเคมี

1. โซเดียมไดไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (Sodium dihydrogen orthophosphate;NaH_2PO_4) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์
2. ไดโซเดียมไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (di-Sodium hydrogen orthophosphate;Na_2HPO_4) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์
3. โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Sodium hydrogenphosphate buffer) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์;pH 6.2

ได้จากการโซเดียมไดไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (NaH_2PO_4) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ลงในไดโซเดียมไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ คนตลอดเวลาจนได้ pH = 6.2

4. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride;NaCl) ความเข้มข้น 2 โมลาร์

4.2 วิธีเตรียมสารสกัดเอนไซม์

โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์;pH 6.2 กับโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ปริมาตร 5 มิลลิตร ผสมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์;pH 6.2 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร นำไปแช่เย็นไว้

4.3 วิธีการสกัดเอนไซม์

ชั่งเนื้อมะม่วงที่บดจนละเอียดจำนวน 10 กรัม ใส่ในโกร่งบดที่แช่เย็นแล้วเติมสารละลายสำหรับสกัด (extraction solution) คือ สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์;pH 6.2 ที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่ผ่านการแช่เย็นมาแล้วจำนวน 25 มิลลิลิตร จากนั้นบดเนื้อมะม่วงให้ผสมเข้ากับสารละลายที่ใช้สกัดในโกร่งบดที่แช่เย็นจนเข้ากันดีประมาณ 1 นาที นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifuge) แบบควบคุมอุณหภูมิ ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำเฉพาะของเหลวส่วนใส (supernatant) ซึ่งเป็นสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ (crude enzyme) ไปใช้ในการวัดกิจกรรมของเอนไซม์

4.4 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

สารเคมี

1. โซเดียมไดไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (Sodium dihydrogen orthophosphate;NaH_2PO_4) ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์
2. ได – โซเดียมไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (di-Sodium hydrogen orthophosphate;Na_2HPO_4) ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์
3. โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Sodium hydrogenphosphate buffer) ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์;pH 7.0

โดยเติมโซเดียมไดไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (NaH_2PO_4) ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ลงในได – โซเดียมไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ คนตลอดเวลาจนได้ pH = 7.0

4. ไพโรแคทีคอล (Pyrocatechol;$C_6H_6O_2$) ความเข้มข้น 0.5โมลาร์ โดยใช้โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์;pH 7.0 ปรับปริมาตร (เตรียมตอนจะวัดกิจกรรมของเอนไซม์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase;PPO)

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส วัดกิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสในตัวอย่างเนื้อมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา ใช้วิธีการดัดแปลงจากวิธีของ Flurkey and Jen (1978) นำเนื้อมะม่วงไปสกัดเอนไซม์ และวัดกิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส โดยปิเปตสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้มาจำนวน 0.2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายสับสเตรต ได้แก่ สารละลายไพโรแคทีคอลความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 7.0 ปริมาตร 4.0 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ทันที ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อ่านค่าทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 2 นาที นำค่าที่วัดได้ไปเขียนกราฟระหว่างระยะเวลากับค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวอย่างในช่วงของเส้นกราฟที่มีความชันเป็นเส้นตรง โดยกำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส 1 หน่วย (unit) เท่ากับปริมาณเอนไซม์ที่ ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วย ในเวลา 1 นาที ที่ค่า pH = 7.0

5. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (AOAC, 2000)

5.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Pate Count)

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดทั้งหมด วิเคราะห์โดยทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคแต่ละสภาวะ ตัวอย่างละประมาณ 25 กรัม ลงในถุงพลาสติคสำหรับเข้าเครื่องตีปั่น ด้วยวิธี aseptic technique เติมน้ำยาสำหรับเจือจาง 225 มิลลิลิตร นำไปตีปั่นด้วย stomacher จนตัวอย่างกระจายจนทั่ว ตัวอย่างที่ได้มีระดับการเจือจาง 1:10 (10^{-1}) ปิเปตตัวอย่างที่ระดับเจือจาง 10^{-1} มา 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำยาสำหนับเจือจางปริมาตร 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย votex mixer จะได้ตัวอย่างที่ได้มีระดับการเจือจาง 10^{-2} จากนั้นปิเปตตัวอย่างที่ระดับเจือจาง 10^{-2} มา 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำยาสำหนับเจือจางปริมาตร 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย votex mixer จะได้ตัวอย่างที่ได้มีระดับการเจือจาง 10^{-3} ทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ด้วยไมโครเวฟจนวุ้นละลายจนหมด พักไว้ให้เย็นซักครู่จึงนำไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางแล้วในแต่ละระดับการเจือจาง (10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3}) ใส่ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร ระดับความเจือจางละ 2 จาน เทอาหาร PCA ประมาณ 10 มิลลิลิตร ทับบนตัวอย่างในจานเพาะเชื้อ ปิดฝาจานและทำการเขย่า/หมุนวนจานจนวุ้นอาหารแผ่กระจายจนทั่วจานเพาะเชื้อ ทิ้งไว้จนวุ้นอาหารแข็งดีแล้ว ทำการคว่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จานแล้วนำไปบ่มใน incubator ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ประมาณ 48 ชั่วโมง ทำการตรวจนับและรายงานผลในหน่วย log cfu/g

6. การเตรียมน้ำยาเจือจาง (Butterfield's phosphate buffer)

6.1 การเตรียมสารละลายสต๊อค

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 34 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ปรับ pH 7.2 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0โมลาร์ แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นำเข้า autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

6.2 การเตรียม Dilution blank

ตวงสารละลายสต๊อค 1.25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำเข้า autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก ข-1 แสดงค่า L* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง

ตัวอย่างในการทดลอง (เปอร์เซ็นต์-นาที)	ค่า L*			
	0 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ชุดควบคุม – 1 – 1	68.61 ±1.36	62.48 ±0.99	59.19 ±1.99	56.73±2.31
ชุดควบคุม – 1 – 2	71.27 ±1.92	66.07 ±0.73	63.02 ±1.59	58.20±0.88
ชุดควบคุม – 2 – 1	68.92 ±1.72	62.79 ±1.49	60.67 ±1.48	58.24±0.97
ชุดควบคุม – 2 – 2	69.47 ±1.65	64.44 ±0.93	62.68 ±0.47	59.95±0.62
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 1	66.84 ±3.85	64.96 ±4.13	64.89 ±4.45	64.52±3.68
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 2	68.69 ±1.72	67.60 ±2.14	64.46 ±2.30	65.33±2.59
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 1	69.56 ±1.08	66.94 ±1.61	64.75 ±1.00	65.10±2.71
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 2	70.28 ±0.83	69.96 ±2.69	65.76 ±1.46	65.59±1.00
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 1	67.22 ±5.55	66.61 ±2.66	66.12 ±4.32	63.56±2.93
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 2	67.46 ±1.09	65.16 ±0.17	66.68 ±1.83	64.12±2.16
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 1	69.24 ±0.53	67.26 ±3.03	67.03 ±2.21	65.56±1.69
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 2	70.16 ±1.06	67.48 ±1.23	64.70 ±2.33	64.92±1.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข-2 แสดงค่า a* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง

ตัวอย่างในการทดลอง (เปอร์เซ็นต์-นาที)	ค่า a*			
	0 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ชุดควบคุม – 1 – 1	6.15±1.20	7.61±1.70	7.96±1.50	8.81±1.97
ชุดควบคุม – 1 – 2	4.86±0.87	6.44±0.59	6.74±0.96	8.53±1.91
ชุดควบคุม – 2 – 1	7.15±1.33	9.19±1.22	9.46±1.29	10.26±2.20
ชุดควบคุม – 2 – 2	5.93±0.93	6.93±0.68	9.62±0.74	8.95±1.04
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 1	7.45±1.69	6.89±1.35	7.15±1.43	6.57±1.66
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 2	5.46±0.53	6.19±1.43	7.92±0.60	7.58±1.60
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 1	5.28±0.69	6.50±1.07	7.71±1.59	7.22±2.68
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 2	4.25±0.88	5.57±2.05	6.09±0.51	7.42±1.48
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 1	5.19±0.59	6.33±1.55	6.52±1.62	7.82±0.99
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 2	7.24±1.18	7.10±0.62	7.05±0.99	7.53±0.40
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 1	6.22±0.65	6.06±0.68	6.18±0.57	6.54±0.76
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 2	7.08±0.32	8.21±0.64	9.01±1.32	8.88±1.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข-3 แสดงค่า b* ของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งที่แช่น้ำส้มสายชูหมักในสภาวะต่างๆ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง

ตัวอย่างในการทดลอง (เปอร์เซ็นต์-นาที)	ค่า b*			
	0 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ชุดควบคุม – 1 – 1	44.10±3.47	42.44±7.92	41.88±2.63	44.81±8.67
ชุดควบคุม – 1 – 2	41.75±1.27	40.86±6.29	41.23±9.90	33.62±1.53
ชุดควบคุม – 2 – 1	43.20±3.10	40.89±1.51	36.95±1.24	37.00±4.60
ชุดควบคุม – 2 – 2	37.57±1.41	35.07±2.02	44.91±2.37	33.59±2.48
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 1	37.01±3.67	37.68±4.42	39.46±4.08	37.22±1.70
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 1 – 2	42.15±2.02	42.62±2.49	42.23±7.26	40.64±1.91
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 1	43.55±0.33	42.40±1.29	41.77±2.41	43.18±7.36
น้ำส้มสายชูหมักแอปเปิ้ล – 2 – 2	45.55±3.06	44.32±1.76	48.08±6.91	45.04±2.23
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 1	40.38±2.06	40.39±1.62	41.02±3.22	38.19±3.58
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 1 – 2	37.64±1.60	35.94±1.55	40.12±3.99	38.13±3.40
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 1	37.65±2.41	37.89±1.06	39.51±1.39	40.46±1.26
น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดง – 2 – 2	42.66±3.34	44.98±5.06	40.48±2.78	44.10±2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบ 5 – point hedonic scales

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่..... ลำดับที่.....

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคจากซ้ายไปขวา (บ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง) แล้วให้คะแนนตามความชอบของผลิตภัณฑ์ดังนี้

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = เฉยๆ 4 = ชอบ 5 = ชอบมากที่สุด

	รหัส	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

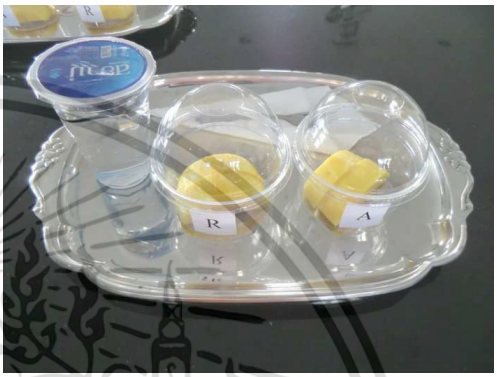
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส



ภาพภาคผนวกที่ ง-1 การจัดเตรียมตัวอย่างในการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ภาพภาคผนวกที่ ง-2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นางประภาทิพย์ พันธิวานนท์

วัน เดือน ปีเกิด 18 มีนาคม พ.ศ. 2502

ที่อยู่ปัจจุบัน 105/78 ซอยนวมินทร์ 57 ถนน นวมิทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพ 10240

ประวัติการศึกษา ปีพุทธศักราช 2527 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตรคหกรรมศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

ผลงานวิจัยที่นำเสนอ ประภาทิพย์ พันธิวานนท์ และ ระจิตร สุวพานิช. 2555. ผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ 1 “อุตสาหกรรมเกษตรไทย เทิดไท้องค์ราชันย์” วันที่ 7 กันยายน 2555 โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ รัชดาภิเษก กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้