ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วพูและใบโหระพา

EFFECT OF TEMPERATURES AND COATING MATERIALS ON QUALITY OF WING BEAN AND SWEET BASIL LEAVES

สิญา ศุขศรีทอง

SIYA SUKSRITHONG

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-053-134

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วพูและใบโหระพา

EFFECT OF TEMPERATURES AND COATING MATERIALS ON QUALITY OF WING BEAN AND SWEET BASIL LEAVES

T122975

สิญา สุขศรีทอง

SIYA SUKSRITHONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122975
วัน,เดือน,ปี 10 ต.ค. 2555

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2555

KMITL-2012-AI-M-053-134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF TEMPERATURES AND COATING MATERIALS ON QUALITY OF WING BEAN AND SWEET BASIL LEAVES

SIYA SUKSRITHONG

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

2012

KMITL-2012-AI-M-053-134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2012

FACULTY OF AGRO - INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วพูและใบโหระพา

Effect of Temperatures and Coating Materials on Quality of Wing Bean and Sweet Basil Leaves

ชื่อนักศึกษา นางสาวสิญา สุขศรีทอง

รหัสประจำตัว 52680312

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
ดร.ประมวล ศรีกาหลง	
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 2 พฤษภาคม 2555 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 21 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วพูและใบโหระพา
นักศึกษา	นางสาวสิญา สุขศรีทอง
รหัสประจำตัว	52680312
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากเจลว่านหางจระเข้และกรดซิตริกต่อคุณภาพของถั่วพูและใบโหระพาร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยแบ่งถั่วพูเป็น 6 ตัวอย่างการทดลอง ได้แก่ ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 25, 50 และ 75 เปอร์เซนต์ (v/v) ถั่วพูจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซนต์ (w/v) และล้างน้ำสะอาด (ตัวอย่างควบคุม) เป็นเวลา 1 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C พบว่าอุณหภูมิ 10 °C สามารถยืดอายุการเก็บและชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 4 °C การเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้และการจุ่มกรดซิตริกสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อและลดการสูญเสียน้ำหนักได้ ในขณะที่ปริมาณใยอาหาร พีเอชและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพูเก็บที่ 4 °C มีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 1.26 – 2.84 เปอร์เซนต์ และ 10 °C อยู่ในช่วง 3.86 – 5.26 เปอร์เซนต์ โดยยังคงมีระดับคะแนน 5 จากการทดลองสรุปได้ว่าถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นสภาวะดีที่สุด สามารถเก็บรักษาได้นาน 16 วัน

สำหรับใบโหระพาแบ่งเป็น 4 ตัวอย่างการทดลอง ได้แก่ ใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 2, 5 และ 10 เปอร์เซนต์ (w/v) และใบโหระพาล้างน้ำสะอาด (ตัวอย่างควบคุม) เป็นเวลา 1 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C 10 °C และ 15 °C พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการหายใจและเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของผักตัวอย่าง กรดซิตริกมีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนและเปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียน้ำหนักเล็กน้อย ชะลอการเปลี่ยนสีและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ จากการวัดความเป็นสีเขียว (a*) และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในหน่วย SPAD value จากผลการทดลองสามารถแบ่งการเปลี่ยนสีได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ค่า a* เท่ากับ (-16) – (-36) จะมีค่า SPAD value ในช่วง 32-47 ใบโหระพามีสีเขียวเข้มถึงสีเขียวอ่อน และกลุ่มที่ 2 ค่า a* เท่ากับ 0.38 – (- 25) จะมีค่า SPAD value ในช่วง 29.16 – 58 ใบโหระพามีสีเขียวอ่อนจนถึงสีน้ำตาลคล้ำ อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองสรุปได้ว่าใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาได้นาน 10 วัน โดยมีค่าของ a* เท่ากับ -16.21 และค่า SPAD value เท่ากับ 32.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effect of temperatures and coating materials on quality of wing bean and sweet basil leaves
Student	Miss Siya Suksrithong
Student ID.	52680312
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2012
Thesis advisor	Assoc. Prof. Dr. Ruchira Taprap

ABSTRACT

The effect of coating materials from aloe vera gel and citric acid combined with low temperature storage on quality of wing bean and sweet basil leaves was studied. Six groups of sample were treated as followed; wing bean coated with aloe vera gel concentration of 25, 50 and 75% (v/v), soaked in citric acid concentration of 0.05 and 0.5% (w/v) and control sample soaked in clean water, soaking time 1 minute for every sample. Then, those samples were kept at 4°C and 10°C. The result showed that storage of wing bean soaking with aloe vera gel and citric acid at 10°C could prolong shelf-life and retard the browning color of sample as compared with at 4°C. The aloe vera gel and citric acid could slow down the color change in browning, firmness as well as weight loss. While crude fiber, pH and total soluble solids (TSS) were slightly changed. Weight loss was 1.26-2.84% and 3.86-5.26% keeping at 4°C and 10°C, respectively with remaining at score 5. The result can be concluded that wing bean coated with aloe vera gel 50% concentration and kept at 10°C was the suitable condition which could have 16 days of storage.

For sweet basil leaves, four groups of sample were treated as followed; basil leaves soaking with citric acid concentration of 2, 5 and 10% (w/v) and control sample soaked in clean water, soaking time 1 minute for every sample. The samples were kept in three conditions of temperature (4°C 10°C and 15°C) during storage. The result revealed that temperature has effected on the respiration of vegetable and the weight loss. Citric acid has slightly effected on gas consumption and percent of weight loss but it could retard the change of leaf color as well as the chlorophyll degradation. From the value of a* and the chlorophyll content in SPAD value, the results can be

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

divided into 2 groups. Group 1 has a* value from (-16) - (-36) with the SPAD value from 32 to 47. This group showed the color of leaves ranged from dark green to light green. Group 2 has a* value from (0.38) - (-25) with SPAD value from 29.16 to 58. The color of vegetable leaves were ranged from light green to dark brown. However, the result can be concluded that sweet basil leaves soaked in citric acid concentration 10%, kept at 15°C was the suitable condition and having 10 days of storage. At this condition, the a* value and SPAD value of vegetable were -16.21 and 32.69, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ให้ความช่วยเหลือในการตรวจแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมไปถึงการให้กำลังใจและคำแนะนำในหลายๆ อย่างที่ข้าพเจ้าได้รับมาเป็นความรู้และประสบการณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ระจิตร สุวพานิช ดร.ประมวล ศรีกาหลง และ รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่มีข้อบกพร่องในงานวิจัยให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ในด้านต่างๆ ให้กับข้าพเจ้า และขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและสารเคมี รวมทั้งรุ่นพี่และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโททุกๆ คนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจและโอกาสทางการศึกษาทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณ ศ.คลินิคเกียรติคุณ นพ.ณรงค์ บุณยะรัตเวช ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทย์ศาสตร์ ศิริราชพยาบาล ที่เป็นผู้จุดประกายในการเรียนต่อปริญญาโทของข้าพเจ้า ประโยชน์ทั้งหมดที่ได้รับจากงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากทุกท่านที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างมาก

สิญา สุขศรีทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... IX

สารบัญรูป..... X

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ถั่วพู..... 3

2.2 โหระพา..... 4

2.3 กระบวนการที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตผล..... 5

2.3.1 ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตผล..... 5

2.3.1.1 การคายน้ำ..... 5

2.3.1.2 การหายใจ..... 5

2.3.1.3 การเปลี่ยนสีเนื่องจากเอนไซม์..... 7

2.3.1.4 การเปลี่ยนสีเนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์..... 9

2.3.1.5 การเหี่ยวและการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ..... 10

2.3.1.6 ขนาดของผลิตผล..... 11

2.3.1.7 ปากใบ..... 11

2.3.2 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตผล..... 12

2.3.2.1 อุณหภูมิ..... 12

2.3.2.2 ความชื้นในบรรยากาศ..... 13

2.3.2.3 เอทธิลีน..... 14

2.3.2.4 การเกิดบาดแผล..... 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2.5 การไหลเวียนของอากาศที่เก็บรักษาผลิตผล 14
2.4 การยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ 15
2.4.1 อุณหภูมิ 15
2.4.2 การใช้สารเคมี 15
2.4.3 การใช้สารเคลือบผิว 17
2.4.3.1 ว่านหางจระเข้ 18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน 20
3.1 วัตถุดิบ 20
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ 20
3.3 สารเคมี 21
3.4 สถานที่ทำการทดลอง 21
3.5 วิธีการทดลอง 21
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 26
4.1 ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วพู 26
4.1.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถั่วพูเก็บที่ 4 °C และ 10 °C 27
4.1.2 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู 28
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของถั่วพู 30
4.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างของความแน่นเนื้อกับเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู 32
4.1.5 การเปลี่ยนแปลงของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) ของถั่วพู 33
4.1.6 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของถั่วพูในระหว่างเก็บรักษา 34
4.1.7 ปริมาณใยอาหารของถั่วพูในระหว่างการเก็บรักษา 35
4.1.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถั่วพูในระหว่างการเก็บรักษา 37
4.2 ผลของอุณหภูมิและสารเคมีต่อการเก็บรักษาของใบโหระพา 39
4.2.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุใบโหระพาเก็บที่ 4 °C 10 °C และ 15 °C 39
4.2.2 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีของใบโหระพาระหว่างการเก็บรักษา..... 43
4.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโหระพา..... 46
4.2.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพในระหว่างการเก็บรักษาของใบโหระพา 49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 52
บรรณานุกรม..... 53
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 58
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ..... 61
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย AOAC 1995..... 71
ประวัติผู้เขียน..... 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สารอาหารของถั่วพูจากฝักอ่อน 100 กรัม	3
2.2	คุณค่าทางอาหารของโหระพาส่วนที่กินได้ 100 กรัม	4
2.3	อุณหภูมิและอายุการเก็บรักษาของผักบางชนิด	13
2.4	คุณสมบัติทางเคมีของกรดซิตริก	16
4.1	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของถั่วพู ($^{\circ}$Brix)	34
4.2	ค่าพีเอชของถั่วพู	35
4.3	ปริมาณใยอาหารของถั่วพู	36
ข1	ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซออกซิเจนของถั่วพู (เปอร์เซนต์)	62
ข2	ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถั่วพู (เปอร์เซนต์)	63
ข3	ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซออกซิเจนของโหระพา (เปอร์เซนต์)	64
ข4	ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของถั่วพู (นิวตัน)	65
ข5	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู (เปอร์เซนต์)	66
ข6	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา (เปอร์เซนต์)	67
ข7	ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ของใบโหระพา (SPAD value)	68
ข8	ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L*) ของใบโหระพา	69
ข9	ค่าเฉลี่ยความเป็นสีเขียว (a*) ของใบโหระพา	70
ข10	ค่าเฉลี่ยความเป็นสีเหลือง (b*) ของใบโหระพา	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงขอบเขตของสารประกอบฟีนอลิคและเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	8
2.2	แสดงกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในพืช	10
2.3	แสดงการเปิด-ปิดปากใบของพืช	12
2.4	แสดงสูตรโครงสร้างของกรดซิตริกในรูปผลึก Monohydrate	16
2.5	แสดงการผลิตกรดซิตริกผ่านวิถีไกลโคไลซีสของจุลินทรีย์	17
4.1	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุถั่วพู ในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ 10 °C	27
4.2	เปอร์เซนต์ของการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู ในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ 10 °C	29
4.3	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของถั่วพู เก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ 10 °C	31
4.4	ความสัมพันธ์ของความแน่นเนื้อกับเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู	32
4.5	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพระดับ 1-5 ของถั่วพูระหว่างการเก็บรักษา	38
4.6	ระดับคะแนน 5 ระดับ ของถั่วพูระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ10 °C	38
4.7	ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุใบโหระพา เก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 และ (c) อุณหภูมิ 15 °C	40
4.8	เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา ในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4°C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C	42
4.9	ค่า L* a* และ b* ของใบโหระพาในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C	44
4.10	ค่า SPAD value ของใบโหระพาในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C	46
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD value) กับค่าความเป็นสีเขียว (a*)	48
4.12	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพระดับ 1-5 ของใบโหระพาระหว่างการเก็บรักษา	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.13	ระดับคะแนน 5 ระดับ ของถั่วพูในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C	50
ก1	เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน(Checkpoint Handheld Gas Analyser)	58
ก2	แสดงตำแหน่งการวัดปริมาณก๊าซภายในถุงพลาสติกของถั่วพูและใบโหระพา	58
ก3	คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (Chlorophyll Meter) รุ่น SPAD-502 Plus	59
ก4	แสดงตำแหน่งในการวัดสีของใบโหระพา 5 จุด	59
ก5	เครื่องวัดสี (Minolta CR-400)	60
ก6	แผนผังแสดงสีของเครื่อง Minolta CR-400	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ถั่วพูและโหระพาเป็นพืชพื้นบ้านที่คนไทยรู้จักกันมาอย่างยาวนาน ปลูกได้ง่ายและปลูกได้ทั่วไปสามารถออกผลิตผลได้ตลอดทั้งปีแต่จะมีมากในฤดูฝนและมีน้อยในฤดูร้อน ในตำรายาไทยหัวถั่วพูถือว่าเป็นยาบำรุงกำลัง ถั่วพูมีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งฟอสฟอรัสและวิตามิน ส่วนโหระพาเป็นพืชที่มีกลิ่นหอม นิยมนำมาประกอบอาหารหลากหลายชนิด ช่วยปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหารให้น่ากินและช่วยดับกลิ่นคาวของอาหาร นอกจากนี้ใบโหระพาช่วยรักษาโรคหวัด อาการปวดศีรษะและยังนิยมนำมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย ในปัจจุบันถั่วพูและใบโหระพามีการปลูกเพื่อจำหน่ายทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเกษตรกรมักประสบปัญหาราคาที่ไม่แน่นอน ช่วงเวลาใดที่ผลผลิตน้อยก็จะมีราคาแพง ช่วงใดที่ผลผลิตมีมากก็จะมีราคาถูกและมีปัญหาสินค้าล้นตลาด อีกทั้งผักมีการหายใจอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากการสลายของตัวของคลอโลฟิลล์ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์และการสูญเสียน้ำ แนวทางการแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยการยืดอายุการเก็บรักษาถั่วพูและใบโหระพาให้คงความสดไว้ได้นานเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนในการบริโภคและปัญหาราคาสินค้าตกต่ำเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรไปจนถึงผู้ประกอบการในซุปเปอร์มาเก็ต

การเคลือบผิวมีบทบาทต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพืชผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด โดยที่สารเคลือบผิวสามารถชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้บางชนิดได้ดี ดังนั้นจึงมีการนำสารเคลือบผิวไปใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่สารเคลือบผิวที่ใช้ส่วนมากมีการผสมสารเคมีบางอย่าง เช่น สารฆ่าเชื้อราเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวหรือการใช้แว๊กซ์ (wax) ที่มีสารมอร์ฟอลีน (Morpholine) ซึ่งเป็นตัวตั้งต้นของสารก่อมะเร็ง ดังนั้นการใช้สารเคลือบผิวที่สามารถบริโภคได้หรือสารเคลือบผิวที่ได้จากธรรมชาติน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดสีน้ำตาลมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล (phenol) วิธีการชะลอหรือยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลมีหลายวิธี และการนำมาล้างด้วยกรดเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาได้ โดยกรดที่นิยมใช้ได้แก่ กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริก และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของการยืดอายุผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว เพราะอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกของผัก อุณหภูมิต่ำช่วยให้เก็บรักษาได้นานมากขึ้น แต่อุณหภูมิที่ต่ำมากจนเกินไปก็อาจก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาวได้โดยเฉพาะผักในเขตร้อน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้เจลว่านหางจระเข้ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ และใช้กรดซิตริกที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์และลดการเกิดสีน้ำตาลของผักเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาถั่วพูและใบโหระพาร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถั่วพูและใบโหระพาในระหว่างการเก็บรักษา

2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของเจลว่านหางจระเข้และกรดซิตริกที่เหมาะสมต่อคุณภาพถั่วพูและใบโหระพาในระหว่างการเก็บรักษาควบคู่กับการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

3. เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้แก่ สี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของถั่วพูและใบโหระพาในระยะเวลาการเก็บรักษา

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาอุณหภูมิที่ 4 °C 10 °C และ 15 °C ระดับเข้มข้นของว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 25 50 และ 75 เปอร์เซนต์ และกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 0.5 2 5 และ 10 เปอร์เซนต์ ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาถั่วพูและโหระพา รวมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนสี ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์และการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วพู

ถั่วพูมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Psophocarpus tetragonolobus Linn.* อยู่ในวงศ์เดียวกับถั่วอื่นๆ เช่น ถั่วเขียว ถั่วแขก ถั่วฝักยาว ฯลฯ โดยถั่วพูมีชื่อเรียกหลายอย่าง ได้แก่ wing bean , princess bean (เพ็ญธิรัตน์, 2546) เป็นพืชล้มลุก ลำต้นเลื้อยได้ใบออกจากลำต้นแบบสลับใบย่อย 3 ใบ ใบรูปร่างตอนปลายและขอบใบแหลม ดอกเป็นดอกย่อยสีขาวอมม่วง ผลเป็นฝักแบนยาวมี 4 ปีก ตามความยาวของฝักมีความยาวประมาณ 3-4 นิ้ว ภายในมีเมล็ดกลมเรียบเป็นมัน สีขาว น้ำตาลดำหรือเป็นจุด รากออกเป็นหัวมีปมอยู่ใต้ดิน แต่ละปมมีขนาดใหญ่ (สุธาทิพ, 2551 ก)ประเทศไทยนิยมนำถั่วพูมาประกอบอาหารประเภทยำหรือกินสด โดยถั่วพูเต็มไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สารอาหารของถั่วพูจากฝักอ่อน 100 กรัม

สารอาหาร	ต่อ 100 กรัม
เถ้า (กรัม)	2.100
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	224.000
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	14.100
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	0.000
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	74.000
โปรตีน (กรัม)	5.850
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	0.272
น้ำ (กรัม)	76.850
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	45.000

ที่มา : สุธาทิพ, 2551 ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โหระพา

โหระพามีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum basilicum Linn.* อยู่ในวงศ์ Labiatae ชื่อสามัญ Sweet Basil หรือ Thai Basil เป็นไม้ล้มลุก สูง 0.5-1 เมตร ลำต้นเป็นสี่เหลี่ยม กิ่งอ่อนสีม่วงแดง ใบรูปไข่หรือรูปรี กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 4-6 เซนติเมตร ปลายแหลม โคนมน ขอบเป็นฟันเลื่อยห่างๆ ดอกสีขาวหรือชมพูอ่อน ออกเป็นช่อที่ปลายกิ่งยาว 7-12 เซนติเมตร กลีบดอกมีโคนเชื่อมกัน ปลายแยกเป็น 2 ส่วน เกสรตัวผู้ 4 อัน โหระพามีถิ่นกำเนิดแถบเอเชีย แอฟริกา ขึ้นดีในดินร่วนแดดจัด ออกดอกตลอดปี ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดหรือปักชำกิ่ง (สุธาทิพ, 2551 ข) โหระพาเป็นพืชพื้นเมืองของอินเดีย แต่แพร่หลายทั้งในเอเชียและตะวันตก ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดที่คู่กับอาหารอิตาเลียน ประโยชน์ของโหระพา ใบสดมีน้ำมันหอมระเหย ขับลม แก้ท้องอืด ใช้เป็นอาหารและแต่งกลิ่นอาหาร เมล็ดเมื่อแช่น้ำจะพองเป็นเมือกใช้เป็นยาระบายเนื่องจากไปเพิ่มจำนวนกากอาหาร (สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2554) โดยคุณค่าทางอาหารของโหระพาแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของโหระพาส่วนที่กินได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ต่อ 100 กรัม
โปรตีน (กรัม)	3.3
ใยอาหาร (กรัม)	3.9
ไขมัน (มิลลิกรัม)	1
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	5.4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	165
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	44
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	46
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.84
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	22

ที่มา : เพ็ญธิรัตน์, 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตผล

ช่วงชีวิตของผักแบ่งได้ 3 ช่วง คือ ช่วงการเจริญเติบโต (growth) ช่วงเติบโตเต็มที่ (maturation) และช่วงร่วงโรย (senescence) ช่วงการเจริญเติบโตเซลล์ของพืชจะมีขนาดเพิ่มขึ้น มีจำนวนเพิ่มขึ้น จนส่วนของพืชมีขนาดหรือมีลักษณะสมบูรณ์เต็มที่ ช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโตจนถึงการเติบโตเต็มที่จะเป็นช่วงการพัฒนาของพืช ช่วงร่วงโรยจะเป็นช่วงที่มีกระบวนการสังเคราะห์สารต่างๆ ทางชีววิทยาเคมีซึ่งเรียกว่า anabolic stage หยุดลง และเปลี่ยนเป็นการสลายสารต่างๆ เรียกว่า catabolic stage ไปจนกระทั่งเซลล์ของเนื้อเยื่อตายในที่สุด ในผักจะแยกช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่กับช่วงร่วงโรยออกจากกันได้ยาก การเก็บเกี่ยวผักนั้นอาจทำในช่วงใดของการเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและลักษณะการนำไปใช้งาน (Kader et al., 1985)

2.3.1 ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตผล

2.3.1.1 การคายน้ำ

พืชและผลิตผลสดต่างๆ ต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมักมีอยู่สูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงมีการสูญเสียอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ผลิตผลจะมีเนื้อเยื่อโครงสร้างต่างๆ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ได้แก่ ชั้นของอิพิเดอร์มิส (epidermis) รวมทั้งไข (wax) และคิวติน (cutin) ที่เคลือบผิวอยู่แต่ผลิตผลต้องมีช่องเปิดต่างๆ เช่น ปากใบ (stomata) และเลนทิเซล (lenticel) เพื่อถ่ายเทอากาศนำเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไปสำหรับการหายใจและระบายเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลนอกจากจะทำให้น้ำหนักลดลงแล้วยังทำให้รสชาติของผลิตผลลดลงด้วยโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัสและยังทำให้ผิวเหี่ยวย่นไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค (สายชล, 2549)

2.3.1.2 การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต เป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตเอาไว้และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ดังนั้นการหายใจจึงเป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดึงเอาอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลา คุณค่าทางอาหารของผลิตผลต่อผู้บริโภคจึงลดลงเรื่อยๆ รสชาติก็อาจลดลงด้วย นอกจากนั้นแล้วการหายใจยังให้ความร้อนออกมา ซึ่งความร้อนนี้จะช่วยกระตุ้นให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เกิดขึ้นได้เร็วทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น โดยทั่วไปผลิตผลที่เป็นส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ยอดอ่อนจะมีอัตราการหายใจที่สูง ส่วนผลิตผลที่อยู่ระหว่างการพักตัวจะมีอัตราการหายใจต่ำ เช่น หัวมันเทศหรือมันฝรั่ง สำหรับพวกผลไม้มีอัตราการหายใจในระดับปานกลาง แต่ผลไม้บางชนิดเมื่อสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากและมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นด้วย เช่น กล้วยและมะม่วง ผลไม้ประเภทนี้จึงมีการสูญเสียมากเก็บรักษาได้สั้นกว่าผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำและไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก (จริงแท้, 2550) โดยการหายใจของพืชแบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้

1. การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration)

กระบวนการนี้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันที่อาหารถูกออกซิไดซ์ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจนถูกใช้ในปฏิกิริยาได้เป็นน้ำออกมาดังจะเห็นได้จากสมการการหายใจที่ใช้กลูโคสเป็นซับสเตรท (substrate) ดังนี้

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน}$$

ซึ่งการสลายกลูโคสไม่ได้มีเพียงขั้นตอนเดียว แต่จะมีลักษณะเป็นปฏิกิริยาหลายๆ ปฏิกิริยาเชื่อมต่อกัน โดยปฏิกิริยาเหล่านี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. วิถีไกลโคไลซิส (glycolysis pathway)

เป็นกระบวนการขั้นแรกของการหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นที่ไซโตพลาสซึมเป็นการสลายกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจน สลายกลูโคส 1 โมเลกุล ได้กรดไพรูเวต 2 โมเลกุล

2. การสร้างแอซิติลโคเอนไซม์ เอ (Acetyl Coenzyme A)

ขั้นตอนนี้กรดไพรูเวตจะกลายเป็นกรดอะซิติก ในการเปลี่ยนแปลงนี้จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนออกมาและกรดอะซิติกจะรวมตัวกับโคเอนไซม์ เอ ที่มีอยู่แล้วภายในเซลล์กลายเป็นแอซิติลโคเอนไซม์ เอ ในขั้นตอนนี้จะได้คาร์บอนไดออกไซด์ 2 โมเลกุล และไฮโดรเจน 4 อะตอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัฏจักรเครบส์ (Krebs' cycle)

ในขั้นตอนนี้มีการสลายสารแอซิติลโคเอนไซม์ เอ ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเก็บพลังงานไว้ในรูปของ NADH FADH และ ATP เกิดขึ้นที่บริเวณเมทริกซ์ (matrix) ซึ่งเป็นของเหลวในไมโทรคอนเดรีย (mitochondria)

4. ระบบการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

NADH+ H+ และ FADH2 ที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนและไฮโดรเจนจากการสลายกลูโคส ตั้งแต่ขั้นตอนไกลโคไลซีสจนถึงวัฏจักรเครบส์ จะถ่ายทอดอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนไปยังตัวรับอิเล็กตรอนอื่นๆ ในขณะที่ถ่ายทอดจะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งพลังงานที่ปล่อยออกมานี้สามารถนำไปสังเคราะห์ ATP ซึ่งเมื่อสลายตัวจะให้พลังงานออกมาจำนวนหนึ่งนำมาใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารต่างๆ ภายในเซลล์พืชและอีกส่วนหนึ่งจะคายออกสู่ภายนอกในรูปของพลังงานความร้อน

2. การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration)

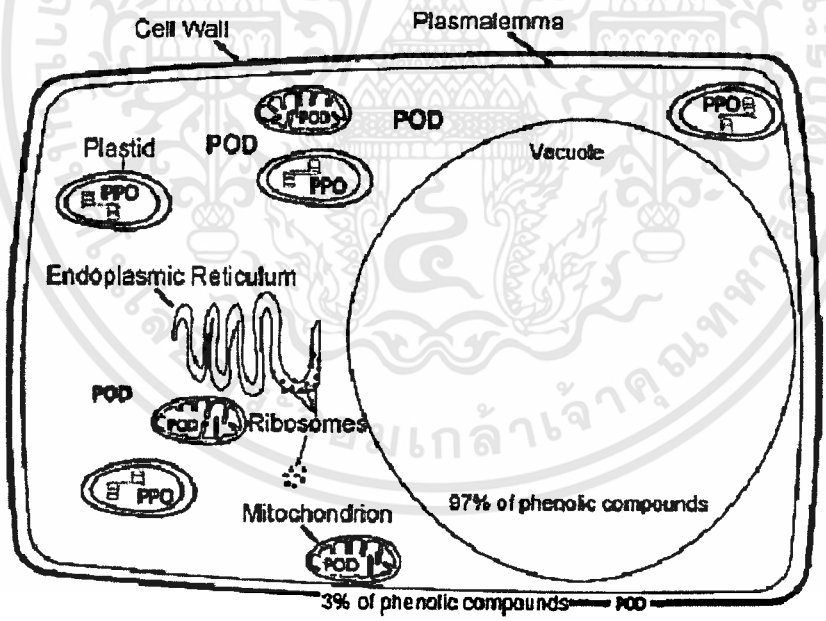
การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้ออกซิเจนในปริมาณที่จำกัด จะเกิดการสลายกลูโคสโดยผ่านวิถีไกลโคไลซีสซึ่งไม่เข้าสู่วัฏจักรเครบส์และระบบถ่ายทอดอิเล็กตรอน แต่จะสลายกรดไพรูเวตไปสู่กรดแลกติกโดยตรง ทำให้ได้พลังงานน้อยมากเพียง 2 ATP ต่อกลูโคส 1 โมเลกุล ดังนั้นเมื่อพืชมีปริมาณก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจจะทำให้ผักมีกลิ่นหมักเกิดขึ้น (Wills et al., 1981)

2.3.1.3 การเปลี่ยนสีเนื่องจากเอนไซม์

ผักผลไม้มีสีสันสดใสน่าสนใจเนื่องจากมีสารสีที่สมบูรณ์ในผิวและเนื้อผลไม้ ผักผลไม้มีอายุการเก็บรักษาจำกัดเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเอ็นไซม์ในผักผลไม้ ทำให้ผักผลไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidases : PPO) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในพืชผักทุกชนิดหลังจากที่ถูกตัดออกจากต้น โดย PPO จะกระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนสารประกอบฟีนอลิค (phenolic substrate) ไปเป็นควินโนน (quinone) จากนั้นควินโนนจะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นและมีสีน้ำตาล (จริงแท้, 2550) ในพืชเอนไซม์ PPO จะอยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) หรือพลาสทิด (plastid) อื่นๆ แยกต่างหากจากสารประกอบฟีนอลิค ซึ่งเป็นสารตั้งต้นและสะสมอยู่ในแวคิวโอล (vacuole) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 เมื่อเซลล์พืชถูกทำลายลงเอนไซม์และสารตั้งต้นจึงมีโอกาสสัมผัสกันและเกิดปฏิกิริยา นอกจากนั้นการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นเนื่องจากการเข้าทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสัตว์หรือการเกิดบาดแผลเนื่องจากปัจจัยจากธรรมชาติแล้ว การเกิดสีน้ำตาลอาจเกิดภายในพืชเช่น เมื่อเกิดการช้ำภายในของเนื้อเยื่อของผลไม้เนื่องจากการตกกระทบ หรือเกิดในสภาพอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป หรือในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปก็อาจก่อให้เกิดสีน้ำตาลภายในได้เช่นกัน เพราะสภาพดังกล่าวไม่เอื้ออำนวยต่อการมีชีวิตของเซลล์ทำให้เซลล์ภายในพืชตายลง ส่งผลให้เยื่อหุ้มต่างๆ เสื่อมคุณภาพ เอนไซม์ PPO จึงมีโอกาสสัมผัสกับสารประกอบฟีนอลและเกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดสารสีน้ำตาล สำหรับพืชที่อยู่ในระยะการเสื่อมเสียก็สามารถพบกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ในไซโทพลาซึม(cytoplasm) เพราะเยื่อหุ้มต่างๆ เสื่อมสภาพการเกิดสีน้ำตาลของผักอาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งซึ่งเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ฟีนิลอลานีนแอมโมเนียไลเอส (phenylalanine ammonia-lyase : PAL) และ PPO อุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็งที่ทำให้ผักและผลไม้ได้รับความเสียหายและเกิดสีผิดปกตินั้นเป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำชักนำให้มีกิจกรรมของ PAL และ/หรือ PPO เพิ่มขึ้นหรืออุณหภูมิต่ำทำให้เยื่อหุ้มได้รับความเสียหายและเอนไซม์ PPO กับสารฟีนอลิกรั่วไหลมาพบกันและเกิดปฏิกิริยาของการสังเคราะห์สารสีน้ำตาล (สายชล, 2549)



ภาพที่ 2.1 แสดงขอบเขตของสารประกอบฟีนอลิคและเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ที่มา : Toivonen and Brummell, 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยับยั้งไม่ให้เกิดสีน้ำตาลทำได้หลายวิธี เช่น การเก็บรักษาภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนน้อย หรืออาจใช้กรดซิตริก (citric acid) ซึ่งจะไปรีดิวซ์ควินโนนไม่ให้เกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลต่อปฏิกิริยาที่ผักผลไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล PPO จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผักผลไม้อยู่ในสภาพ pH ที่เป็นกลางถึงเป็นกรดอ่อนๆ (pH 6.0-6.5) และเมื่อ pH ต่ำกว่า 6.0 กิจกรรมของเอนไซม์จะเหลือเพียงเล็กน้อย ถ้าหาก pH ต่ำกว่า 4.5 เอนไซม์ PPO จะเสียสภาพอย่างถาวรไม่สามารถหวนกลับคืนมาอยู่ในรูปที่มีฤทธิ์ (active) ได้อีก อย่างไรก็ตามผลของ pH ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (จริงแท้, 2549)

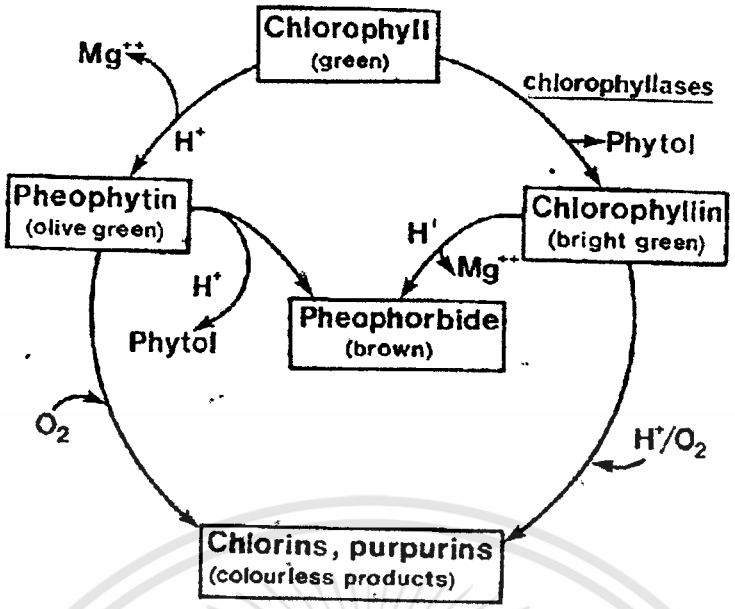
2.3.1.4 การเปลี่ยนสีเนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

โดยทั่วไปแล้วระหว่างการเก็บรักษาผักและผลไม้ คลอโรฟิลล์จะสลายตัวไปเป็นสารที่ไม่มีสี ทำให้แคโรทีนอยด์ปรากฏออกมาให้เห็น คลอโรฟิลล์เปลี่ยนแปลงได้ง่ายในสภาพของความเป็นกรดซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายแมกนีเซียม (Mg) จากศูนย์กลางโครงสร้าง tetrapyrrole และเกิดสารใหม่คือ ฟีโอไฟติน (pheophytin) เป็นสารสีเขียวมะกอก มีผู้เสนอว่าในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์นั้น คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) ทำหน้าที่เป็น catalyst ของปฏิกิริยาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ดังสมการ

$$\text{Chlorophyll} + H_2O \xrightarrow{\text{chlorophyllase}} \text{phytol} + \text{chlorophyllide}$$

คลอโรฟิลเลสมีอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อของพืชและจะทำงานเมื่อได้รับความกระทบกระเทือนทางสรีระ เชื่อกันว่าเอนไซม์ตัวนี้มีอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชในรูปของ chlorophyll-lipoprotein complex โดย lipo-protein ที่คลอโรฟิลล์เกาะติดอยู่นี้จะทำหน้าที่ป้องกันคลอโรฟิลล์จากกรดซึ่งมีอยู่โดยธรรมชาติในเนื้อเยื่อของพืช เมื่อโปรตีนเสียสภาพจะทำให้คลอโรฟิลล์ถูกกับกรด ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายแมกนีเซียมจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์และเกิดสารฟีโอไฟติน (จริงแท้, 2550) การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ดังแสดงในภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในพืช

ที่มา : Wills et al., 1981

2.3.1.5 การเหี่ยวและการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ

เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ขึ้นอยู่กับเซลลูโลสในเนื้อเยื่อที่เป็นโครงสร้างของพืช และปริมาณน้ำภายในเซลล์ ผักสดกรอบเพราะมีน้ำในเซลล์มากเมื่อน้ำเข้าไปในเซลล์ เซลล์จะพองและเต่งขึ้นเกิดแรงดันที่เรียกว่า แรงดันเต่ง (turgor pressure) ถ้าหากผนังยืดหยุ่นได้มาก ผนังเซลล์ก็จะไม่ขาด เมื่อใดที่น้ำเคลื่อนออกจากเซลล์มากเกินไปผักและผลไม้จะเหี่ยวและไม่กรอบ การที่น้ำเข้าไปในเซลล์ได้เพราะมีแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ดันให้น้ำเคลื่อนที่จากสารละลายที่เจืองจางซึ่งอยู่ภายนอกเซลล์ไปยังสารละลายที่เข้มข้นกว่าภายในเซลล์ โดยผ่านผนังชนิดที่ยอมให้สารบางชนิดเข้าออกได้ เมื่อพืชมีชีวิตอยู่จะสูญเสียน้ำออกทางปากใบ ยิ่งตอนกลางวันปากใบยิ่งเปิดกว้างแต่พืชก็ได้น้ำชดเชยกับที่เสียไปโดยดูดขึ้นมาจากรากและลำต้น เมื่อเซลล์ของผักและผลไม้ยังเป็นส่วนหนึ่งของพืชจึงมีความเต่งเสมอ แต่เมื่อเก็บเกี่ยวผักหรือผลไม้ออกมาจากลำต้นแล้วก็ยังคงมีการสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลาและผักก็ไม่ได้รับน้ำชดเชยกับที่เสียไปจึงทำให้ผักนั้นเกิดการเหี่ยวและเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ (เพ็ญธิรัตน์, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

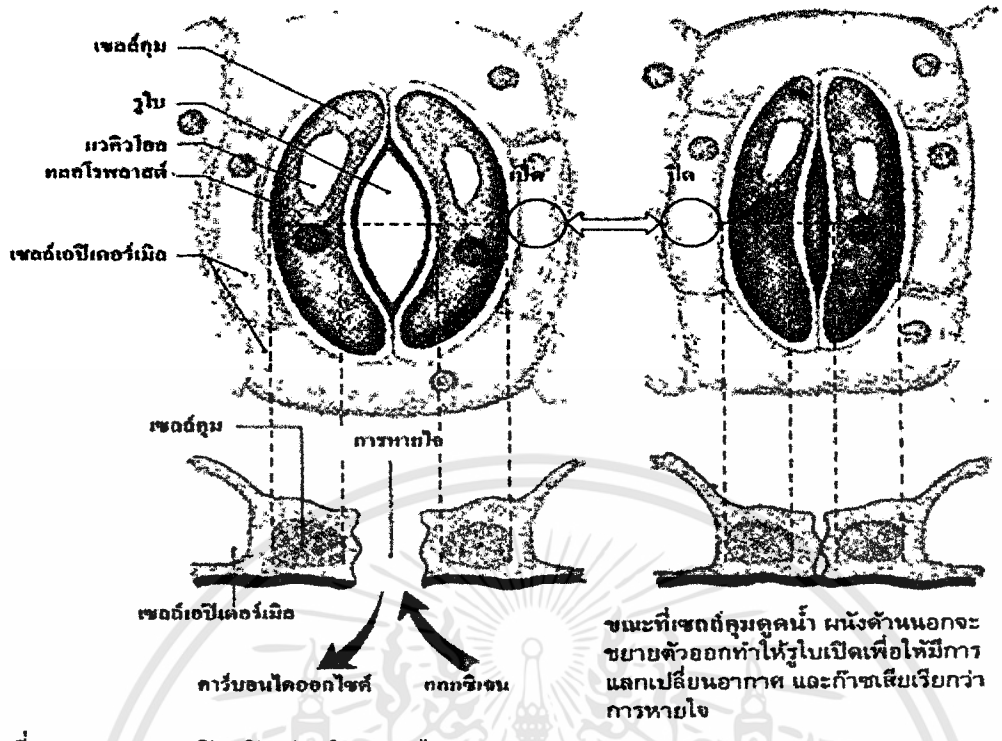
2.3.1.6 ขนาดของผลิตผล

ผลิตผลที่มีขนาดใหญ่มีพื้นที่ผิวที่จะระเหยน้ำได้มากกว่าผลิตผลที่มีขนาดเล็กอย่างเด่นชัด แต่เมื่อคิดเทียบต่อน้ำหนักที่เท่ากันแล้ว ผลขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าดังนั้นผลขนาดเล็กกว่าจะสูญเสียน้ำได้มากกว่าและเหี่ยวได้เร็วกว่าผลใหญ่ หรือเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผักรับประทานใบกับผลไม้ก็จะเห็นความแตกต่างได้ชัดขึ้นเพราะในน้ำหนักที่เท่ากัน ผักโดยเฉพาะที่รับประทานใบจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าผลไม้หลายเท่า จึงพบว่าผักนั้นเหี่ยวและเน่าเสียได้ง่ายกว่าผลไม้มาก แต่ในทางกลับกันเมื่อมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นแล้วเกิดการเหี่ยวขึ้น สามารถทำให้น้ำกลับเข้าไปในผักได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นโดยการแช่ก้านในน้ำหรือพรมน้ำ ทั้งนี้เพราะใบมีช่องเปิดหรือปากใบมากพร้อมที่จะรับน้ำเข้าไปได้ในขณะที่ผลไม้ไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตามพื้นที่ผิวของผลิตผลนั้นไม่ใช่ทุกๆ ส่วนจะสามารถคายน้ำได้ในอัตราเท่ากันทั้งหมดเพราะโครงสร้างต่างกัน บางส่วนมีช่องเปิดที่ยอมให้น้ำและอากาศผ่านเข้าออกได้สะดวกมากกว่าส่วนอื่นๆ (สายชล, 2549)

2.3.1.7 ปากใบ

ปากใบเป็นช่องเปิดที่พืชใช้สำหรับคายน้ำเพื่อระบายความร้อนและในขณะเดียวกันก็รับเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนสำหรับการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ปากใบจะมีมากในส่วนของใบ ส่วนอื่นๆ เช่น ผลก็มีอยู่บ้างแต่ไม่มากนัก ผลิตผลที่ใช้รับประทานใบจึงมีอัตราการสูญเสียน้ำได้มากกว่า ปากใบนี้มีกลไกในการควบคุมการปิดเปิดคือ เซลล์คุม (guard cell) แสดงในภาพที่ 2.3 โดยปกติเมื่อผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาสูญเสียน้ำไปเพียงเล็กน้อย ปากใบจะปิดเพื่อรักษาน้ำไว้ภายในแต่พบว่าในบางกรณี เช่น เมื่อลดอุณหภูมิของผลิตผลที่ไวต่ออุณหภูมิต่ำลงอย่างรวดเร็วจะทำให้ปากใบเปิดอยู่ได้ นอกจากจำนวนของปากใบและการปิดเปิดของปากใบแล้ว ขนาดและโครงสร้างของปากใบก็ยังเป็นตัวกำหนดอัตราในการสูญเสียน้ำอีกด้วย ในพืชบางชนิดปากใบอยู่ลึกลงไปใต้ผิวใบ ทำให้โมเลกุลของน้ำที่จะเคลื่อนที่ออกไปได้ยากขึ้น (สายชล, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงการเปิด-ปิดปากใบของพืช
ที่มา : ชลิตาและคณะ, 2553

2.3.2 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตผล

2.3.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว เพราะอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผลทุกอย่างและมีผลต่อปัจจัยอื่นๆ ภายนอกด้วย ในด้านของผลิตผลเอง อุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น ดังนั้นการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ภายในผลิตผลก็จะเกิดขึ้นเร็ว ทำให้ผลิตผลเสียหายได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม อุณหภูมิต่ำจะทำให้ผลิตผลสามารถเก็บรักษาไว้ในสภาพเดิมได้นานกว่า แต่ในกรณีอุณหภูมิต่ำก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้โดยเฉพาะกับผลิตผลในเขตร้อนอาจเกิดอาการผิดปกติที่เรียกกันว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) ขึ้นได้ ซึ่งเป็นอาการผิดปกติเมื่อผักสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง เกิดได้ทั้งในพืชที่ยังเจริญเติบโตอยู่ในธรรมชาติและส่วนของพืชที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว อาการสะท้านหนาวจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่พืชสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ ถ้าอุณหภูมิต่ำมากและสัมผัสนานอาการจะเกิดมาก แต่ถ้าอุณหภูมิไม่ต่ำมากและสัมผัสอยู่ไม่นานอาการจะเกิดน้อย ปัจจัยของเนื้อเยื่อ ชนิดและพันธุ์ของพืชที่ไม่เหมือนกันก็เกิดอาการไม่เท่ากัน แสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิและอายุการเก็บรักษาของผักบางชนิด

ชื่อผัก	อุณหภูมิที่เหมาะสม (°C)	อายุการเก็บรักษา
ถั่วลันเตา	5-6	5-7 วัน
ถั่วฝักยาว	8-10	7-10 วัน
ถั่วพู	10-12	7-10 วัน
บร็อกโคลี	0	10-14 วัน
กะหล่ำดอก	0	3-4 สัปดาห์
สะระแหน่	5-8	1 สัปดาห์
ใบแมงลัก,โหระพา	13	6 วัน
ผักกาดหอม	0	2 สัปดาห์
คะน้า	0	2-3 สัปดาห์

ที่มา : สายชล, 2549

อาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นกับพืชคือ การแสดงอาการตายของเซลล์ที่ผิวทำให้มีรอยบุ๋มหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล การสะท้านหนาวไม่ใช่การเสื่อมสลายของพืช เพราะไม่ได้ถูกกำหนดให้เกิดขึ้นด้วยตัวพืชเอง แต่จะเกิดขึ้นได้เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่พืชหรือเนื้อเยื่อแต่ละชนิดจะทนได้ นอกจากนั้นอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนผลิตผลและปริมาณความชื้นของอากาศรอบผลิตผลด้วย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะรักษาผลิตผลให้มีคุณภาพดีอยู่ได้นานที่สุด (สายชล, 2549)

2.3.2.2 ความชื้นในบรรยากาศ

ความชื้นหรือความดันไอน้ำในบรรยากาศโดยปกติจะมีความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 100 เปอร์เซนต์ จึงมีโอกาสที่จะรับน้ำได้อีกมาก ส่วนในผักและผลไม้นั้นมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่า 70 เปอร์เซนต์ ความดันไอน้ำภายในผักผลไม้นั้นค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับภายนอก เพราะฉะนั้นจะมีการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลอยู่ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับว่าบรรยากาศภายนอกจะมีความชื้นมากน้อยเพียงใด ในกรณีที่ความชื้นของบรรยากาศมีความชื้นสัมพันธ์ 100 เปอร์เซนต์ น้ำก็ยังมีโอกาสสูญเสียจากผลิตผลให้กับบรรยากาศได้เนื่องจากผลิตผลมีการหายใจให้พลังงานความร้อนออกมาสู่บรรยากาศรอบๆ ทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นและทำให้อากาศรับน้ำได้มากขึ้นกว่าเดิม (นิธิยาและดนัย, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 เอทธิลีน

การใช้เอทธิลีนกับผักจะมีผลต่อช่วงระยะเวลาที่มีอัตราการหายใจสูงสุด (climacteric) เอทธิลีนจะช่วยย่นเวลาของการเกิด climacteric peak ในผักประเภท climacteric ให้เกิดเร็วขึ้น แต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (respiratory curve) เอทธิลีนสามารถกระตุ้นให้ผักประเภท non-climacteric เกิดการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อใดก็ได้ การหายใจที่เพิ่มขึ้นจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่ได้รับเอทธิลีน ยิ่งความเข้มข้นของเอทธิลีนที่ให้มีมากอัตราการหายใจยิ่งเพิ่มมากขึ้น การใช้เอทธิลีนกับผักประเภท climacteric จะได้ผลเร็วเมื่อใช้กับผักที่อยู่ในช่วง preclimacteric stage และที่อุณหภูมิสูง (นิธิยาและดนัย, 2548)

2.3.2.4 การเกิดบาดแผล

บาดแผลเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่น้ำจะผ่านออกไปจากผลิตผลได้ง่ายกว่าช่องทางอื่นๆ เนื่องจากสิ่งกีดขวางการเข้าออกของน้ำถูกทำลายไปหมด แต่ผลิตผลโดยทั่วไปมักจะมีความสามารถในการสมานบาดแผลที่เกิดขึ้น นอกจากนี้รอยช้ำที่เกิดจากการกระทบกระเทือนจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำได้มากเช่นกัน เพราะเมื่อเซลล์ถูกทำลายจุลินทรีย์จะเข้าเจริญเติบโตและทำลายโครงสร้างในการป้องกันการสูญเสียน้ำให้หมดไปทำให้มีการหายใจเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและความรุนแรงหรือขนาดของการเกิดบาดแผล (จริงแท้, 2549)

2.3.2.5 การไหลเวียนของอากาศที่เก็บรักษาผลิตผล

การไหลเวียนของอากาศมีมากจะทำให้การแพร่กระจายของโมเลกุลของน้ำออกมาสู่อากาศที่ไหลเวียนรอบๆ ได้มากขึ้น ผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วควรเก็บไว้ในที่มีการไหลเวียนของอากาศน้อยเพื่อลดการสูญเสียน้ำ แต่เนื่องจากผลิตผลมีการหายใจและผลิตความร้อนอยู่ตลอดเวลาจึงจำเป็นต้องมีการถ่ายเทความร้อนออกไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งตอนนำผลิตผลเข้ามาเก็บใหม่ๆ จะต้องกำจัดเอาความร้อนที่ติดมาจากแปลง (field heat) ออกซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การใช้น้ำเย็นหรือลมเย็น สำหรับการทำให้เย็นแบบใช้ลมเย็นต้องทำให้ลมนั้นมีความชื้นสูงมิฉะนั้นผลิตผลจะสูญเสียน้ำจนคุณภาพลดลง ในระหว่างเก็บรักษาจะต้องจัดให้ภายในสถานที่เก็บมีการไหลเวียนของอากาศดีพอที่จะไม่ให้เกิดการสะสมของความร้อนมากเกินไปและให้มีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุดด้วย (สมชาย, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้

2.4.1 อุณหภูมิ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีที่ช่วยให้กระบวนการต่างๆ ทางชีวภาพช้าลงและยืดอายุการเก็บรักษาเนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยยับยั้งการหายใจและกระบวนการเมตาบอลิซึมที่จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพ (จริงแท้, 2538) แต่การที่ผลิตผลถูกเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางสรีระวิทยา เช่น การเกิดอาการสะท้านหนาว อาการที่พบคือ สีที่เปลือกนอกและภายในเปลี่ยนแปลง เนื้อภายในเกิดเป็นสีน้ำตาลดำ ฉ่ำน้ำและรสชาติผิดปกติและอาจมีการหายใจและการสร้างก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้นด้วย สันนิษฐานว่าเกิดจากองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือเยื่อหุ้มออแกเนลล์บางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ภายในเซลล์ส่งผลให้เซลล์ตาย (จริงแท้, 2550)

2.4.2 การใช้สารเคมี

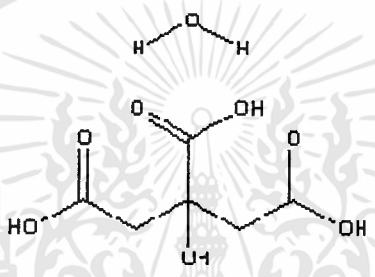
ผักหลังการเก็บเกี่ยวมีโอกาสที่จะปนเปื้อนจุลินทรีย์สูง ซึ่งการล้างด้วยน้ำสะอาดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไม่เพียงพอต่อการยืดอายุการเก็บรักษา ดังนั้นการใช้สารเคมีในการล้างทำความสะอาดเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดก่อนทำการเก็บรักษาสามารถยืดอายุได้ (Isabelle et al., 2008) กรดซิตริกเป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นกรดอ่อนใช้เพื่อการถนอมอาหารได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคสามารถเติมลงไปในอาหารได้ ไม่เกิดอันตรายและสามารถย่อยสลายได้ง่ายและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม พบได้ตามธรรมชาติโดยทั่วไปในผักและผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว โดยเฉพาะพืชตระกูลมะนาว สัปปะรดและส้มซึ่งมีสัดส่วนกรดซิตริกเป็นองค์ประกอบสูง สำหรับการบริโภคกรดซิตริกของโลกนั้นส่วนใหญ่กรดซิติกถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม 50 เปอร์เซนต์ ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป 20 เปอร์เซนต์ ใช้ในอุตสาหกรรมซักฟอกและทำความสะอาด 20 เปอร์เซนต์ และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง 10 เปอร์เซนต์ กรดซิตริกที่ผลิตในปัจจุบันอยู่ในรูปผลึก Monohydrate ($C_6H_8O_7.H_2O$) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 มีคุณสมบัติทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งมีน้ำประกอบอยู่ 1 โมเลกุล มีสีใส ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางเคมีของกรดซิตริก

รายละเอียด	Anhydrous	Monohydrate
Molecular Weight	192.12	210.14
Specific Gravity	1.665	1.542
Melting Point	153 °C	70-75 °C
Boiling Point	-	175 °C

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2554



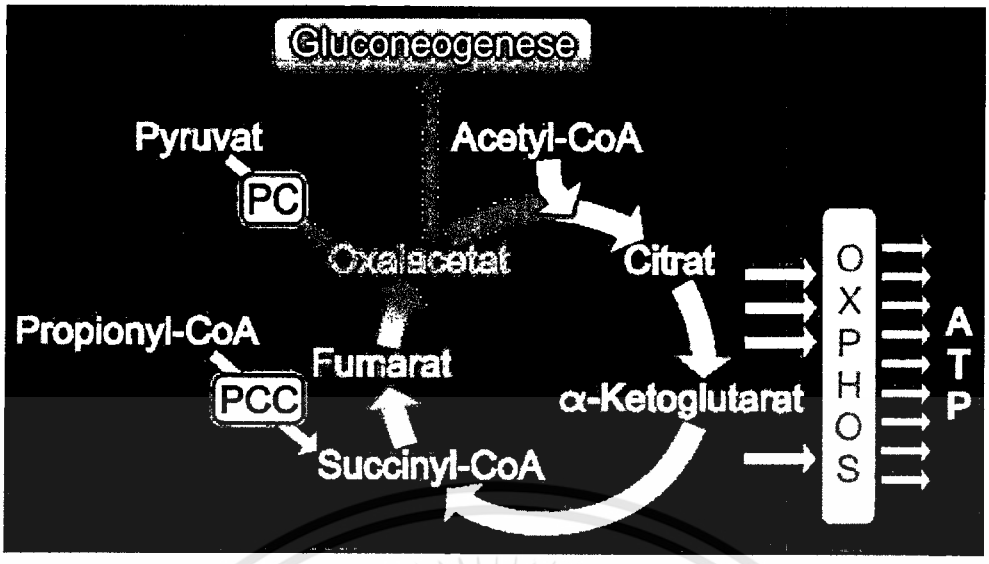
ภาพที่ 2.4 แสดงสูตรโครงสร้างของกรดซิตริกในรูปผลึก Monohydrate

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2555

ในปัจจุบันนิยมผลิตกรดซิตริกด้วยวิธีการสังเคราะห์จากน้ำตาลกลูโคสผ่านวิถีไกลโคไลซีส (Glycolysis Pathway) ได้เป็นสารออกซาโลอะซิเตท (Oxaloacetate) แล้วสะสมเป็นกรดซิตริก ดังแสดงในภาพที่ 2.5 โดยจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เชื้อรา *Aspergillus Niger* และยีสต์ *Cadida Lypolitica* กรดซิตริกมีคุณสมบัติที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในหลายทางนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เป็นสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปและสามารถควบคุมระดับค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นโทษไม่สามารถเติบโตได้ จึงเป็นที่นิยมใช้เพื่อการถนอมอาหารและเครื่องดื่ม (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.5 แสดงการผลิตกรดซิตริกผ่านวิถีไกลโคไลซีสของจุลินทรีย์

ที่มา : สำนักงานกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2554

กรดซิตริกสามารถทำหน้าที่เป็น acidulant โดยทำให้ความเป็นกรดในระบบเพิ่มขึ้น และสามารถทำหน้าที่เป็น chelating ในการขจัดโลหะได้ จากรายงานของ Jiang et al., (1999) พบว่ากรดซิตริกสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพในลิ้นจี่ โดยสามารถยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ 80 – 85 เปอร์เซนต์

2.4.3 การใช้สารเคลือบผิว

โดยธรรมชาติผลไม้จะมีสารประเภทไขเคลือบอยู่ที่ผิว ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ เพิ่มประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียน้ำหนัก ตลอดจนควบคุมอัตราการหายใจ ลดความเสียหายและความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผักผลไม้ โครงสร้างของสารเคลือบผิวยังมีบทบาทต่อการยืดอายุการเก็บรักษามากกว่าความหนาของสารที่เคลือบบนผลิตผล สารที่มีการเรียงซ้อนกันของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ มีคุณภาพดีกว่าสารที่หนาแต่มีโครงสร้างไม่เป็นระเบียบ (นิธิยาและดนัย, 2548)

สารเคลือบผิวทำหน้าที่ปกคลุมและปิดช่องต่างๆ ตามธรรมชาติลดการสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซน้อยลง เมื่อผลไม้ถูกเก็บเกี่ยวระบบการลำเลียงน้ำจากพื้นดินถูกตัดขาด อีกทั้งยังมีการสูญเสียน้ำในการหายใจ ทำให้ปริมาณน้ำในไซโตรพลาสซึมน้อยลง (Ben, 1969) การใช้สารเคลือบผิวสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำ ก่อให้เกิดบรรยากาศอิ่มตัวของไอน้ำส่วนที่ติดกับผลิตผล ช่วยควบคุมอัตราการหายใจโดยจะควบคุมการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
122975

และเพิ่มความมันวาวซึ่งทำให้ลักษณะปรากฏดีขึ้นและสีผิวสวยงาม การเลือกใช้สารเคลือบผิวในปริมาณที่เหมาะสมสามารถลดการสูญเสียน้ำ ชะลออัตราการหายใจ การสุกและการแพร่กระจายของสารระเหย ลดความเสียหายและความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลไม้ โดยผักผลไม้ที่มีไขเคลือบอยู่จะลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าผักผลไม้ที่ไม่มีไขเคลือบอยู่ (Hagenmaier and Shaw, 1992) การใช้สารเคลือบผิวควรเลือกชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมกับผักผลไม้แต่ละชนิด เช่น การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำหรือเคลือบผิวบางเกินไป จะลดการคายน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย ส่วนความเข้มข้นสูงหรือเคลือบหนาเกินไป นอกจากจะสิ้นเปลืองสารแล้วยังจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซมากเกินไปอาจจะทำให้เนื้อเยื่อขาดก๊าซออกซิเจนเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน มีผลทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Arthey, 1975) ปัจจุบันสารเคลือบผิวที่ใช้มีส่วนประกอบของสารเคมีบางอย่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารเคลือบผิว ดังนั้นการใช้สารเคลือบผิวที่ได้จากธรรมชาติ เช่น ว่านหางจระเข้ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมี

2.4.3.1 ว่านหางจระเข้

ว่านหางจระเข้ที่ปลูกในไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aloe barabadensis mill.* และมีชื่ออื่นๆ เรียกแตกต่างกันออกไป ในประเทศไทยทางภาคเหนือเรียกว่า ว่านไฟไหม้ ภาคกลางเรียก หางจระเข้ เป็นพืชยืนต้นซึ่งประกอบด้วย 400 สายพันธุ์ที่แตกต่างกันแต่ *Aloe barabadensis* เป็นสายพันธุ์ที่นิยมในการนำมาศึกษามากที่สุด โดยมีลักษณะเป็นไม้พุ่มใบหนาและยาวมีสีเขียว ใบยาวประมาณ 30 นิ้ว โคนใบใหญ่ ปลายใบแหลมและมีหนามแหลมตามริมครีบใบ เนื้อเยื่อภายในใบเป็นวุ้น ใบคลี่ออกรอบโคนต้นพื้นดินเล็กน้อย ก้านดอกจะแทงขึ้นมาจากกลางต้นเป็นก้านแข็ง สูงราว 2 ฟุต สีแดงอมเหลืองออกดอกเป็นช่อ (Bozzi et al., 2007) ผลิตภัณฑ์ของว่านหางจระเข้แบ่งออกได้เป็นน้ำยางและเจลว่านหางจระเข้ โดยน้ำยางมีสีเหลืองและรสขม เป็นของเหลวที่ไหลซึมออกมาจาก pericyclic tubules ในส่วนนอกผิวของใบ ส่วนประกอบสำคัญของ น้ำยางคือ อนุพันธ์ของไฮดรอกซี่แอนทราซีน (hydroxyanthracene) และมีคุณสมบัติเป็นยาระบาย ส่วนเจลว่านหางจระเข้มีลักษณะเป็นเจลใสไม่มีสีอยู่ในใบสด ประกอบด้วยน้ำมากกว่า 98 เปอร์เซนต์และโพลีแซคคาไลด์ (polysaccharide) (Bozzi et al., 2007)

ใบว่านหางจระเข้ที่นำไปใช้ประโยชน์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

1.น้ำยางหรือยาดำ เมื่อกรีดใบ น้ำยางที่ไหลออกมาใหม่ๆ จะไม่มีสี เมื่อทิ้งไว้ให้น้ำยางถูกกับอากาศน้ำยางจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำตาลและยังมีสารประเภทแอนทราคิวโนน (anthraquinone) ซึ่งสารนี้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เจลว่านหางจระเข้ มีส่วนประกอบหลักเป็นกลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งเป็นสารพวกโพลีแซกคาไรด์ สารพวกนี้มีคุณสมบัติคล้ายกับกัวกัม มีสรรพคุณรักษาแผลต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและช่วยสมานแผล (เกสร, 2531)

นักวิจัย Saks and Barkai-Golan (1995) ทำการศึกษาผลของการใช้เจลว่านหางจระเข้กับผล grapefruit พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรค 4 ชนิด ได้แก่ *Penicillium digitaum P. expansum Botrytis cinerea* และ *Alternaria alt ernate* นักวิจัย Castillo et al., (2010) ได้ทำการเคลือบผิวองุ่นด้วยเจลว่านหางจระเข้ พบว่ามีอัตราการหายใจลดน้อยลง มีความแน่นเนื้อมากกว่าตัวอย่างควบคุมในเวลาเก็บรักษาที่เท่ากันและสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราและยีสต์ได้ และ รักษา (2545) พบว่ามะนาวเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้มีอายุการเก็บรักษานานกว่ามะนาวที่เคลือบด้วยส่วนของเปลือก โดยมะนาวที่เคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 30 เปอร์เซนต์ มีอายุการเก็บรักษา 42 วัน สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเปลี่ยนแปลงสีที่เปลือกมะนาวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ว่านหางจระเข้ *Aloe barabadensis* จากซอยเพชรเกษม 77 กรุงเทพฯ

3.1.2 ใบโหระพา จากตลาดสดสำโรง จังหวัดสมุทรปราการ

3.1.3 ถั่วพู จากตลาดสดสำโรง จังหวัดสมุทรปราการ

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 ตู้ควบคุมอุณภูมิ (Incubator) Accuplus รุ่น i250-DS

3.2.2 เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน(Checkpoint Handheld Gas Analyser) PBI-Dansensor America Inc.

3.2.3 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TX-plus

3.2.4 ถุงพลาสติกชนิด Low Density Polyethylene (LDPE) ความหนา 0.2 มิลลิเมตร ขนาด 8 x 12 นิ้ว

3.2.5 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) Suntex รุ่น SP 701, Taiwan

3.2.6 รีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) HRB-32ATC 0-32 $^{\circ}$Brix

3.2.7 คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (Chlorophyll Meter) Minolta chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 Plus

3.2.8 เครื่องปั่นอาหาร (Commercial blender) Severin รุ่น SEV-3713

3.2.9 เครื่องวัดสี (Color meter) Minolta CR-400 บริษัท Konica Minolta Sensing, Inc.

3.2.10 ตู้อบลมร้อน (Drying Oven) Path รุ่น OV663, Thailand

3.2.11 crucible ขนาดของ filter ประมาณ 40-90 ไมครอน

3.2.12 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.13 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (Fibertec system) FOSS รุ่น system M6

3.2.14 เตาเผา (Muffle furnace) Model รุ่น CWF1200, Carbolite, England

3.2.15 เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 2 ตำแหน่ง Mettler Toledo รุ่น PL4002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

3.3.1 กรดซิตริก (food grade)

3.3.2 สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.25% (v/v)

3.3.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% (v/v)

3.3.4 n-Octanol

3.3.5 อะซิโตน

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.5.1.1 เลือกถั่วพูที่มีลักษณะสดเนื้อสัมผัสกรอบไม่เหี่ยวมีสีเขียวเข้ม ไม่มีรอยแมลงกัดกินหรือมีบาดแผล นำมาล้างน้ำประปาให้สะอาดและทิ้งให้แห้ง 5 นาที ก่อนนำไปทำการทดลอง

3.5.1.2 เลือกใบโหระพาที่มีลักษณะใบสดสีเขียวไม่เหี่ยว ใบมีความสมบูรณ์ไม่มีรอยแมลงกัดกินหรือมีบาดแผล นำมาล้างน้ำประปาให้สะอาดให้สิ่งสกปรกออกให้หมด ทิ้งให้แห้ง 5 นาที ก่อนนำไปทำการทดลอง

3.5.2 การเตรียมสารเคลือบผิวจากว่านหางจระเข้และสารเคมี

3.5.2.1 เลือกใบว่านหางจระเข้ที่มีลักษณะสดสีเขียวไม่มีการเหี่ยวของใบ ล้างน้ำทำความสะอาดเศษดินและสิ่งสกปรกออกให้หมด นำไปปอกเปลือก ล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้น จากนั้นนำวุ้นที่ได้เข้าเครื่องปั่นความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 3 นาที แยกตะกอนด้วยผ้าขาวบางจะได้เจลว่านหางจระเข้ 100 เปอร์เซนต์ นำเจลว่านหางจระเข้ผสมกับน้ำสะอาดให้ได้ความเข้มข้น 25, 50 และ 75 เปอร์เซนต์ (v/v) (ดัดแปลงจาก จิตตา, 2552)

3.3.2.2 นำกรดซิตริกละลายกับน้ำสะอาดให้มีความเข้มข้น 0.05, 0.5, 2, 5 และ 10 เปอร์เซนต์ (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ศึกษาอุณหภูมิ สารเคมีและสารเคลือบผิวที่มีผลต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงพลาสติกและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถั่วพู

3.5.3.1 นำถั่วพูจากข้อ 3.5.1.1 แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 100 ± 3 กรัม

กลุ่มที่ 1 บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก (ตัวอย่างควบคุม)

กลุ่มที่ 2 จุ่มลงในเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 25 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้แห้งประมาณ 5-10 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

กลุ่มที่ 3 จุ่มลงในเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้แห้งประมาณ 5-10 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

กลุ่มที่ 4 จุ่มลงในเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 75 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้แห้งประมาณ 5-10 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

กลุ่มที่ 5 จุ่มลงในกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้แห้งประมาณ 5-10 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

กลุ่มที่ 6 จุ่มลงในกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5 เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้แห้งประมาณ 5-10 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

สัดส่วนของถั่วพูต่อสารเคลือบผิวคือ ถั่วพู 600 กรัมต่อสารเคลือบผิว 3 ลิตรแต่ละกลุ่มนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C สุ่มตัวอย่างตรวจและบันทึกผลการทดลองดังนี้

1. ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วัดผลทุก 3 วันของการเก็บรักษา โดยใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน เสียบเข็มที่จุดกึ่งกลางถุง (ภาพที่ ก2) ค่าที่อ่านได้เป็นเปอร์เซนต์ของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง

2. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการเก็บรักษา หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุก 3 วัน ในหน่วยกรัม คำนวณเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\text{เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3. วัดค่าความแน่นเนื้อ

วัดผลทุก 3 วัน โดยใช้หัววัดWarner-Bratzler Blade ความเร็วในการตัด 10 มิลลิเมตรต่อนาที ความหนาใบมีด 3 มิลลิเมตร ค่าแรงเฉือนที่วัดได้หน่วยเป็นนิวตัน (Krebbers et al., 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ตรวจวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (Total soluble solids :TSS)

นำถั่วพู 100 กรัม ทำการปั่นเป็นเวลา 2 นาที บีบคั้นน้ำและทำการวัด TSS โดยใช้เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Gue et al., 2008) ทำการบันทึกผลในวันที่ 1, 10 และ 16

5. ตรวจวัดพีเอช

นำถั่วพู 100 กรัม ทำการปั่นและคั้นน้ำ นำมาวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ทำการบันทึกผลในวันที่ 1, 10 และ 16

6. หาปริมาณใยอาหาร (crude fiber)

บันทึกผลในวันที่ 1, 10 และ 16 โดยใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย ตามวิธี AOAC, 1995 (ภาคผนวก ค1)

7. วัดลักษณะทางกายภาพ ใช้การให้คะแนนตามลักษณะปรากฏ ดังนี้

ระดับคะแนน 5 = ถั่วพูมีลักษณะแข็งกรอบสีเขียวสด ผิวเป็นมันเงา

ระดับคะแนน 4 = ถั่วพูมีสีที่ซีดลงเป็นสีเขียวอ่อน ผิวเหี่ยงไม่เป็นมันเงา

ระดับคะแนน 3 = ถั่วพูเริ่มเกิดสีน้ำตาลบริเวณขอบ

ระดับคะแนน 2 = ถั่วพูเกิดสีน้ำตาลที่แกนกลางและมีสีน้ำตาลบริเวณขอบเพิ่มขึ้น

ระดับคะแนน 1 = ถั่วพูเกิดสีน้ำตาลทั่วทั้งผัก

ทำการบันทึกผลทุก 3 วัน เมื่อถั่วพูที่นำมาทำการทดลองมีลักษณะทางกายภาพในระดับคะแนน 2 จะหยุดทำการทดลอง

8. วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ศึกษาอุณหภูมิและสารเคมีที่มีผลต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุงพลาสติกและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของใบโหระพา

3.5.4.1 นำโหระพาจากข้อ 3.5.1.2 แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 25 ± 3 กรัม

กลุ่มที่ 1 บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก (ตัวอย่างควบคุม)

กลุ่มที่ 2 จุ่มทั้งต้นลงในกรดซิตริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 5-10 นาทีบรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

กลุ่มที่ 3 จุ่มทั้งต้นลงในกรดซิตริกความเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1 นาที ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 5-10 นาทีบรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

กลุ่มที่ 4 จุ่มทั้งต้นลงในกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 1นาที ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 5-10 นาทีบรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดผนึก

สัดส่วนของใบโหระพาต่อสารเคลือบผิวคือ ใบโหระพา 400 กรัมต่อสารเคลือบผิว 3 ลิตร แต่ละกลุ่มนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C 10 °C และ 15 °C สุ่มตัวอย่างตรวจและบันทึกผลการทดลองดังนี้

1. ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน

วัดผลทุก 3 วันของการเก็บรักษา โดยใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนเสียบเข็มที่จุดกึ่งกลางของถุง (ภาพที่ ก2) ค่าที่อ่านได้เป็นเปอเซนต์ของก๊าซออกซิเจน

2. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการเก็บรักษา หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุก 3 วัน ในหน่วยกรัม คำนวณเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\text{เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3. วัดปริมาณคลอโรฟิลล์

ใช้เครื่องวัดคลอโรฟิลล์มิเตอร์วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในหน่วย SPAD value ตรวจวัดใบโหระพาจำนวน 15 ใบ ใน 1 ใบวัด 5 จุด (ภาพที่ ก3) เฉลี่ยค่าที่วัดได้บันทึกผลทุก 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วัดสี

ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดสี โดยทำการปรับมาตรฐานเครื่องด้วยแผ่นเทียบมาตฐานสีขาว และเลือกเป็นระบบ CIE ที่ประกอบด้วยตัวแปรค่าสี L* a* b* ทำการตรวจวัดใบโหระพาจำนวน 15 ใบ ใน 1 ใบวัด 5 จุด (ภาพที่ ก3) เฉลี่ยค่าที่วัดได้บันทึกผลทุก 3 วัน

5. ติดตามลักษณะทางกายภาพ ใช้การให้คะแนนตามลักษณะปรากฏ ดังนี้

ระดับคะแนน 5 = ใบโหระพามีสีเขียวสด ก้านแข็ง

ระดับคะแนน 4 = ใบโหระพามีสีเขียว ก้านอ่อนตัว

ระดับคะแนน 3 = ใบโหระพาเกิดสีน้ำตาลประมาณ 25 เปอร์เซนต์ ก้านอ่อนตัว ใบเหี่ยว

ระดับคะแนน 2 = ใบโหระพาเกิดสีน้ำตาลประมาณ 50 เปอร์เซนต์ ก้านอ่อนตัว ใบเหี่ยว

ระดับคะแนน 1 = ใบโหระพาเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50 เปอร์เซนต์ ก้านอ่อนตัว ใบเหี่ยว

6. วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

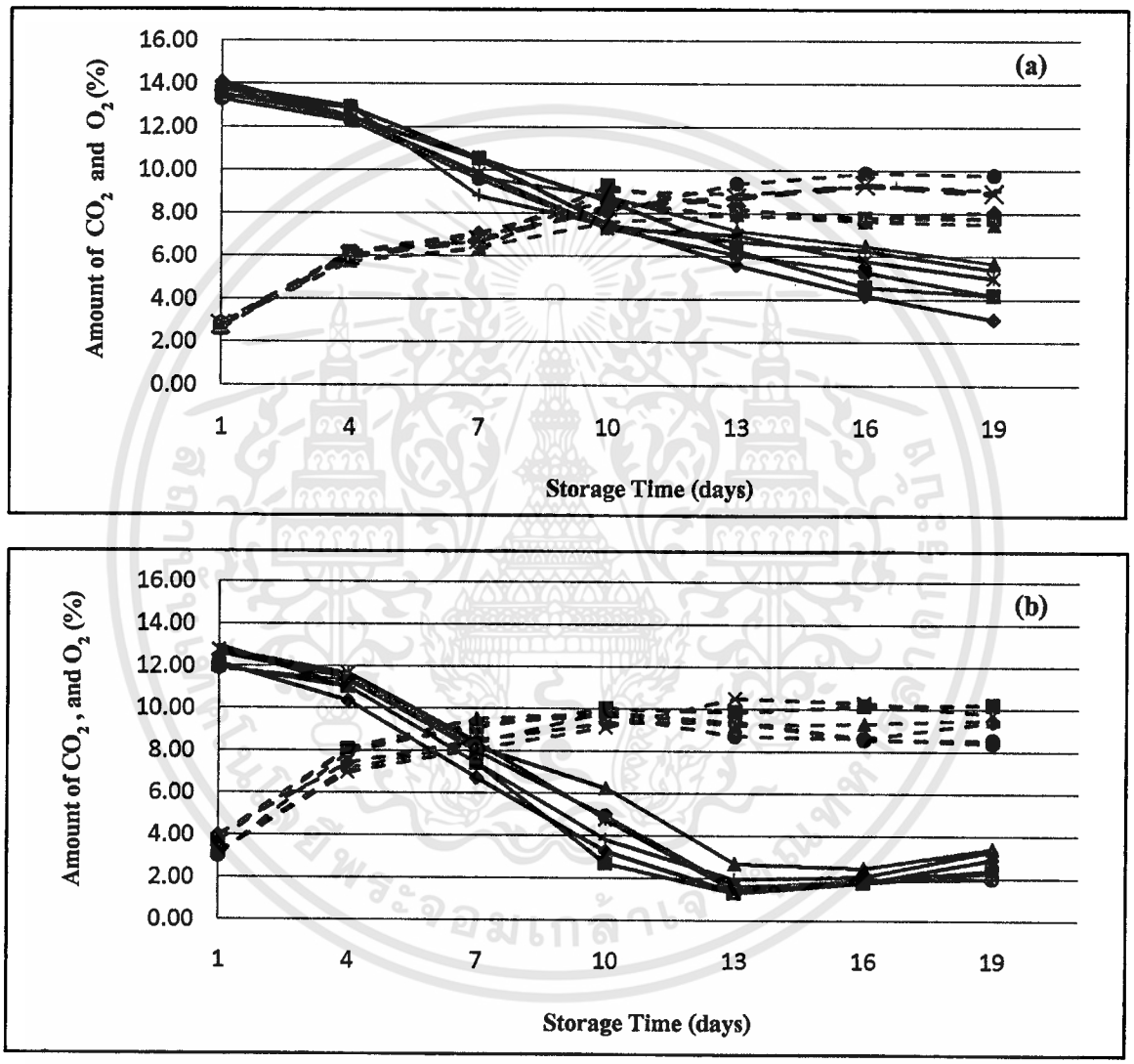
4.1 ผลของอุณหภูมิ สารเคมีและการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของถั่วพู

4.1.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถั่วพูเก็บที่ 4 °C และ 10 °C

จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงที่บรรจุผักตัวอย่าง พบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงเนื่องจากถูกใช้ในการหายใจและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากถูกปลดปล่อยออกมา จากภาพที่ 4.1 วันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณก๊าซออกซิเจนอยู่ในช่วง 11.93 - 14.13 เปอร์เซนต์ เมื่อถึงวันที่ 10 พบว่ามีปริมาณลดลงอยู่ในช่วง 2.70 - 8.80 เปอร์เซนต์ ที่อุณหภูมิ 4 °C ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25 เปอร์เซนต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุด (8.80 เปอร์เซนต์) และถั่วพูจุ่มกรดซิตริก 0.05 เปอร์เซนต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด (7.32 เปอร์เซนต์) ที่อุณหภูมิ 10 °C พบว่าถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25 เปอร์เซนต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากที่สุด (6.28 เปอร์เซนต์) และถั่วพูจุ่มกรดซิตริก 0.5 เปอร์เซนต์ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด (2.70 เปอร์เซนต์) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 2.63 - 4.01 เปอร์เซนต์ ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาพบว่ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 7.63 - 10.04 เปอร์เซนต์ ที่อุณหภูมิ 4 °C ตัวอย่างควบคุม มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด (9.34 เปอร์เซนต์) ถั่วพูจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซนต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด (7.63 เปอร์เซนต์)ที่อุณหภูมิ 10 °C ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด (10.04 เปอร์เซนต์) และถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25เปอร์เซนต์ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด (9.10 เปอร์เซนต์) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ใช้ในการหายใจของทั้งสองอุณหภูมิจากจุดตัดระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจุดตัดนี้แสดงถึงจุดที่ก๊าซมีปริมาณเท่ากันจนถึงจุดสมดุลย์ ที่อุณหภูมิ 4 °C มีจุดตัดอยู่ในวันที่ 10 ในขณะที่ 10 °C มีจุดตัดอยู่ในวันที่ 7 เห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่ 4 °C ช่วยให้มีการหายใจช้ากว่าที่ 10 °C และถ้าเก็บรักษาถั่วพูต่อไปอีกจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าก๊าซออกซิเจนส่งผลให้ถั่วพูเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนและเสื่อมเสียเร็วมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเจลว่านหางจระเข้และกรดซิตริก พบว่าการเคลือบผิวด้วยว่านหางจระเข้ช่วยลดการใช้ก๊าซดีกว่ากรดซิตริก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Martinez-Romero et al., (2006) ได้ศึกษาการเคลือบผิวเชอร์รี่หวานด้วยว่านหางจระเข้ที่ผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °C และ 20 °C พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °C มีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 20 °C



ภาพที่ 4.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุถั่วพู ในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ 10 °C

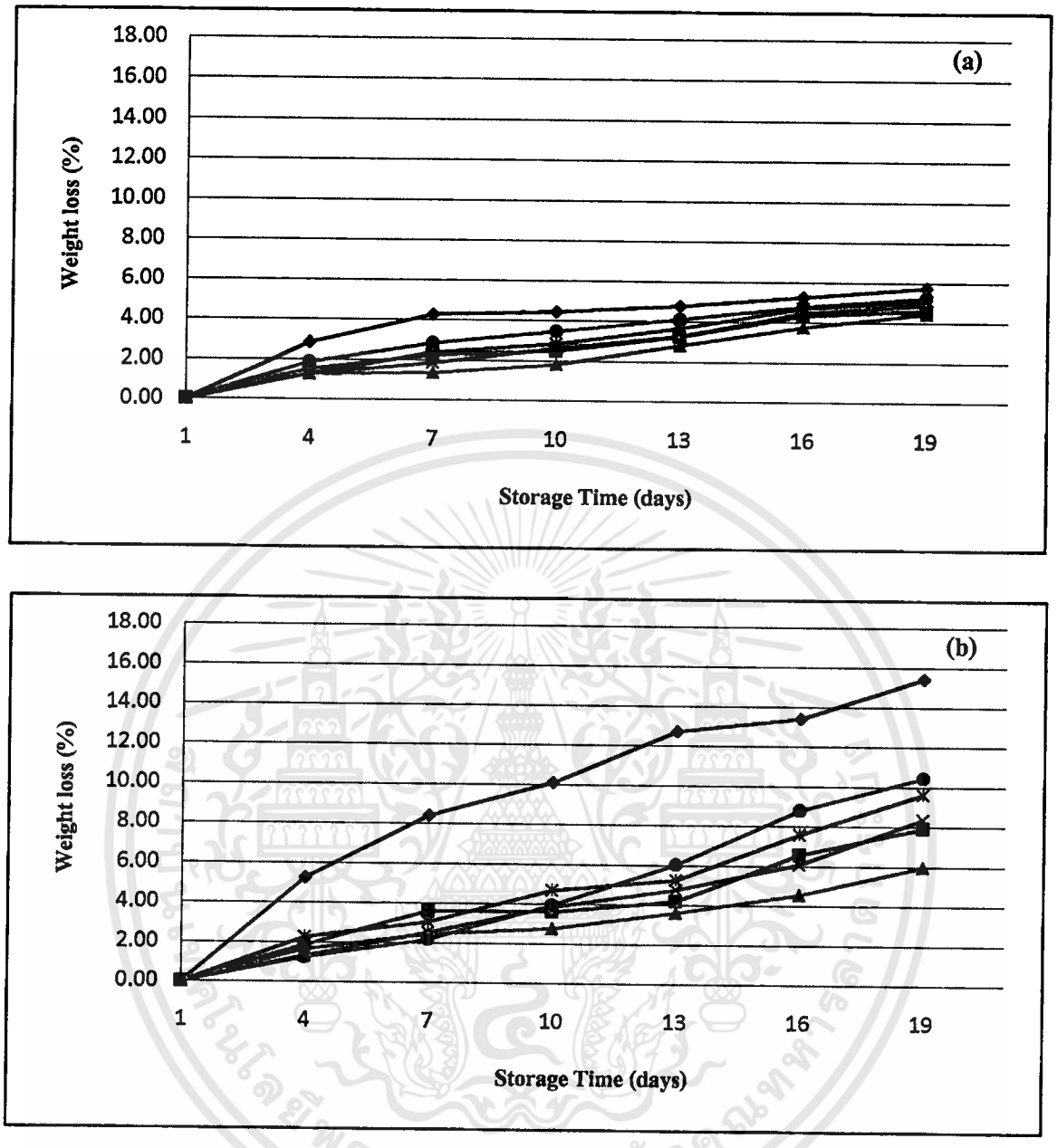
O_2 Control (—◆—), O_2 Aloe Vera 25% (—▲—), O_2 Aloe Vera 50% (—✱—), O_2 Aloe Vera 75% (—+—), O_2 Citric Acid 0.05% (—●—), O_2 Citric Acid 0.5% (—■—), CO_2 Control (—■—), CO_2 Aloe Vera 25% (—✕—), CO_2 Aloe Vera 50% (—●—), CO_2 Aloe Vera 75% (—●—), CO_2 Citric Acid 0.05% (—◆—), CO_2 Citric Acid 0.5% (—▲—)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู

สำหรับเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู พบว่าตัวอย่างควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดและถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซนต์ สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 4.2 พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ตัวอย่างควบคุมสูญเสียน้ำหนัก 4.44 เปอร์เซนต์ และถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซนต์ สูญเสียน้ำหนัก 1.84 เปอร์เซนต์ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ตัวอย่างควบคุมสูญเสียน้ำหนัก 10.21 เปอร์เซนต์ และถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซนต์ สูญเสียน้ำหนัก 2.75 เปอร์เซนต์ เมื่อระยะเวลาการเก็บผ่านไป 10 วัน การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพูมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากถั่วพูเป็นผลิตผลสดที่ต้องมีการหายใจและคายน้ำอยู่ตลอดเวลา การเก็บรักษาที่ 4 °C สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพูได้ดีกว่า 10°C เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยชะลอกระบวนการเมทาบอลิซึมของผลผลิต (จริงแท้, 2549) การที่ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้มีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าการจุ่มกรดซิตริกเพราะว่านหางจระเข้ทำหน้าที่เป็นตัวเคลือบผิวปิดช่องต่างๆ ทำให้การสูญเสียน้ำเกิดขึ้นได้ยาก สอดคล้องกับการทดลองของ Martinez-Romero et al., (2006) ได้ศึกษาการเคลือบผิวเชอร์รี่หวานด้วยเจลว่านหางจระเข้ พบว่าเชอร์รี่หวานที่เคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเชอร์รี่หวานที่ไม่ได้เคลือบผิว นักวิจัย Kaynas and Ozelkok (1999) ทำการเคลือบผิวแตงกวาโดยการจุ่มลงในเซมเปอร์เฟรซ พบว่าการใช้สารเซมเปอร์เฟรซความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซนต์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซนต์การเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำจะลดการสูญเสียน้ำหนักได้น้อยแต่ถ้าใช้ความเข้มข้นที่สูงเกินไปจะทำให้เนื้อเยื่อขาดก๊าซออกซิเจนทำให้ผลิตผลเสื่อมเสียได้เร็วยิ่งขึ้น (Arthey, 1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 เปอร์เซนต์ของการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพูในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ 10 °C

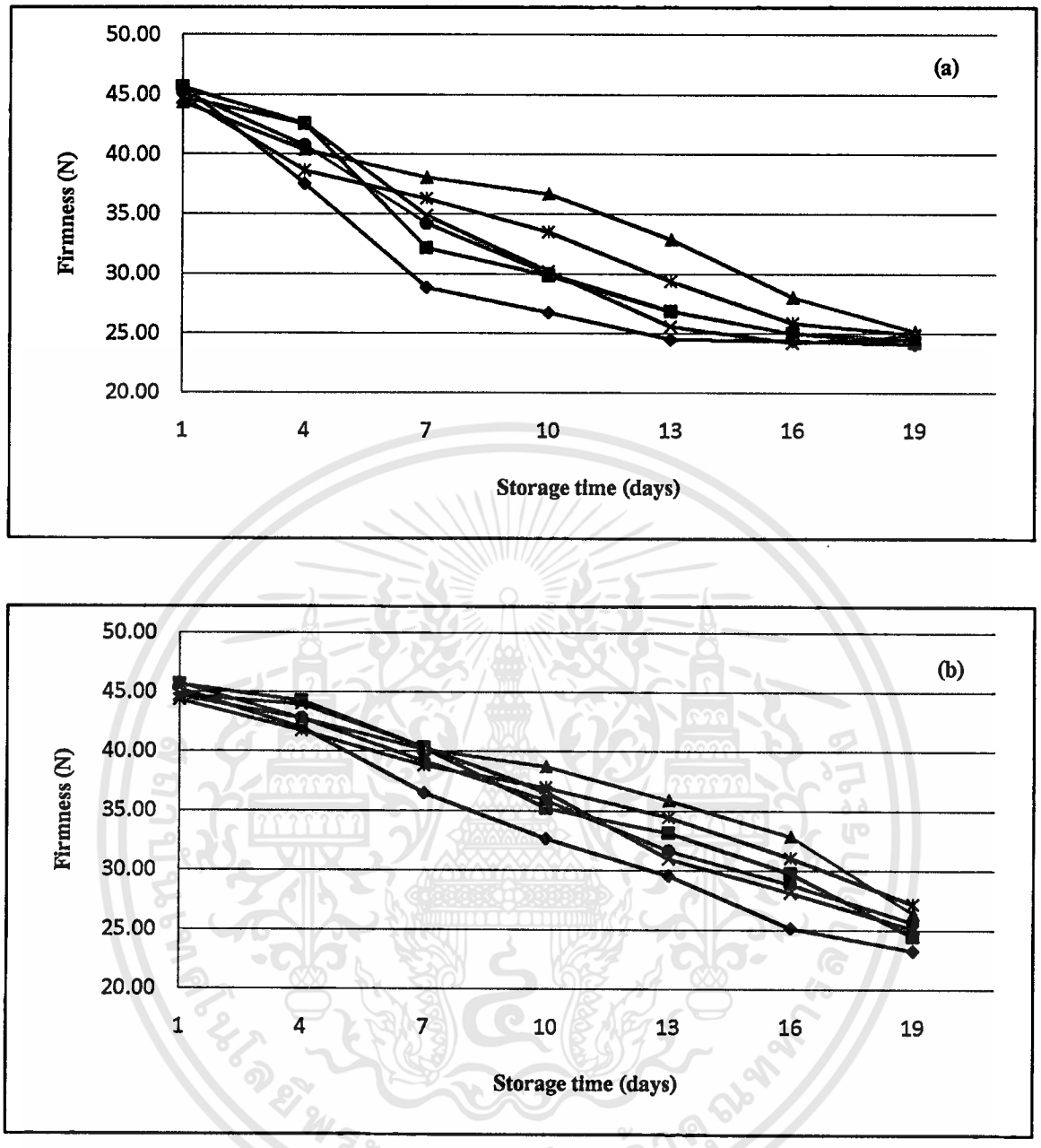
Control (—◆—), Aloe Vera 25% (—■—), Aloe Vera 50% (—▲—), Aloe Vera 75% (—✕—), Citric Acid 0.05% (—✱—), Citric Acid 0.5% (—●—)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของถั่วพู

ในภาพที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของถั่วพูที่ 4 °C และ 10 °C ด้วยเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส พบว่ามีแนวโน้มลดน้อยลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ตัวอย่างควบคุมมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดและถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซนต์ มีความแน่นเนื้อมากที่สุด ในวันแรกของการเก็บรักษาถั่วพูมีความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 44.35-45.71 นิวตัน เมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C ตัวอย่างควบคุมมีความแน่นเนื้อ 26.72 และ 32.66 นิวตัน ตามลำดับ ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 50 เปอร์เซนต์ มีความแน่นเนื้อ 36.67 และ 38.71 นิวตัน ตามลำดับ ความแน่นเนื้อของถั่วพูมีค่าลดน้อยลงเนื่องจากผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลง โดยตัวเชื่อมระหว่างผนังเซลล์คือ เพคตินถูกเปลี่ยนรูปจากรูปที่ไม่ละลายน้ำเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ โดยการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมธิลเอสเทอเรส (Pectin methyl esterase) และโพลิกาแลคทูโรเนส (Polygalacturonase) (Sila et al., 2008) ทำให้ผนังเซลล์เริ่มเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ และหลุดออกจากกันเป็นผลให้เนื้อเยื่ออ่อนตัว การเก็บรักษาที่ 10 °C มีความแน่นเนื้อมากกว่า 4 °C เพราะที่ 4 °C ถั่วพูเกิดการช้ำของการสะท้านหนาวและเนื้อเยื่ออ่อนตัว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ali et al., (2010) ทำการทดลองเคลือบผิวมะเขือเทศด้วย Gum Arabic และวัดค่าความแน่นเนื้อ พบว่าเมื่อเวลาเก็บรักษามากขึ้นจะทำให้ความแน่นเนื้อลดน้อยลง โดยมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิวมีความแน่นเนื้อลดลงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



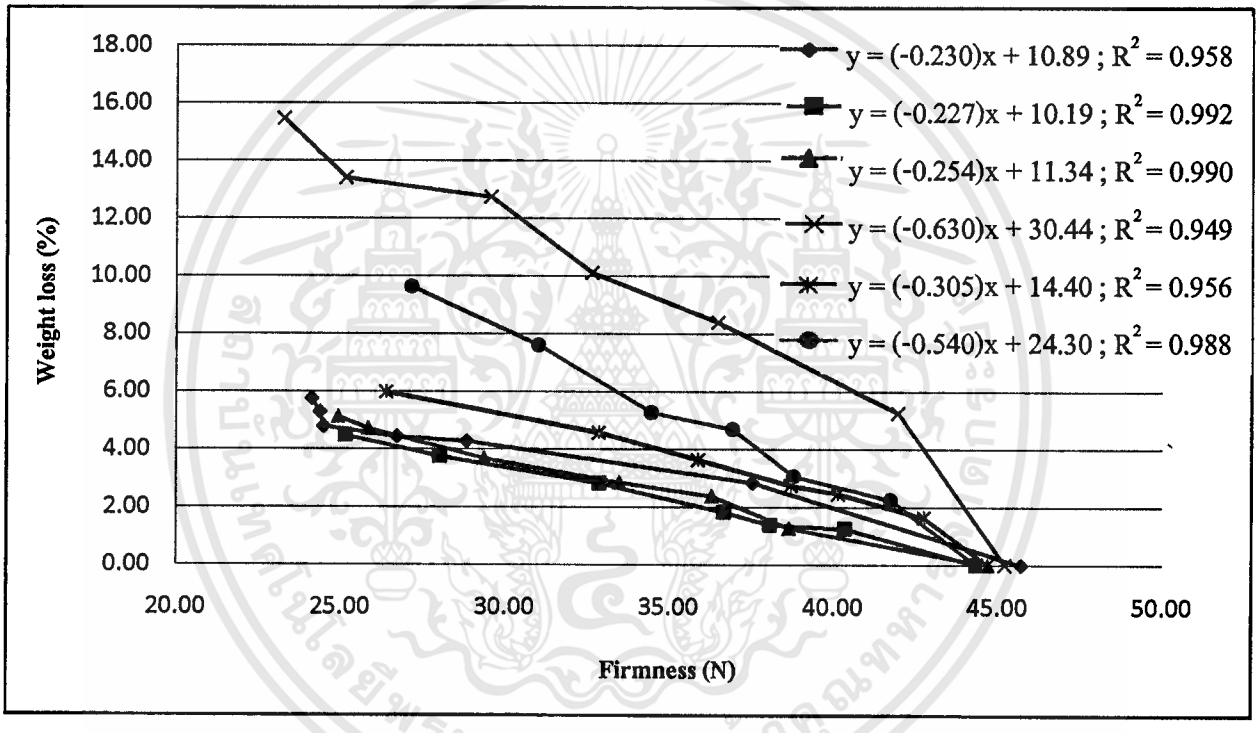
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของถั่วพู เก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ 10 °C

Control (—◆—), Aloe Vera 25% (—■—), Aloe Vera 50% (—▲—), Aloe Vera 75% (—✕—), Citric Acid 0.05% (—✱—), Citric Acid 0.5% (—●—)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู

เมื่อนำผลการทดลองที่ดีที่สุดของการเคลือบผิวด้วยว่านหางจระเข้และกรดซิตริกเทียบกับตัวควบคุมของทั้งสองอุณหภูมิเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก (ภาพที่ 4.4) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นลักษณะเส้นตรง ค่าความชันของกราฟติดลบและค่า R Square (R^2) ของทุกกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีค่าประมาณ 0.9 แสดงว่าความแน่นเนื้อและเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักมีความสัมพันธ์กันอย่างมาก จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความแน่นเนื้อลดน้อยลง



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของความแน่นเนื้อกับเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู
4 °C Control (—◆—), 4 °C Aloe Vera 50% (—■—), 4 °C Citric Acid 0.05% (—▲—),
10 °C Control(—✕—)10 °C Aloe Vera 50% (—✱—), 10 °C Citric acid 0.05% (—●—)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) ของถั่วพู

วันแรกของการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4°C และ 10 °C ตัวอย่างควบคุม ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 25 50 และ 75 เปอร์เซนต์ และถั่วพูจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซนต์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 2 °Brix และเมื่อเก็บรักษานานมากขึ้นทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ในวันสุดท้ายที่ 4 °C ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำน้อยที่สุด (1.7°Brix) อุณหภูมิ 10 °C ตัวควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำน้อยที่สุด (1.8°Brix) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกกลุ่มตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวันแรก โดยเจลจากว่านหางจระเข้และกรดซิตริกมีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การที่ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำมีปริมาณลดลง เกิดจากถั่วพูมีการหายใจเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยส่วนใหญ่สารตั้งต้นที่ใช้คือ น้ำตาลกลูโคสทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดลง ส่วนปริมาณน้ำตาลจะลดลงมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของผัก อัตราการหายใจ เป็นต้น (จริงแท้, 2538 ; Wills et al., 1998) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Bolin and Huxsoll (1991) ที่เก็บรักษาผักกาดหอมตัดแต่งที่อุณหภูมิ 2 °C มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำเริ่มต้นเท่ากับ 2.8 เปอร์เซนต์ และในวันที่ 14 มีปริมาณลดลงเหลือ 2.4 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของถั่วพู (°Brix)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ ns (°Brix)		
			ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)		
			1	10	16
4	ตัวอย่างควบคุม	-	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.00	1.7 ± 0.07
	ว่านหางจระเข้	25	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.02	1.9 ± 0.02
		50	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.00	1.9 ± 0.02
		75	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.01	1.8 ± 0.02
	กรดซิตริก	0.05	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.00	1.9 ± 0.00
		0.5	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.00	1.9 ± 0.00
10	ตัวควบคุม	-	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.02	1.8 ± 0.02
	ว่านหางจระเข้	25	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.02	1.9 ± 0.02
		50	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.01	1.9 ± 0.00
		75	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.00	1.9 ± 0.01
	กรดซิตริก	0.05	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.02	1.9 ± 0.00
		0.5	2.0 ± 0.00	1.9 ± 0.00	1.9 ± 0.00

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.1.6 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของถั่วพูในระหว่างเก็บรักษา

การวัดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของถั่วพูแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษา ตัวอย่างควบคุม ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 25 50 และ 75 เปอร์เซนต์ และกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซนต์ ที่อุณหภูมิ 4 °C มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.29 – 6.40 เมื่อเวลาผ่านไป 16 วัน ตัวอย่างควบคุมและกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซนต์ มีพีเอชน้อยที่สุด (6.41) และเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์ มีพีเอชมากที่สุด (6.60) อุณหภูมิ 10 °C ในวันแรกมีค่าพีเอชในช่วง 6.27 - 6.37 ในวันสุดท้ายตัวควบคุมมีพีเอชน้อยที่สุด (6.39) และเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์ มีพีเอชมากที่สุด (6.64) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าวันสุดท้ายค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวันแรก โดยระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อุณหภูมิ สารเคลือบผิวและความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การที่ผักมีพีเอชที่สูงขึ้นเนื่องมาจากการสลายตัวของเยื่อหุ้มต่างๆ เมื่อเข้าสู่ระยะการวายของผักทำให้กรดรั่วไหลออกมาทำให้เป็นกรดมากขึ้น (จริงแท้, 2549) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรเดชและคณะ (2552) เก็บรักษาใบคะน้าเป็นเวลา 14 วัน พบว่าใบคะน้ามีค่าพีเอชสูงขึ้นจาก 5.58 ไปเป็น 6.38 เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น

ตารางที่ 4.2 ค่าพีเอชของถั่วพู

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ค่าพีเอช ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน) 1	10	16
4	ตัวควบคุม	-	6.34 ± 0.04^{Aa}	6.35 ± 0.07^{Aa}	6.41 ± 0.02^{Bb}
	ว่านหางจระเข้	25	6.29 ± 0.02^{Aa}	6.40 ± 0.01^{Ba}	6.49 ± 0.14^{Bb}
		50	6.36 ± 0.06^{Aa}	6.44 ± 0.08^{Ba}	6.60 ± 0.14^{Cb}
		75	6.40 ± 0.03^{Ba}	6.44 ± 0.02^{Ba}	6.48 ± 0.10^{Bb}
	กรดซิตริก	0.05	6.31 ± 0.10^{Aa}	6.40 ± 0.05^{Ba}	6.56 ± 0.06^{Cb}
		0.5	6.29 ± 0.06^{Aa}	6.27 ± 0.06^{Aa}	6.41 ± 0.03^{Bb}
10	ตัวควบคุม	-	6.31 ± 0.06^{Aa}	6.36 ± 0.08^{Aa}	6.39 ± 0.25^{Ab}
	ว่านหางจระเข้	25	6.32 ± 0.11^{Aa}	6.47 ± 0.09^{Ba}	6.60 ± 0.05^{Cb}
		50	6.27 ± 0.10^{Aa}	6.30 ± 0.19^{Aa}	6.64 ± 0.10^{Bb}
		75	6.30 ± 0.14^{Aa}	6.26 ± 0.13^{Aa}	6.61 ± 0.13^{Bb}
	กรดซิตริก	0.05	6.37 ± 0.06^{Aa}	6.29 ± 0.21^{Aa}	6.55 ± 0.27^{Bb}
		0.5	6.37 ± 0.11^{Aa}	6.23 ± 0.13^{Aa}	6.43 ± 0.02^{Bb}

หมายเหตุ : อักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
อักษร A B C ที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.1.7 ปริมาณใยอาหารของถั่วพูในระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองพบว่าปริมาณใยอาหารลดน้อยลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษามากขึ้นทั้งสองอุณหภูมิ จากตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณใยอาหารของถั่วพู พบว่าในวันแรกอุณหภูมิ 4 °C มีใยอาหารอยู่ในช่วง 1.12-1.20 เปอร์เซนต์ อุณหภูมิ 10 °C มีใยอาหารในช่วง 1.05-1.80 เปอร์เซนต์ เมื่อถึงวันที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 4 °C และ10 °C มีปริมาณใยลดลงอยู่ในช่วง 1.03-1.08 เปอร์เซนต์ และ 1.03-1.06 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ โดยอุณหภูมิ ชนิดของสารเคลือบผิวและความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณใยอาหารของถั่วพูแต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณใยอาหารจะขึ้นกับชนิดของผลิตผลและสภาพที่เก็บรักษา ในระหว่างการสุกเอนไซม์จะเกิดการย่อยสลายผนังเซลล์ เอนไซม์อาจถูกสังเคราะห์ขึ้นหรือถูกกระตุ้นหรือทั้งสองกรณี แม้ว่าเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะเป็นองค์ประกอบที่มีจำนวนมากในผนังเซลล์แต่กิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารประกอบทั้งสองนี้กลับไม่เด่นชัดนัก ในผลผลิตบางชนิดเซลลูเลส (Cellulase) และเฮมิเซลลูเลส (Hemicellulase) มีกิจกรรมค่อนข้างต่ำแต่ผลผลิตบางชนิดกลับมีกิจกรรมสูง (สมภพ, 2547) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Guevara et al., (2001) พบว่ากระบองเพชรเก็บที่ 5 °C ในวันแรกมีใยอาหาร 36 กรัมต่อ 100 กรัม และในวันที่ 30 ใยอาหารลดลงเหลือ 24 กรัมต่อ 100 กรัม

ตารางที่ 4.3 ปริมาณใยอาหารของถั่วพู

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ปริมาณใยอาหาร (เปอร์เซนต์) ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)		
			1	10	16
4	ตัวควบคุม	-	1.15 ± 0.14^{Aa}	1.04 ± 0.20^{Ab}	1.05 ± 0.11^{Ab}
	ว่านหางจระเข้	25	1.17 ± 0.03^{Aa}	1.06 ± 0.01^{Ab}	1.08 ± 0.01^{Ab}
		50	1.20 ± 0.09^{Aa}	1.08 ± 0.01^{Ab}	1.07 ± 0.01^{Ab}
		75	1.17 ± 0.07^{Aa}	1.06 ± 0.03^{Bb}	1.04 ± 1.04^{Bb}
	กรดซิตริก	0.05	1.12 ± 1.03^{Aa}	1.06 ± 0.14^{Ab}	1.05 ± 0.04^{Ab}
		0.5	1.17 ± 0.02^{Aa}	1.05 ± 0.02^{ABb}	1.03 ± 0.08^{Bb}
10	ตัวควบคุม	-	1.18 ± 0.11^{Aa}	1.07 ± 0.02^{Ab}	1.06 ± 0.13^{Ab}
	ว่านหางจระเข้	25	1.12 ± 0.17^{Aa}	1.07 ± 0.03^{Ab}	1.06 ± 0.21^{Ab}
		50	1.15 ± 0.08^{Aa}	1.06 ± 0.01^{Ab}	1.06 ± 0.04^{Ab}
		75	1.14 ± 1.18^{Aa}	1.05 ± 0.51^{ABb}	1.03 ± 0.73^{Bb}
	กรดซิตริก	0.05	1.15 ± 0.88^{Aa}	1.07 ± 0.32^{Ab}	1.05 ± 1.02^{Ab}
		0.5	1.10 ± 1.01^{Aa}	1.05 ± 1.21^{ABb}	1.03 ± 0.74^{Bb}

หมายเหตุ : อักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

อักษร A B ที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

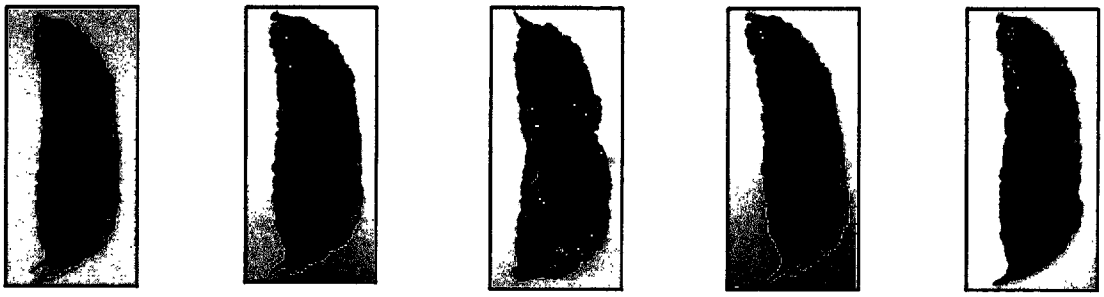
4.1.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถั่วพูในระหว่างการเก็บรักษา

การติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพด้วยระดับคะแนน 1-5 ดังแสดงในภาพที่ 4.5 พบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C ตัวอย่างควบคุม มีระยะเวลาการเก็บรักษาประมาณ 2 วัน ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25 50 และ 75 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาได้ 4 7 และ 4 วัน ตามลำดับ และถั่วพูจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาได้ 4 และ 7 วัน ตามลำดับ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตัวอย่างควบคุมเก็บรักษาได้ 4 วัน ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25 50 และ 75 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาได้ 13 16 และ 10 วัน ตามลำดับ และถั่วพูจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาได้ 10 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4.6 โดยที่ถั่วพูยังมีระดับคะแนน 5

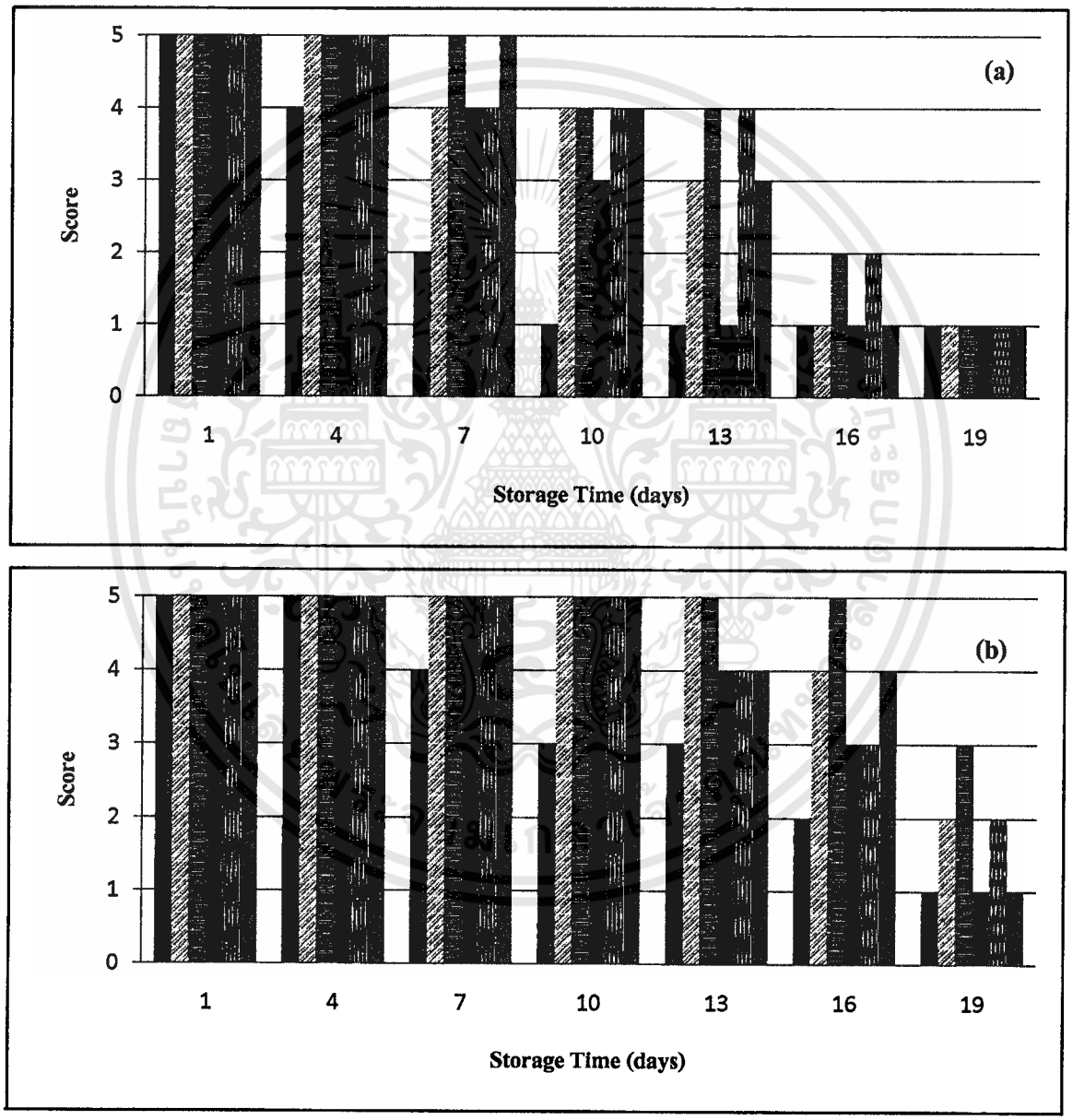
สอดคล้องกับการทดลองของสุดสายชลและนันทวัน (2552) ที่ได้ทำการทดลองผลของน้ำส้มสายชู กรดซิตริกและโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อลด *Salmonella Typhimurium* บนใบสะระแหน่ พบว่าน้ำส้มสายชูและกรดซิตริกสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดและกรดซิตริกสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผักได้ดีที่สุด ส่วนเจลจากว่านหางจระเข้นอกจากจะทำหน้าที่เป็นสารเคลือบผิวที่ช่วยควบคุมอัตราการหายใจแล้ว ยังช่วยลดความเสียหายและความผิดปกติทางสรีรวิทยาได้ดี (Hagenmaier and Shew, 1992) อีกทั้งเจลว่านหางจระเข้ยังมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ ที่ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้อีกด้วย (เกสร, 2531) ดังนั้นการเคลือบผิวถั่วพูด้วยเจลว่านหางจระเข้จึงมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าถั่วพูจุ่มกรดซิตริก เมื่อพิจารณาระยะเวลาเก็บรักษาถั่วพูในขณะที่มีระดับคะแนน 5 ทั้งสองอุณหภูมิพบว่าที่ 4 °C มีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 1.26 – 2.84 เปอร์เซนต์ และ 10 °C อยู่ในช่วง 3.86 – 5.26 เปอร์เซนต์ ดังนั้นถ้าเก็บรักษาถั่วพูที่ 4 °C และ 10 °C และมีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าช่วงดังกล่าวจะทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์ เก็บที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นสภาวะดีที่สุด สามารถเก็บรักษาได้นาน 16 วัน โดยมีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ที่ 4.57 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพระดับ 1-5 ของถั่วพูระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 4.6 ระดับคะแนน 5 ระดับ ของถั่วพูระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C และ (b) อุณหภูมิ10 °C Control (■), Aloe Vera 25% (▨), Aloe Vera 50% (▩), Aloe Vera 75% (■), Citric Acid 0.05% (▥), Citric Acid 0.5% (■)

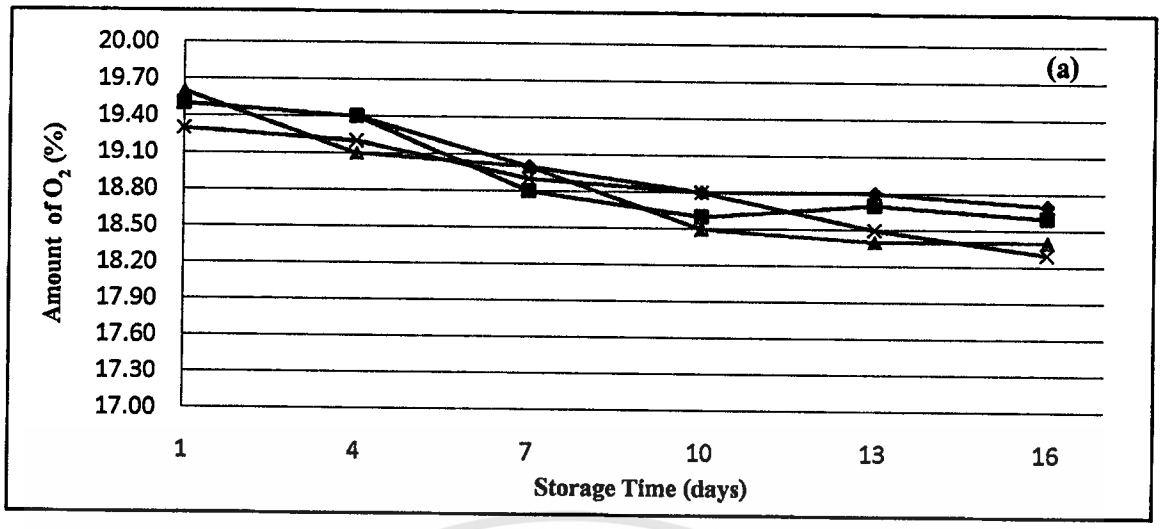
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

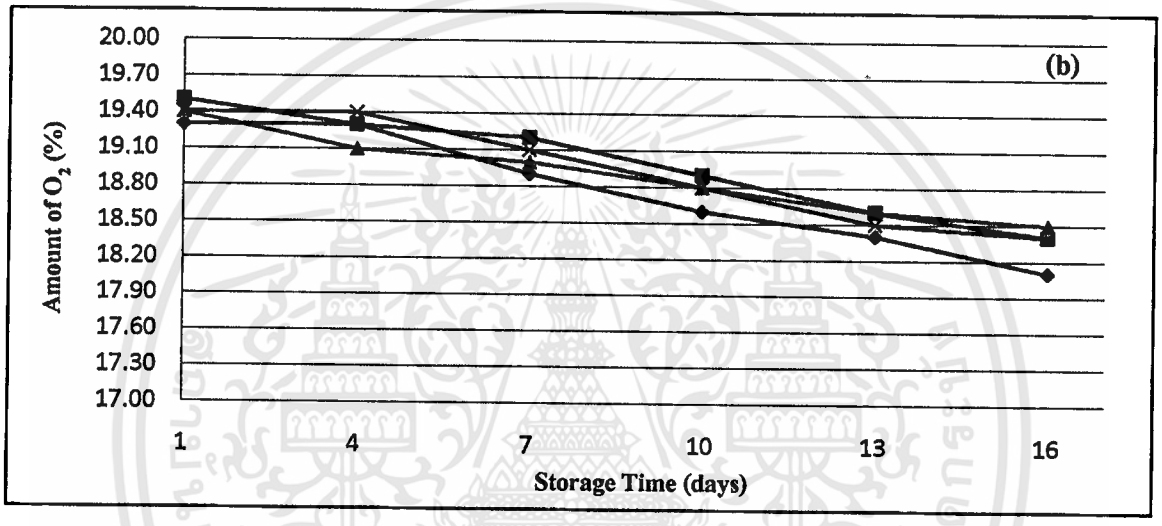
4.2 ผลของอุณหภูมิและสารเคมีต่อคุณภาพของใบโหระพา

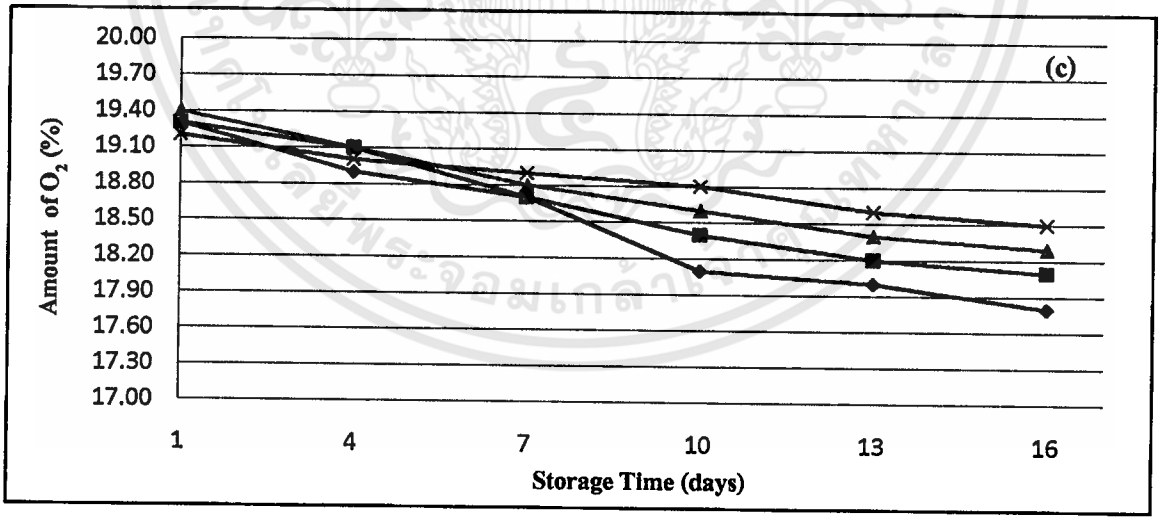
4.2.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุใบโหระพาเก็บที่ 4 °C 10 °C และ 15 °C

ผลของการเปลี่ยนแปลงก๊าซออกซิเจนแสดงในภาพที่ 4.7 เห็นได้ว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุงลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเหมือนกับการทดลองของถั่วพู โดยในช่วง 7 วันแรกมีปริมาณออกซิเจนลดลงใกล้เคียงกันในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา แต่ในช่วงวันที่ 10 ถึงวันที่ 16 เห็นได้ว่าที่ 4 °C มีปริมาณก๊าซออกซิเจนค่อนข้างคงที่ (18.80 – 18.32 เปอร์เซนต์) ในขณะที่อุณหภูมิ 10 °C และ 15 °C มีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง ใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมพบว่า กรดซิตริกช่วยให้มีการใช้ก๊าซออกซิเจนน้อยลง คล้ายกับการทดลองของอุไรวรรณ (2543) พบว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการจุ่มสารละลายกรดซิตริกมีอัตราการหายใจลดลงเมื่อเทียบกับตัวควบคุม การที่กรดซิตริกช่วยลดการหายใจได้เนื่องมาจากกรดซิตริกทำปฏิกิริยากับโลหะเป็นผลให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลได้และกรดซิตริกที่มีพีเอชต่ำมีผลทำให้เอนไซม์ Phosphofructokinase (PFK) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการควบคุมวิถีไกลโคไลซิส มีกิจกรรมลดลงและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ Succinic aicd dehydrogenase (SDH) ในวัฏจักรเครบส์ทำให้มีการหายใจลดลงด้วย (Mathooko, 1996) โดยใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ มีการใช้ก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุด รองลงมาคือ ใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ 2 เปอร์เซนต์ และตัวอย่างควบคุมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







ภาพที่ 4.7 ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุใบโหระพา เก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 และ (c) อุณหภูมิ 15 °C

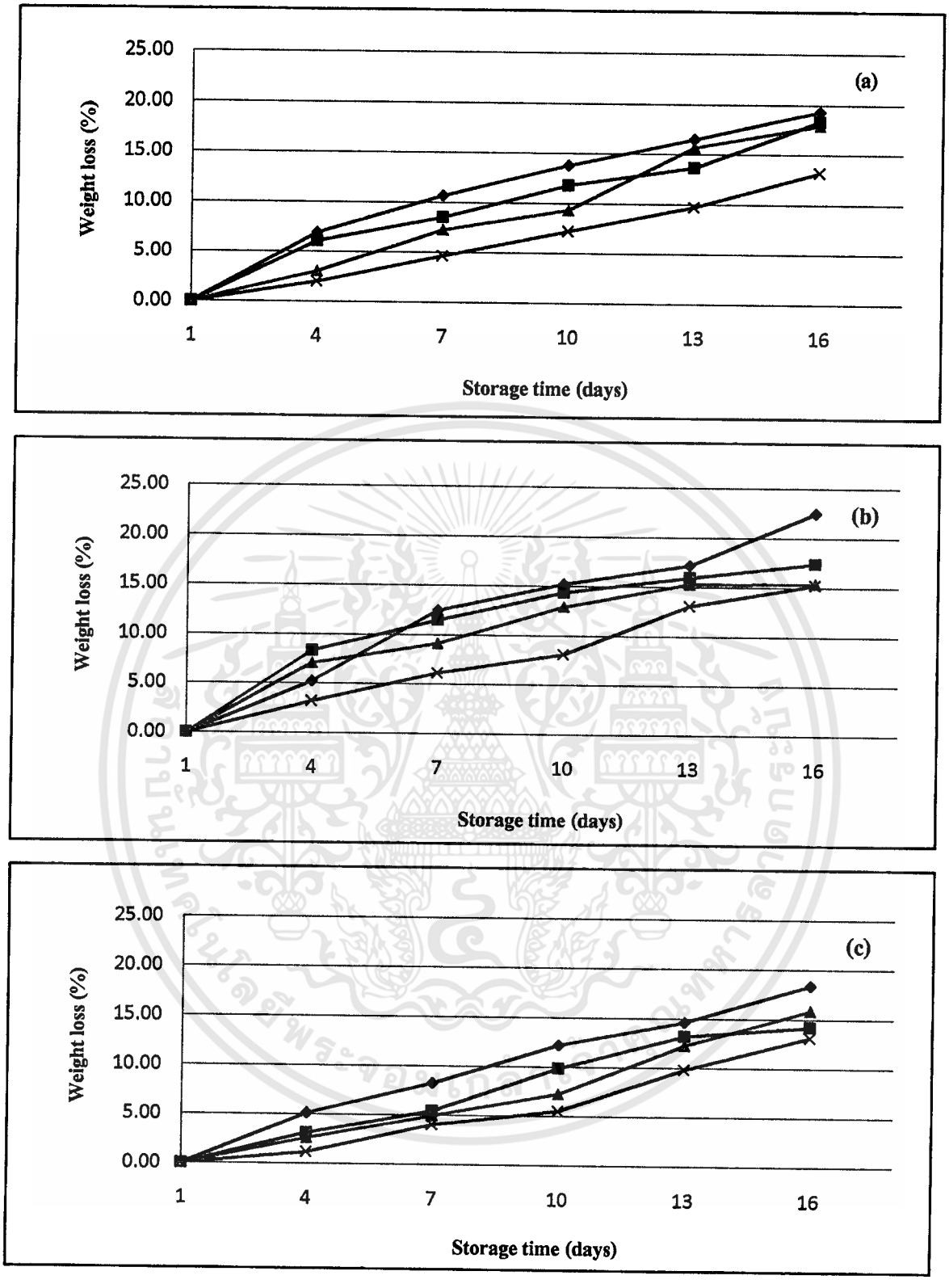
Control (—◆—), citric acid 2% (—■—), citric acid 5% (—▲—), citric acid 10% (—×—)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา

เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C 10 °C และ 15 °C แสดงในภาพที่ 4.8 พบว่าเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษานาน 16 วัน และที่อุณหภูมิต่ำจะลดการสูญเสียน้ำของใบโหระพาได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง ตัวอย่างควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดและการล้างด้วยกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 °C 10 °C และ 15 °C ตัวอย่างควบคุมสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (13.79%, 15.24% และ 12.21% ตามลำดับ) รองลงมาคือใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ (11.78%, 14.40% และ 9.87% ตามลำดับ) ใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ (9.30%, 12.98% และ 7.26% ตามลำดับ) และใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ (7.21%, 8.11% และ 5.54% ตามลำดับ) การสูญเสียน้ำเป็นผลมาจากการหายใจและการสูญเสียน้ำที่ปากใบของโหระพา ทำให้เซลล์เหี่ยวโดยอุณหภูมิต่ำลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูงและการล้างด้วยกรดซิตริกช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ สอดคล้องกับการทดลองของ Artemio et al., 2002 ทำการเก็บรักษาใบปอกระเจาที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่ามีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น วันที่ 3 ของการเก็บรักษาอุณหภูมิ 1 °C มีการสูญเสียน้ำหนัก 1 เปอร์เซนต์ในขณะที่ 30 °C สูญเสียน้ำหนัก 3 เปอร์เซนต์ และการทดลองของประสิทธิ์ (2550) พบว่าลำไยแช่กรดซิตริกมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดและถ้าเพิ่มเวลาในการแช่นานมากขึ้นจะมีแนวโน้มสูญเสียน้ำหนักน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา ในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4°C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C

Control (—◆—), citric acid 2% (—■—), citric acid 5% (—▲—), citric acid 10% (—×—)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

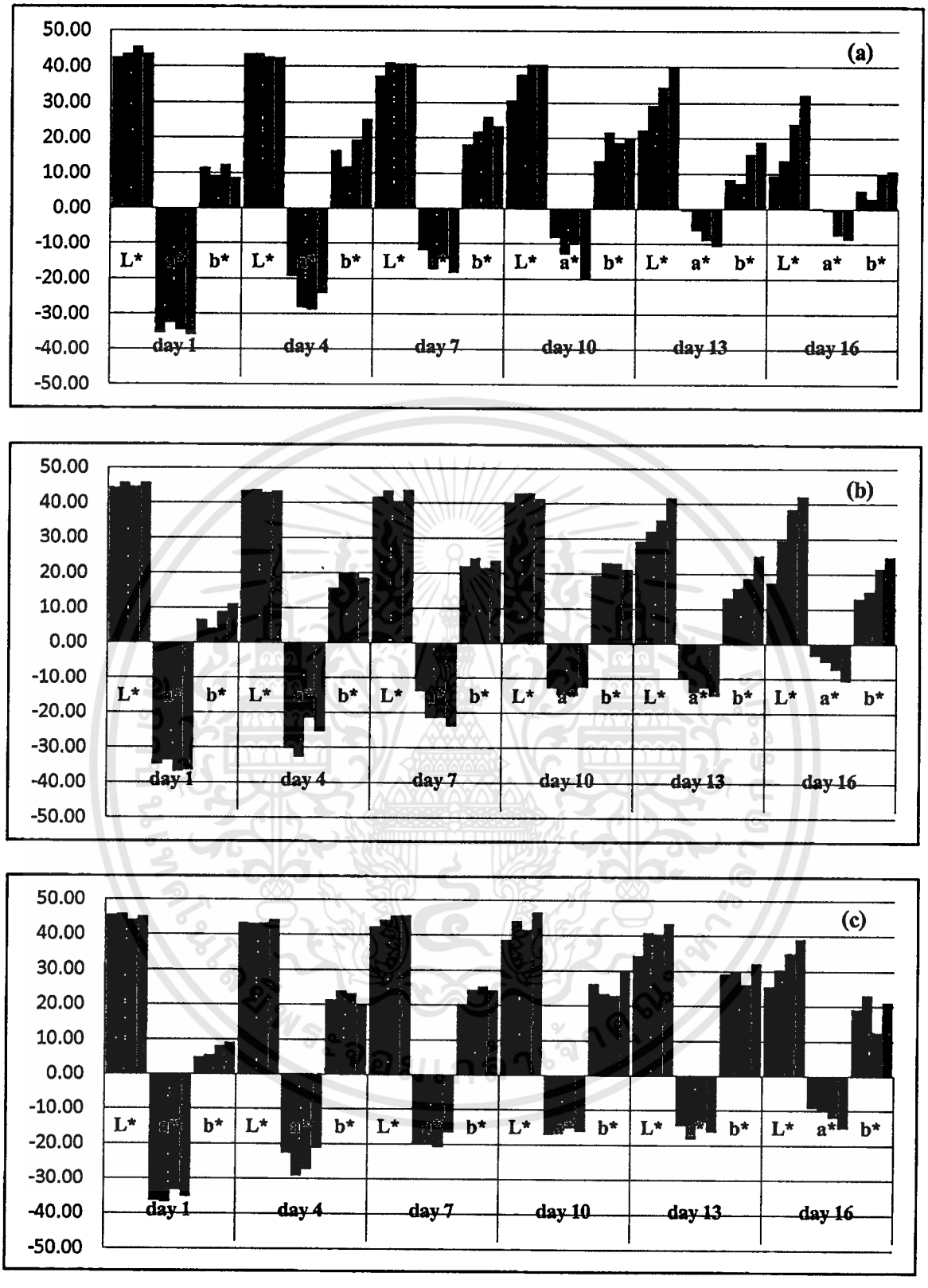
4.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีของใบโหระพาระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองวัดสีด้วยเครื่อง Minolta CR-400 โดยรายงานผลเป็นค่า L* a* b* โดยค่า L* บอกถึงความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้า L* มีค่าเท่ากับ 0 เป็นสีที่มืดที่สุด ค่า L* เท่ากับ 100 เป็นสีที่สว่างที่สุด ค่า a* บอกถึงความเป็นสีเขียว-สีแดง มีค่า -60 ถึง 60 ถ้าค่า a* เป็นบวกแสดงว่าเป็นสีแดง ค่า a* เป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว และค่า b* บอกความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน มีค่า -60 ถึง 60 ถ้าค่า b* เป็นบวกแสดงว่าเป็นสีเหลือง ค่า b* เป็นลบแสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน ถ้าค่า a* และ b* เข้าใกล้ 0 จะมีสีคล้ำมากขึ้น (Kanthamoon, 2011) แผนผังแสดงสีแสดงในภาพที่ ก5 จากการทดลงพบว่าค่า L* a* b* มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นั่นหมายถึงใบโหระพาจากที่มีสีเขียวจะมีสีคล้ำมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาสอดคล้องกับระดับคะแนนลักษณะทางกายภาพ

จากภาพที่ 4.9 ค่า L* มีการลดลงอย่างต่อเนื่องทุกอุณหภูมิ โดยที่ 15 °C มีการเปลี่ยนแปลงค่า L* ช้าที่สุด รองลงมาคือ 10 °C และ 4 °C ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิต่ำทำให้ใบโหระพาเกิดสีน้ำตาลได้เร็วยิ่งขึ้น โดยที่ 15 °C ในวันสุดท้ายใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ มีค่า L* มากที่สุดรองลงมาคือ กรดซิตริกความเข้มข้น 5 และ 2 เปอร์เซนต์ และตัวควบคุมตามลำดับ

ค่า a* มีแนวโน้มลดลงเข้าใกล้ 0 เป็นการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลคล้ำ โดยทุกอุณหภูมิค่า a* ลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาเก็บรักษา การเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C 10 °C และ 15 °C ในวันที่ 1 ค่า a* อยู่ในช่วง (-32.48) – (-36.87) เมื่อเวลาผ่านไป 16 วัน ค่า a* เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง (-8.65) – 0.38, (-3.29) – (-10.53) และ (-9.16) – (-15.16) ตามลำดับ การเก็บรักษาใบโหระพาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันพบว่าอุณหภูมิ 15 °C เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า a* น้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 4 °C และ 10 °C เนื่องมาจากอุณหภูมิที่ต่ำจนเกินไปไม่เหมาะสมกับการเก็บรักษาใบโหระพาทำให้สีน้ำตาลจากการสะท้านหนาวจึงทำให้ค่า a* เข้าใกล้ 0 เร็วกว่าที่ 15 °C โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาตัวควบคุมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำเร็วที่สุด รองลงมาคือกรดซิตริกความเข้มข้น 2 5 และ 10 เปอร์เซนต์ ตามลำดับในทุกอุณหภูมิ ดังนั้นใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ เก็บที่ 15 °C เป็นสภาวะดีที่สุดที่ทำให้ใบโหระพามีสีเขียวได้นานที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ค่า L* a* และ b* ของใบโหระพาในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C

Control (■), Citric acid 2% (■), Citric acid 5% (■), Citric acid 10% (■)

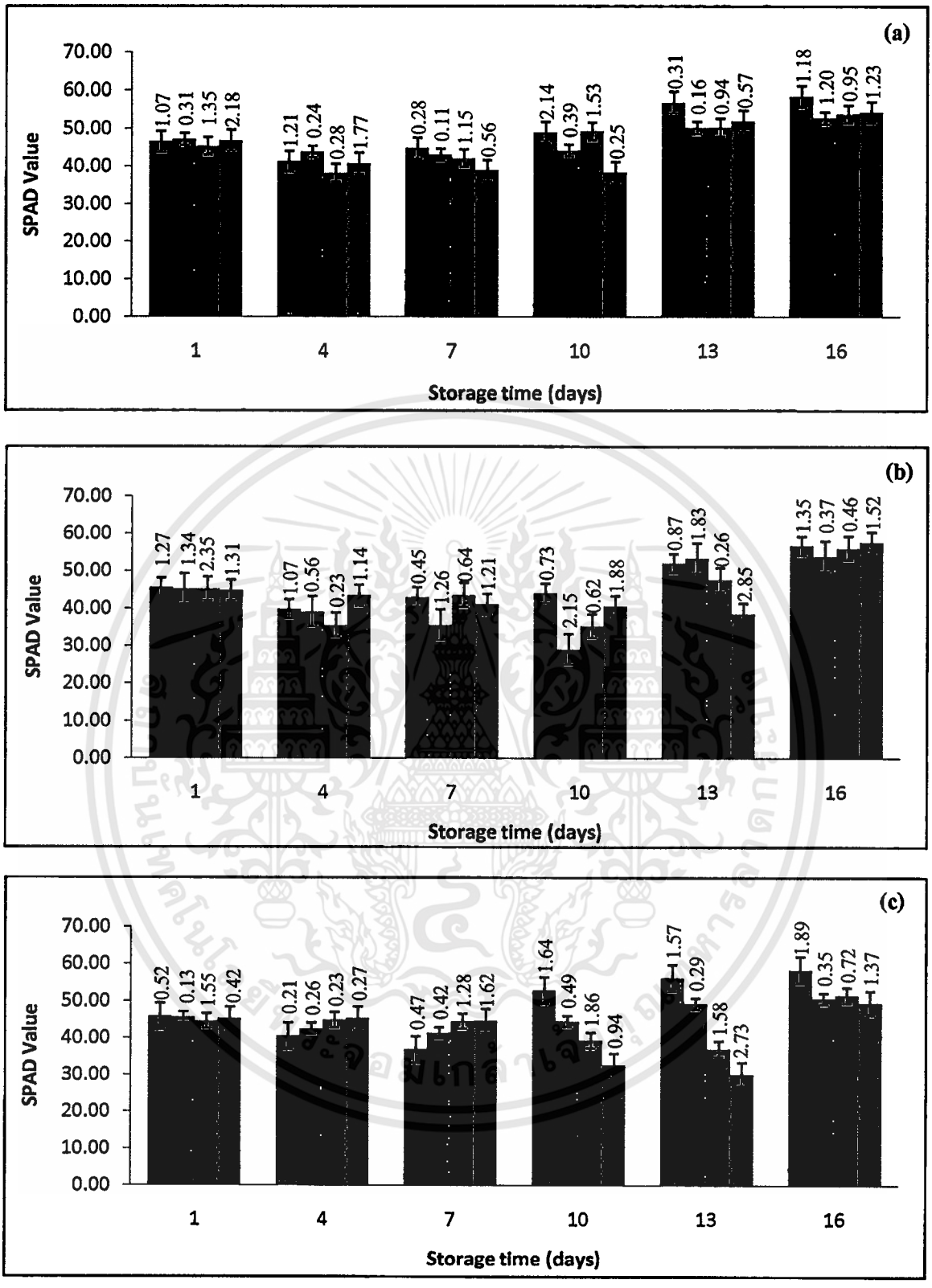
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรก แสดงให้เห็นว่าโหระพาเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและค่า b* ลดลงในช่วงหลังแสดงให้เห็นว่าโหระพาเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลคล้ำ วันที่ 7 ของการเก็บรักษาที่ 4°C 10°C และ 15°C ค่า b* เพิ่มขึ้นจากช่วง 4.10 – 12.54 ไปเป็น 18.15 – 26.12 และในวันสุดท้ายคือวันที่ 16 ลดลงอยู่ในช่วง 3.00 – 24.94 สอดคล้องการทดลองของธีรศักดิ์ (2545) ได้ทำการวัดสีของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่าผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะบริเวณรอยตัดและก้านใบจะเกิดสีน้ำตาลมากกว่าบริเวณอื่นๆ และการทดลองของ Castaner et al., (1996) รายงานว่าผักกาดหอมห่อเมื่อเก็บรักษาเพิ่มขึ้นสีของก้านผักกาดหอมห่อจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีน้ำตาลคล้ำมากขึ้นและค่า L* ที่วัดได้มีค่าลดลงและค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นนั้นสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลของผักได้ (Voss, 1992)

4.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโหระพา

ติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโหระพาเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C 10 °C และ 15 °C โดยใช้เครื่อง Minolta chlorophyll meter : SPAD-502 สามารถวัดผลได้รวดเร็ว ไม่เป็นการทำลายเนื้อเยื่อพืชและผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์โดยการใช้สารเคมี สายัณห์และสุภาณี (2545) ทำการศึกษาการใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ของลองกองและเงาะ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกันกับค่าที่วัดได้จากคลอโรฟิลล์มิเตอร์อย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.10 พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาทุกกลุ่มการทดลองมีค่า SPAD value อยู่ในช่วง 45.2-47.1 ในวันที่ 7 มีค่า SPAD value ลดลงอยู่ในช่วง 35.72-44.79 และในวันที่ 16 มีค่า SPAD value เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 49.50-58.40 จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิ 15 °C สามารถชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ได้ดีที่สุดรองลงมาคือ อุณหภูมิ 10 °C และ 4 °C ตามลำดับ การนำใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงช้าที่สุดรองลงมาคือ กรดซิตริกความเข้มข้น 5 และ 2 เปอร์เซนต์ และกลุ่มตัวอย่างควบคุมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ค่า SPAD value ของใบโหระพาในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C

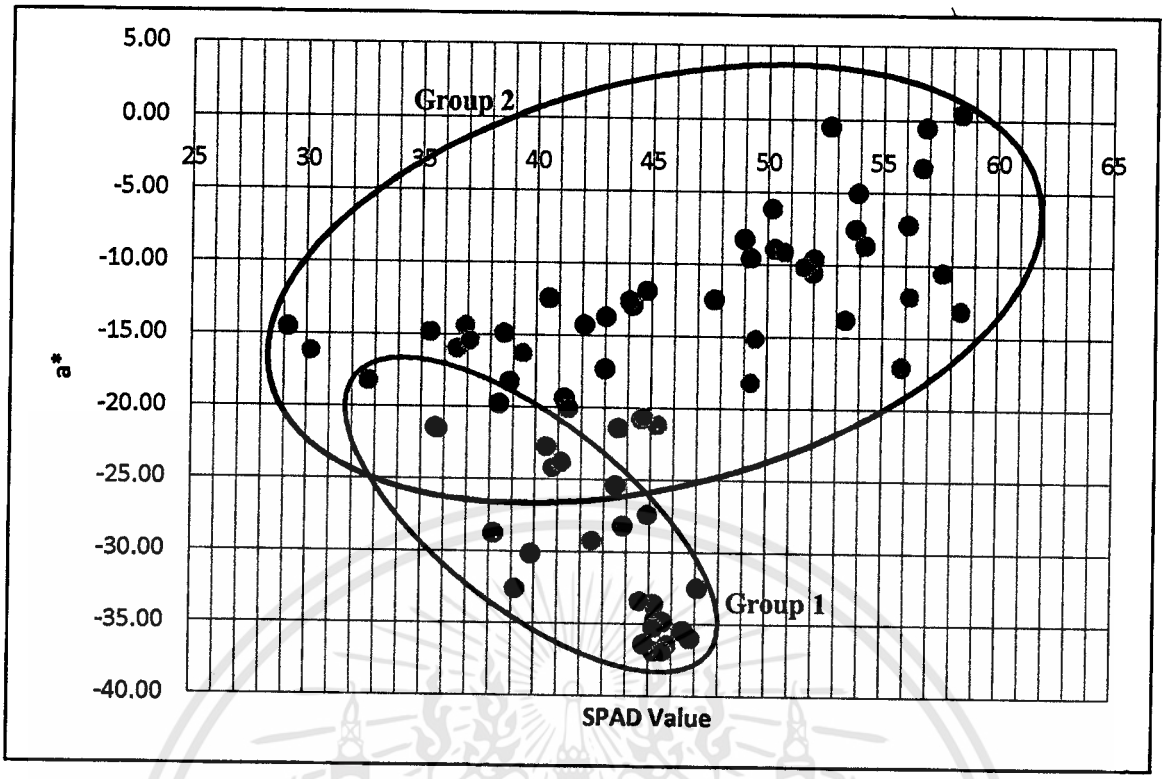
Control (■), Citric acid 2% (■), Citric acid 5% (■), Citric acid 10% (■)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุณี (2551) พบว่าหน่อไม้ดองที่เติมกรดซิตริกป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าหน่อไม้ดองที่ไม่ได้เติมกรดซิตริก ในงานทดลองนี้พบว่าการที่ค่า SPAD value ลดลงในช่วงแรกนั้นเป็นเพราะว่ามีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จากสีเขียวไปเป็นเหลืองของแซนโทฟิลล์ (xanthophylls) แต่ในช่วงหลังของการเก็บรักษา คลอโรฟิลล์ได้เสื่อมสลายและสูญเสียอะตอมของแมกนีเซียมซึ่งอยู่กลางโมเลกุลในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม และถูกเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟตินที่มีสีเขียวมะกอก จึงทำให้ SPAD value มีค่าสูงขึ้นในช่วงหลังของการเก็บรักษา โดยค่าที่วัดได้ในช่วงหลังนั้นไม่ใช่ค่าของปริมาณคลอโรฟิลล์แต่เป็นค่าของปริมาณฟีโอไฟตินที่ดูดกลืนช่วงความยาวคลื่นเดียวกันกับคลอโรฟิลล์ (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2551) ทำให้ค่า SPAD value ที่วัดได้ในช่วงหลังมีค่าเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของณัฐชัยและวาริช (2550) ทำการวัดใบโหระพาเก็บที่ 10 °C เป็นเวลา 7 วันด้วย SPAD-502 พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงในช่วง 2 วันแรกและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 7

เมื่อนำค่า a* ทุกอุณหภูมิจากผลการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับค่า SPAD value ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์เพื่อหาความสัมพันธ์ พบว่าสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 4.11 ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ช่วง a* เท่ากับ (-16) – (-36) จะมีค่า SPAD value ในช่วง 32-47 อธิบายได้ว่าเมื่อ SPAD value ลดลงค่าของ a* ก็เพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงค่าความเป็นสีเขียวก็ลดลงตามไปด้วย กลุ่มที่ 2 ช่วง a* เท่ากับ 0.38 – (- 25) จะมีค่า SPAD value ในช่วง 29.16 - 58 อธิบายได้ว่าเมื่อ SPAD value มากขึ้นค่าของ a* ก็เพิ่มมากขึ้นด้วย กล่าวคือปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงแล้วเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟตินทำให้ความเป็นสีเขียวน้อยลงจนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD value) กับค่าความเป็นสีเขียว (a*)

4.2.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพในระหว่างการเก็บรักษาของใบโหระพา

ผลของการติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพด้วยระดับคะแนน 1-5 ดังแสดงในภาพที่ 4.12 อุณหภูมิ 4 °C ตัวอย่างควบคุมมีระยะเวลาการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ ประมาณ 3 วัน และใบโหระพาจุ่มกรดซิตริก 2 5 และ 10 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 4 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ทุกกลุ่มตัวอย่างการทดลองเก็บรักษาได้ 4 วัน และที่ 15 °C ตัวอย่างควบคุมเก็บรักษาได้ 4 วัน โหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 2 และ 5 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาได้ 7 วัน และโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 10 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4.13 โดยที่โหระพายังมีระดับคะแนน 5 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิต่ำใบโหระพามีอายุการเก็บรักษาสั้นและเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิ 15 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุใบโหระพา สอดคล้องกับการทดลองของ Artemio et al., (2002) ทำการเก็บรักษาใบปอกระเจาในถุงพลาสติกโพลีโพพิลีนที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าใบปอกระเจาเกิดสีน้ำตาลจากอาการสะท้านหนาวอย่างชัดเจนที่อุณหภูมิ 1 °C และ 8 °C และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงก่อนที่จะเริ่มเกิดอาการสะท้านหนาว ในทางกลับกันอุณหภูมิ 15 °C 20 °C และ 30 °C ไม่เกิดสีน้ำตาลเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

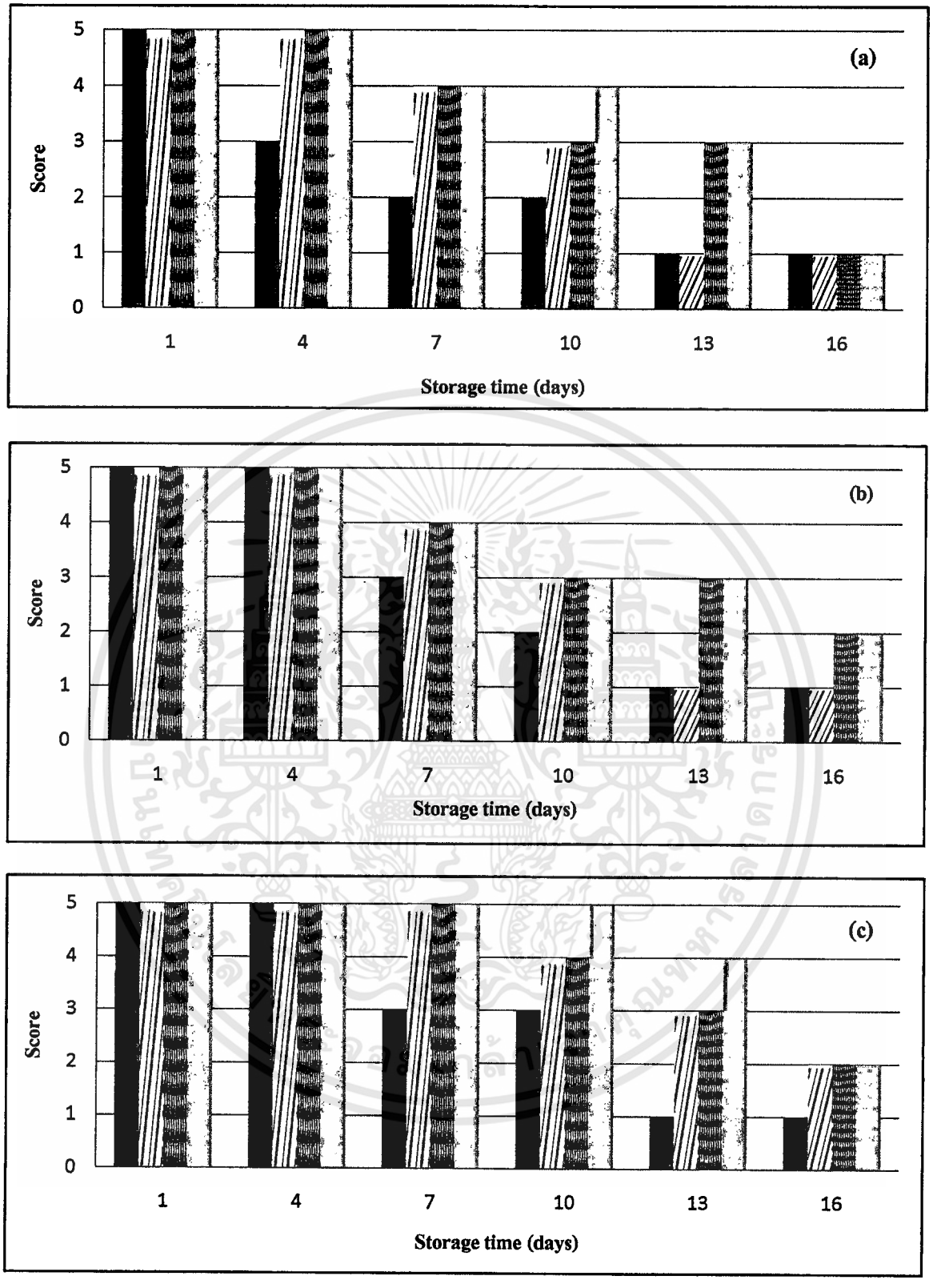
level 5 level 4 level 3 level 2 level 1

ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพระดับ 1-5 ของใบโหระพาระหว่างการเก็บรักษา

สารละลายกรดซิตริกสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ ยิ่งสารละลายกรดซิตริกมีความเข้มข้นมากจะช่วยลดปริมาณและชะลออัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น (Somogyi et al., 1996) นักวิจัย Wongsheree et al., (2009) เก็บรักษาใบแมงลัก พบว่าที่ 4 °C มีสีดำเกิดขึ้นที่ใบอย่างชัดเจนและเก็บรักษาได้ 2 วัน ในขณะที่ 12 °C ไม่เกิดหรือเกิดเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเก็บรักษาได้นาน 5 วัน โดยเปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และคาเทคอลออกซิเดส(catechol oxidase) อาจเป็นตัวทำให้เกิดสีน้ำตาลหรือสีดำของการเกิดอาการสะท้านหนาวและมีความเป็นไปได้ว่าระดับของฟีนอลิกเป็นตัว substrate ในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ด้วยเหมือนกัน สอดคล้องกับการทดลองของ Litao and Jiang (2006) ทำการเก็บรักษาแห้วแช่ในกรดซาลิซิลิก (salicylic acid) ความเข้มข้น 0 1 2 และ 4 มิลลิโมลาร์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่าในวันที่ 6 ความเข้มข้น 4 มิลลิโมลาร์ เกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดรองลงมาคือความเข้มข้น 2 1 และ 0 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ

ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นสภาวะที่ดีที่สุด สามารถเก็บรักษาได้นาน 10 วัน โดยที่มีค่าของ a* เท่ากับ -16.21 และค่า SPAD เท่ากับ 32.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ระดับคะแนน 5 ระดับ ของใบโหระพาในระหว่างเก็บรักษาที่ (a) อุณหภูมิ 4 °C (b) อุณหภูมิ 10 °C และ (c) อุณหภูมิ 15 °C

Control (■), Citric acid 2% (▨), Citric acid 5% (■), Citric acid 10% (□)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลของอุณหภูมิ สารเคมีและเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของถั่วพู

จากการทดลองเก็บรักษาถั่วพูโดยแบ่งเป็น 6 ตัวอย่างการทดลอง ได้แก่ ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ 25 50 และ 75 เปอร์เซนต์ (v/v) ถั่วพูจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 0.05 และ 0.5 เปอร์เซนต์ (w/v) และล้างน้ำประปา (ตัวอย่างควบคุม) เป็นเวลา 1 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C พบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C มีการหายใจช้าลงและมีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก 4-6 เปอร์เซนต์ ในขณะที่ 10 °C มีเปอร์เซนต์สูญเสียน้ำหนัก 4-16 เปอร์เซนต์ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การเก็บที่ 4 °C ส่งผลให้ถั่วพูเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นอาการของการสะท้านหนาวเมื่อเทียบในระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากันกับอุณหภูมิ 10 °C เจลว่านหางจระเข้ช่วยชะลอการหายใจ ลดเปอร์เซนต์สูญเสียน้ำหนัก และชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อได้ดีกว่ากรดซิตริกส่งผลให้มีความแน่นเนื้อมากกว่าตัวอย่างควบคุม โดยความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักกับความแน่นเนื้อสรุปได้ว่า เมื่อเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นค่าความแน่นเนื้อจะลดน้อยลงโดยความสัมพันธ์มีลักษณะเป็นเส้นตรง มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9 ทางด้านลักษณะทางกายภาพเมื่อพิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษาในขณะที่ถั่วพูยังมีระดับคะแนน 5 ของทั้งสองอุณหภูมิพบว่าที่ 4 °C มีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 1.26 – 2.84 เปอร์เซนต์ และ 10 °C อยู่ในช่วง 3.86 – 5.26 เปอร์เซนต์ อุณหภูมิ ความเข้มข้นของเจลว่านหางจระเข้และกรดซิตริกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำพีเอชและปริมาณไขอาหาร

ถั่วพูเคลือบเจลว่านหางจระเข้ความเข้มข้น 50 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นสภาวะดีที่สุด สามารถเก็บรักษาได้นาน 16 วัน มีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก 4.57 เปอร์เซนต์ โดยที่ถั่วพูยังมีระดับคะแนน 5 คือ มีลักษณะแข็งกรอบสีเขียวสด ผิวเป็นมันเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลของอุณหภูมิและสารเคมีต่อคุณภาพของใบโหระพาในระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองเก็บรักษาใบโหระพาโดยแบ่งเป็น 4 ตัวอย่างการทดลอง ได้แก่ ใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 2 5 และ 10 เปอร์เซนต์ (w/v) และล้างน้ำประปา (ตัวอย่างควบคุม) เป็นเวลา 1 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C 10 °C และ 15 °C พบว่าทุกอุณหภูมิมีการลดลงของก๊าซออกซิเจนและเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน แต่ในระยะเวลาเก็บรักษาเท่ากันที่อุณหภูมิ 15°C มีการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณคลอโรฟิลล์ช้าที่สุด รองลงมาคือ 10 °C และ 4 °C ตามลำดับ โดยใบโหระพาจะมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเข้มไปเป็นสีเขียวอ่อนและสีน้ำตาลคล้ำตามลำดับ จากการวัดความเป็นสีเขียว (a*) และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD value) สามารถแบ่งการเปลี่ยนสีได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ค่า a* เท่ากับ (-16) – (-36) จะมีค่า SPAD value ในช่วง 32-47 โหระพามีสีเขียวเข้มถึงสีเขียวอ่อน และกลุ่มที่ 2 ค่า a* เท่ากับ 0.38 – (- 25) จะมีค่า SPAD value ในช่วง 29.16 – 58 โหระพามีสีเขียวอ่อนจนถึงสีน้ำตาลคล้ำ โดยกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ มีผลช่วยลดการใช้ก๊าซออกซิเจน ลดเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนสีและการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ กรดซิตริกความเข้มข้น 5 และ 2 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

ใบโหระพาจุ่มกรดซิตริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นสภาวะที่เหมาะสมในยืดอายุการเก็บรักษา สามารถเก็บได้นาน 10 วัน โดยที่มีค่าของ a* เท่ากับ -16.21 และค่า SPAD เท่ากับ 32.69 โดยที่ใบโหระพามีระดับคะแนน 5 คือใบมีสีเขียวสดก้านแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เกสร จันทร์ศิริ. 2531. เสถียรภาพของเจลจากต้นว่านหางจระเข้ในประเทศไทยและยาเตรียมขี้ผึ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเภสัชกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

จาตุพงษ์ วาฤทธิ์. 2555. การวัดค่าสี. เข้าถึงได้จาก http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/ea341/lesson2/ch02_6.pdf (13 กุมภาพันธ์ 2555)

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ศูนย์ฝึกอบรมการเกตรแห่งชาติ, นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุณี จึงสถาปัตย์ชัย. 2551. ผลของกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และปริมาณออกซิเจนต่อการเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้ดองในระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตตา สาตร์เพ็ชร์. 2552. ผลของการใช้เจลว่านหางจระเข้และ Sucrose fatty acid ester เคลือบผิวชมพู่ทับทิมจันท์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ชลิตา ตาลพิมล พัชโรบล พุทธิดา และ วิกานดา สาธิกา . 2553. การรักษาดุลยภาพน้ำและแร่ธาตุในพืช. เข้าถึงได้จาก http://www.yupparaj.ac.th/new/science/T_jutarat/equi_web/Untitled-3.html (1 เมษายน 2555)

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ และ วาริช ศรีละออง. 2550. การเปลี่ยนแปลงของ oil gland ในระหว่างการเกิดอาการสะท้านหนาวในใบโหระพา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38: 185-188.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ประสิทธิ์ จันตัน. 2550. ผลของโอโซนและกรดซิตริกต่ออายุการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เพ็ญธิรัตน์ อัครผลสุวรรณ. 2546. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้สดเพื่อการแปรรูป. เข้าถึงได้จาก http://actech.agritech.doae.go.th/techno/other/post%20harvest.htm (5 สิงหาคม 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษา อิสรคัมภีร์. 2545. ผลของน้ำสกัดว่านหางจระเข้ร่วมกับไคโตซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะนาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. 2555. เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS). เข้าถึงได้จาก http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=1508 (19 มกราคม 2555)

สมชาย กล้าหาญ. 2546. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของผัก. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สมภพ พัทดิพันธ์. 2547. เอกสารประกอบการสอน รายวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. อุตรดิตถ์.

สายชล เกตุษา. 2549. ความเสียหายของผักและผลไม้เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วารสารราชบัณฑิตยสถาน. 13: 473-485.

สายัณห์ สดุดี และ สุภาณี ชนะวีรวรรณ. 2545. การใช้เครื่องมือ SPAD-502 เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะ. วารสารสงขลานครินทร์. 24: 9-14.

สุดสายชล หอมทอง และ นันทวัน กรัตพงศ์. 2552. ผลของน้ำส้มสายชู กรดซิตริก และโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อการลดลงของ *Salmonella* Typhimurium บนใบสะระแหน่. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 1: 18-25.

สุธาทิพ ภมรประวัติ. 2551ก. บทความพิเศษถั่วพู. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ.

สุธาทิพ ภมรประวัติ. 2551ข. โหระพาคุณค่าที่มากกว่าความอร่อย. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2554. กรดซิตริก. เข้าถึงได้จาก http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/146-6034.pdf (24 สิงหาคม 2553)

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. 2551. คู่มือปฏิบัติงานกิจกรรมการประเมินปริมาณสัตว์น้ำต่อหน่วยการลงแรงประมงในแหล่งน้ำจืด, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 2554. ประวัติโหระพา. เข้าถึงได้จาก http://agriman.doae.go.th/home/kpi006/0227horapa.pdf (17 มกราคม 2554)

ธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธีรเดช ศรีวงศ์ มุทิตา มีนุ่น และ วิลัศนา โพธิ์ศรี. 2552. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสในใบคะน้าอินทรีย์และคะน้าทั่วไประหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 9: 30-45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุไรวรรณ เทิดบารมี. 2543. การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลผลิตลิ้นจี่หลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้กรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

Ali, A., M. Maqbool, S. Ramachandran, and P.G. Alderson. 2010. Gum Arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 58: 42-47.

Anonymous. 1986. Chlorophyll meter SPAD-502 instruction manual. Minolta Co., Ltd. Japan.

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Artemio, Z., T. Jr, K. Ose, K. Chachin, and Y. Ueda. 2002. Effects of storage temperature on the postharvest quality of jute leaves (*Corchorus olitorius* L.). Postharvest Biology and Technology. 26: 329-338.

Arthey,V.D. 1975. Quality of horticultural products. Butterworths, London.

Ben, Y.S. 1969. Gas exchange, transpiration and the commercial deterioration in storage of orange fruit. Journal of the American Society for Horticultural Sciences. 94: 524-528.

Bolin, H.R., and C.C. Huxsoll. 1991. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. Journal Food Science and Technology. 56: 60-62.

Bozzi, A., C. Perrin, S. Austin, and F.A. Vera. 2007. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. Journal of Food Chemistry. 103: 22-30.

Castaner, M., M.I. Gil, F. Artes, and F.A. Tomas-Barberan. 1996. Inhibition of browning of harvested head lettuce. Journal Food Science. 61: 314-316.

Castillo, S., D. Navarro, P.J. Zapata, F. Guillen, D. Valero, M. Serrano, and D. Martinez-Romero. 2010. Antifungal efficacy of *Aloe vera in vitro* and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. Postharvest Biology and Technology. 57: 183-188.

Gue, L., Y. Ma, D.W. Sun, and P. Wang. 2008. Effects of controlled freezing – point storage at 0°C on quality of green bean as compared with cold and room – temperature storages. Journal of Food Engineering. 86 : 25-29.

Guevara, J.C., E. M. Yahia, and E.B. de la Fuente. 2001. Modified atmosphere packaging of prickly pear cactus stems (*Opuntia spp.*). Foof Science and Technology. 34: 445-451.

Hagenmaier, R., and P.E. Shaw. 1992. Gas permeability of fruit coating waxes. Journal of the American Society for Horticultural Sciences. 117: 105-109.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Isabelle, V., F. Devlieghere, B.D. Meulenaer, K. Veramme, P. Ragaert, and J.V. Camp. 2008. Impact of decontamination agents and a packaging delay on the respiration rate of fresh-cut produce. Postharvest Biology and Technology. 49: 277-282.

Jiang, Y., J. Fu, G. Zauberman, and Y. Fuchs. 1999. Purification of polyphenol oxidases and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid. Journal of the Science of Food and Agriculture. 79: 950-954.

Kader, A.A., R.F. Kasmire, and J.F. Thompson. 1985. Postharvest technology of horticultural crop. Special Publishing Co Inc., California.

Kanthamoon, W. 2011. Optical property. Available : http://202.44.47.77/tam/SubjectsbyWASAN/673349%20Properties%20of%20Bio%20Material%20and%20Food/lession5_Optical%20Property.pdf (accessed 19 February 2011)

Kaynas, K., and IS. Ozelkok,. 1999. Effect of semperfresh on postharvest behavior of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and summer squash (*Cucurbita pepo* L.) fruits. International Society for Horticultural Science. 492: 213-220.

Krebbers, B., A. M. Matser, M. Koets, and R.W. Van den Berg. 2010. Quality and storage-stability of high-pressure preserved green beans. Journal of Food Engineering. 54: 27-33.

Litao P., and Y. Jiang. 2006. Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut chinese water chestnut. Food Chemistry. 94: 535-540.

Martinez-Romero, D., N. Alburqerque, J.M. Valverde, F. Guillen, S. Cactillo, D. Valero, and M. Serrano. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment : A new edible coating. Postharvaest Biology and Technology. 39: 93-100.

Mathooko, F.M. 1996. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. Postharvest Biology and Technology. 9: 1-26.

Saks, Y. and R. Barkai-Golan. 1995. Aloe vera gel activity against plant pathogenic fungi. Postharvest Biology and Technology. 6: 159-165.

Sila, D.N., T. Duvetter, A.D. Roeck, I. Verlent, C. Smout, G.K. Moates, B.P. Hills, K.K. Waldron, M. Hendrickx, and A.V. Loey. 2008. Texture changes of processed fruits and vegetables: potential use of high-pressure processing. Trends in Food Science and Technology. 19: 309-319.

Somogyi, L.P., H.S. Ramaswamy, and Y.H. Hui. 1996. Processing Fruits: Science and Technology Biology, Principles and Applications. Technomic Publishing Co Inc., U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Toivonen, P.M.A., and D.A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology. 48: 1-14.

Voss, D.H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society color chart. Host Science. 27: 1256-1260.

Wills, R.B.H., T.M. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson, and E.G. Hall. 1981. Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. AVI Publishing Co Inc., Westport.

Wills, R.B.H., W.B. Mc Glasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest : An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits, Vegetables and Ornamentals. 4 th ed. New South Wales University Press, New South Wales.

Wongsheree, T., S. Ketsa, and W.G. Doorn. 2009. The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (Ocimum x citriodourum) leaves. Postharvest Biology and Technology. 51: 91-96.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

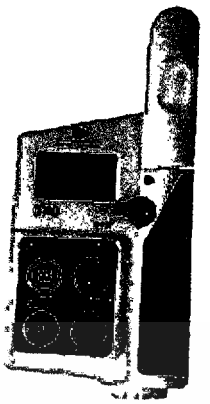
ก.1 เครื่องวัดปริมาณก๊าซที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงพลาสติก

ภาพที่ ก1 เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน(Checkpoint Handheld Gas Analyser)

ภาพที่ ก2 แสดงตำแหน่งการวัดปริมาณก๊าซภายในถุงพลาสติกของถั่วพูและใบโหระพา

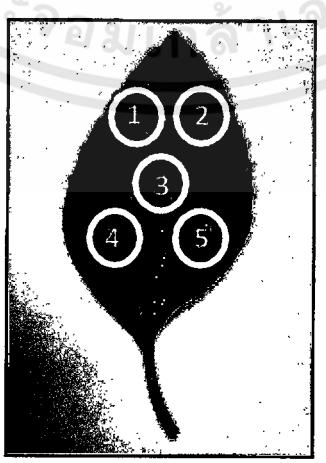
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 เครื่องตรวจวัดคลอโรฟิลล์



ภาพที่ ก3 คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (Chlorophyll Meter) รุ่น SPAD-502 Plus

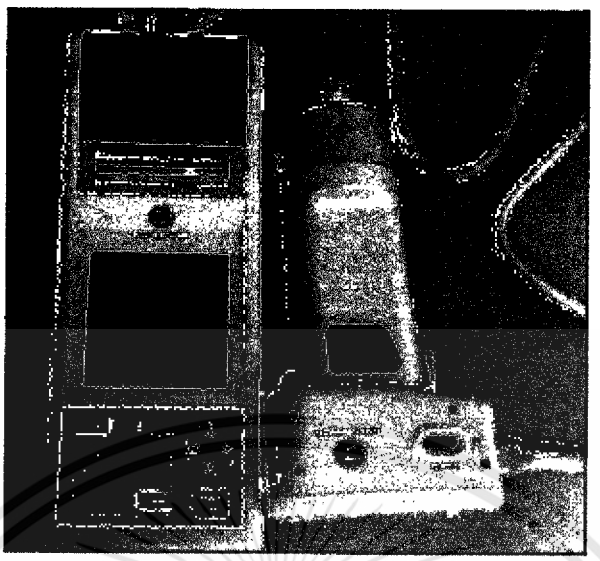
หลักการทำงานของคลอโรฟิลล์มิเตอร์คือ ค่าที่ได้จากการวัดด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์จะตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช โดยค่าจะถูกคำนวณจากปริมาณแสงที่ส่องผ่านใบพืชใน 2 ช่วงความยาวคลื่นแสงที่คลอโรฟิลล์สามารถดูดซับได้แตกต่างกัน คือ ช่วงแสงสีแดง (red) มีความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร และช่วงแสงสีแดงไกล (Infared) มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร LEDs (Light-emitting diodes) ซึ่งเป็นตัวให้แสงจะถูกสร้างขึ้นภายในหัววัดของคลอโรฟิลล์ทั้ง 2 ด้าน คือ Emitting window และ Receiving window เมื่อทำการวัดแสงจะถูกปล่อยออกมาจาก Emitting window ผ่านตัวอย่างใบพืชเข้าสู่ Receiving window เมื่อทำการวัด LEDs ซึ่งเป็นตัวให้แสงที่อยู่ในระบบให้แสง (Illuminating system) จะปล่อยแสงสีแดงและแสงสีแดงไกลออกมา แสงจะส่องผ่านตัวอย่าง ใบพืช ไปชนกับตัวรับแสง (Receptors) จากนั้นจะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณอัตโนมัติ โดยตัวแปลงสัญญาณ (Amplifier และ A/D converter) แล้วส่งสัญญาณต่อไปยัง Microprocessor ซึ่งจะแปลงสัญญาณอีกครั้งหนึ่งแล้วแสดงผลค่าที่ได้จากการวัดออกมาที่จอแสดงผล (display) (Anonymous, 1986)



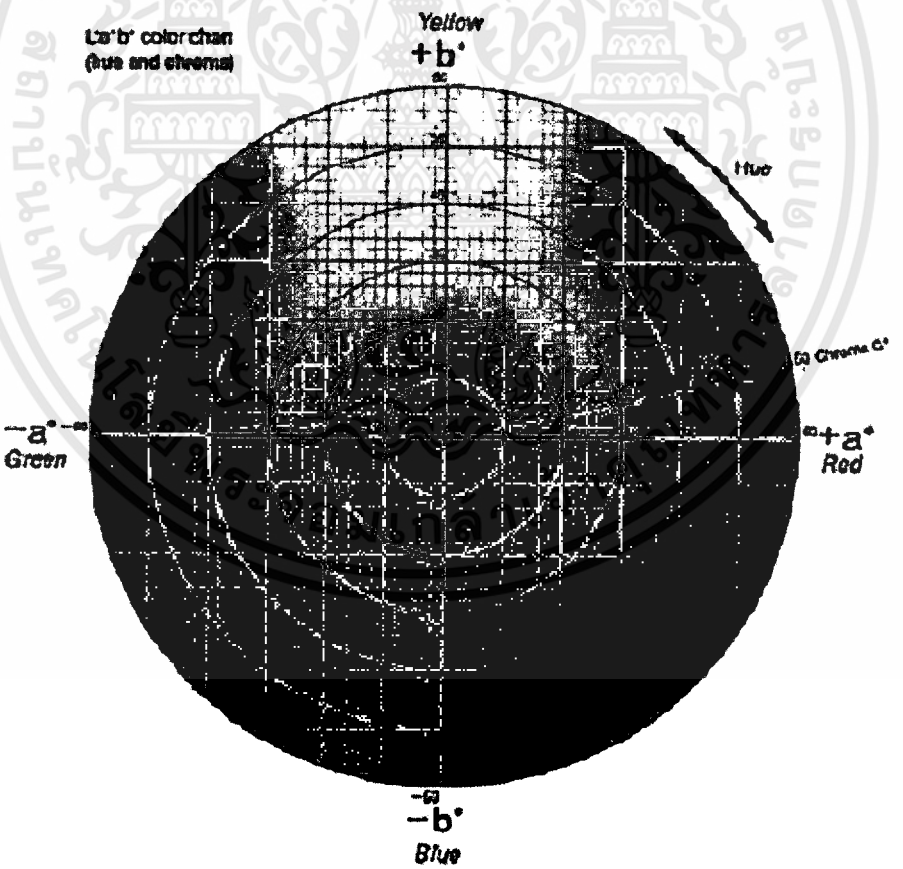
ภาพที่ ก4 แสดงตำแหน่งในการวัดสีของใบโหระพา 5 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 เครื่องตรวจวัดสี



ภาพที่ ก5 เครื่องวัดสี (Minolta CR-400)



ภาพที่ ก6 การบรรยายสีในระบบ CIE ของระนาบ 2 มิติ

ที่มา : จาตุพงษ์, 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ข1 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซออกซิเจนของถั่วพู (เปอร์เซนต์)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ปริมาณก๊าซออกซิเจนของถั่วพู (เปอร์เซนต์) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
			1	4	7	10	13	16	19
4	ตัวควบคุม	-	14.13 ± 0.12	12.57 ± 0.06	10.50 ± 0.13	7.57 ± 0.40	5.64 ± 0.05	4.20 ± 0.10	3.11 ± 0.06
	ว่านหางจระเข้	25	13.87 ± 5.66	12.53 ± 0.06	9.73 ± 0.12	8.80 ± 0.06	7.23 ± 0.15	6.50 ± 0.10	5.72 ± 0.10
		50	13.60 ± 0.10	12.53 ± 0.15	9.87 ± 0.25	7.34 ± 0.15	7.00 ± 1.04	5.78 ± 0.12	5.00 ± 0.20
		75	13.90 ± 0.10	13.03 ± 0.15	8.80 ± 0.10	7.53 ± 0.15	6.63 ± 0.21	6.31 ± 0.15	5.39 ± 0.10
	กรดซิตริก	0.05	13.33 ± 0.12	12.30 ± 0.20	9.59 ± 0.12	7.32 ± 0.15	6.13 ± 0.15	5.29 ± 0.21	4.23 ± 0.15
		0.5	13.53 ± 0.12	12.90 ± 0.11	10.58 ± 0.12	8.64 ± 0.15	6.34 ± 0.15	4.62 ± 0.10	4.21 ± 0.12
10	ตัวควบคุม	-	12.20 ± 0.10	10.42 ± 0.12	6.69 ± 0.21	3.32 ± 0.10	1.43 ± 0.12	1.77 ± 0.15	2.91 ± 0.60
	ว่านหางจระเข้	25	12.60 ± 0.20	11.50 ± 0.20	8.20 ± 0.34	6.28 ± 0.12	2.71 ± 0.53	2.50 ± 0.10	3.40 ± 0.30
		50	12.78 ± 0.15	11.68 ± 0.10	8.37 ± 0.15	4.83 ± 0.15	1.53 ± 0.15	1.90 ± 0.20	2.44 ± 0.10
		75	13.03 ± 0.15	11.10 ± 0.17	7.40 ± 0.10	3.82 ± 0.31	1.93 ± 0.12	2.12 ± 0.15	3.33 ± 0.15
	กรดซิตริก	0.05	11.93 ± 0.15	11.30 ± 1.59	7.90 ± 0.10	4.93 ± 0.15	1.63 ± 0.15	1.90 ± 0.30	1.97 ± 0.05
		0.5	12.10 ± 0.17	10.90 ± 0.10	7.37 ± 0.15	2.70 ± 0.20	1.30 ± 0.10	1.83 ± 0.15	2.30 ± 0.20

ตารางที่ ข2 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถั่วพู (เปอร์เซนต์)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถั่วพู (เปอร์เซนต์) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
			1	4	7	10	13	16	19
4	ตัวควบคุม	-	2.63 ± 0.06	6.23 ± 0.10	6.73 ± 0.15	9.34 ± 0.12	8.20 ± 0.10	7.77 ± 0.15	7.80 ± 0.06
	ว่านหางจระเข้	25	2.83 ± 0.15	6.00 ± 0.10	6.83 ± 0.15	8.27 ± 0.06	8.80 ± 0.20	9.43 ± 0.15	9.03 ± 0.15
		50	2.90 ± 0.10	6.24 ± 0.15	7.05 ± 0.25	8.12 ± 0.15	9.37 ± 0.15	9.87 ± 0.15	9.78 ± 0.12
		75	2.94 ± 0.10	5.83 ± 0.15	6.40 ± 0.10	9.13 ± 0.15b	8.93 ± 0.21	9.30 ± 0.15	9.09 ± 0.10
	กรดซิตริก	0.05	2.87 ± 0.15	6.20 ± 0.20	7.09 ± 0.12	8.57 ± 0.15	7.93 ± 0.15	7.80 ± 0.21	8.13 ± 0.15
		0.5	2.80 ± 0.10	5.77 ± 0.10	6.43 ± 0.12	7.63 ± 0.15	8.03 ± 0.1	7.68 ± 0.10	7.50 ± 0.17
10	ตัวควบคุม	-	3.70 ± 0.10	8.13 ± 0.12	9.11 ± 0.26	10.04 ± 0.10	9.90 ± 0.10	10.17 ± 0.15	10.23 ± 0.06
	ว่านหางจระเข้	25	3.23 ± 0.25	7.00 ± 0.200	8.13 ± 0.25	9.10 ± 0.12	10.52 ± 0.12	10.30 ± 0.10	9.80 ± 0.30
		50	3.09 ± 0.15	7.20 ± 0.10	8.37 ± 0.06	9.87 ± 0.12	9.40 ± 0.26	8.60 ± 0.20	8.60 ± 0.46
		75	3.03 ± 0.15	7.94 ± 0.12	9.30 ± 0.10	9.73 ± 0.40	8.68 ± 0.12b	8.58 ± 0.15	8.43 ± 0.15
	กรดซิตริก	0.05	4.01 ± 0.15	7.43 ± 0.15	8.50 ± 0.10	9.27 ± 0.21	9.43 ± 0.15	8.63 ± 0.15	9.37 ± 0.06
		0.5	3.91 ± 0.17	8.09 ± 0.10	9.47 ± 0.15	9.83 ± 0.25	9.20 ± 0.10	9.33 ± 0.15	9.50 ± 0.20

ตารางที่ ข3 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซออกซิเจนของใบโหระพา (เปอร์เซนต์)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ปริมาณก๊าซออกซิเจนของใบโหระพา (เปอร์เซนต์) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
			1	4	7	10	13	16
4	ตัวควบคุม	-	19.50 ± 0.21	19.41 ± 0.15	19.04 ± 0.30	18.80 ± 0.10	18.83 ± 0.15	18.68 ± 0.10
	กรดซิตริก	2	19.50 ± 0.20	19.43 ± 0.10	18.83 ± 0.10	18.60 ± 0.10	18.70 ± 0.20	18.61 ± 0.10
		5	19.60 ± 0.10	19.13 ± 0.15	19.10 ± 0.10	18.50 ± 0.10	18.40 ± 0.10	18.43 ± 0.15
		10	19.30 ± 0.10	19.24 ± 0.15	18.92 ± 0.15	18.77 ± 0.06	18.50 ± 0.06	18.32 ± 0.05
10	ตัวควบคุม	-	19.27 ± 0.06	19.33 ± 0.20	18.87 ± 0.12	18.60 ± 0.10	18.41 ± 0.60	18.11 ± 0.05
	กรดซิตริก	2	19.52 ± 0.15	19.33 ± 0.15	19.18 ± 0.10	18.88 ± 0.12	18.63 ± 0.15	18.40 ± 0.10
		5	19.43 ± 0.06	19.09 ± 0.10	19.05 ± 0.10	18.87 ± 0.06	18.63 ± 0.05	18.53 ± 0.15
		10	19.40 ± 0.10	19.42 ± 0.15	19.11 ± 0.15	18.80 ± 0.10	18.55 ± 0.16	18.40 ± 0.20
15	ตัวควบคุม	-	19.34 ± 0.25	18.90 ± 0.10	18.87 ± 0.12	18.09 ± 0.10	18.04 ± 0.15	17.81 ± 0.15
	กรดซิตริก	2	19.32 ± 0.20	19.12 ± 0.15	18.72 ± 0.05	18.37 ± 0.10	18.23 ± 0.10	18.10 ± 0.10
		5	19.43 ± 0.20	19.09 ± 0.10	18.80 ± 0.10	18.61 ± 0.15	18.40 ± 0.14	18.34 ± 0.20
		10	19.17 ± 0.10	18.98 ± 0.15	18.90 ± 0.10	18.83 ± 0.21	18.63 ± 0.12	18.53 ± 0.06

ตารางที่ ข4 ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของถั่วพู (นิวตัน)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ความแน่นเนื้อของถั่วพู (นิวตัน) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
			1	4	7	10	13	16	19
4	ตัวควบคุม	-	45.71 ± 1.00	37.53 ± 1.00	28.84 ± 1.00	26.72 ± 0.91	24.49 ± 0.68	24.37 ± 0.18	24.12 ± 0.24
	ว่านหางจระเข้	25	45.62 ± 0.31	42.57 ± 0.54	32.15 ± 0.86	29.86 ± 0.21	26.86 ± 0.27	25.01 ± 0.26	24.26 ± 1.05
		50	44.35 ± 0.73	40.36 ± 0.39	38.06 ± 0.30	36.67 ± 0.20	32.89 ± 0.24	28.03 ± 0.27	25.15 ± 0.54
		75	44.75 ± 0.88	42.57 ± 0.89	34.86 ± 0.94	30.17 ± 0.76	25.57 ± 1.11	24.23 ± 0.31	24.79 ± 0.58
	กรดซิตริก	0.05	44.69 ± 0.65	38.63 ± 0.62	36.29 ± 0.21	33.48 ± 0.28	29.37 ± 0.82	25.85 ± 0.52	24.92 ± 1.01
		0.5	44.23 ± 0.46	40.74 ± 0.98	34.22 ± 0.41	30.03 ± 0.99	26.91 ± 0.46	25.01 ± 0.62	24.52 ± 0.44
10	ตัวควบคุม	-	45.23 ± 0.61	41.69 ± 1.03	36.48 ± 0.17	32.66 ± 0.86	29.57 ± 0.42	25.16 ± 0.64	23.27 ± 0.24
	ว่านหางจระเข้	25	45.62 ± 0.19	44.26 ± 0.04	40.29 ± 0.69	35.24 ± 1.12	33.15 ± 0.12	29.75 ± 0.08	24.45 ± 0.18
		50	44.69 ± 0.17	42.76 ± 1.00	40.14 ± 0.24	38.71 ± 0.40	35.89 ± 0.09	32.87 ± 0.32	26.39 ± 0.21
		75	44.75 ± 0.30	43.98 ± 0.39	40.32 ± 0.09	36.58 ± 0.21	30.95 ± 0.37	28.15 ± 0.30	25.12 ± 0.30
	กรดซิตริก	0.05	44.35 ± 1.00	41.74 ± 0.30	38.78 ± 1.00	36.92 ± 1.00	34.46 ± 0.33	31.03 ± 0.25	27.16 ± 0.90
		0.5	45.71 ± 0.24	42.78 ± 0.20	39.17 ± 0.16	35.89 ± 0.34	31.65 ± 0.11	28.83 ± 1.04	25.62 ± 0.38

ตารางที่ ข5 ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู (เปอร์เซนต์)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของถั่วพู (เปอร์เซนต์) ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)						
			1	4	7	10	13	16	19
4	ตัวควบคุม	-	0.00 ± 0.00	2.84 ± 0.08	4.26 ± 0.05	4.44 ± 0.13	4.78 ± 0.12	5.28 ± 0.12	5.75 ± 0.78
	ว่านหางจระเข้	25	0.00 ± 0.00	1.54 ± 0.07	2.25 ± 0.02	2.49 ± 0.06	3.26 ± 0.11	4.34 ± 0.08	4.62 ± 0.10
		50	0.00 ± 0.00	1.26 ± 0.08	1.36 ± 0.05	1.84 ± 0.05	2.82 ± 0.09	3.75 ± 0.11	4.47 ± 0.01
		75	0.00 ± 0.00	1.26 ± 0.07	1.88 ± 0.06	2.62 ± 0.11	3.27 ± 0.11	4.48 ± 0.05	4.92 ± 0.11
	กรดซิตริก	0.05	0.00 ± 0.00	1.27 ± 0.06	2.38 ± 0.08	2.85 ± 0.08	3.67 ± 1.76	4.72 ± 0.06	5.12 ± 0.05
		0.5	0.00 ± 0.00	1.89 ± 0.05	2.84 ± 0.05	3.47 ± 0.13	4.12 ± 0.15	4.79 ± 0.25	5.26 ± 0.14
10	ตัวควบคุม	-	0.00 ± 0.00	5.26 ± 0.19	8.40 ± 0.12	10.21 ± 0.88	12.74 ± 0.13	13.40 ± 0.10	15.46 ± 0.24
	ว่านหางจระเข้	25	0.00 ± 0.00	1.87 ± 0.11	3.61 ± 0.11	3.61 ± 0.06	4.20 ± 0.10	6.57 ± 0.05	7.93 ± 0.26
		50	0.00 ± 0.00	1.64 ± 0.22	2.45 ± 0.07	2.75 ± 0.07	3.62 ± 0.21	4.57 ± 0.31	5.97 ± 0.05
		75	0.00 ± 0.00	1.29 ± 0.08	2.53 ± 0.18	3.86 ± 0.13	4.77 ± 0.19	6.09 ± 0.10	8.36 ± 0.20
	กรดซิตริก	0.05	0.00 ± 0.00	2.25 ± 0.20	3.06 ± 0.13	4.70 ± 0.28	5.26 ± 0.29	7.59 ± 0.17	9.63 ± 0.24
		0.5	0.00 ± 0.00	1.23 ± 0.10	2.18 ± 0.12	3.95 ± 0.23	6.05 ± 0.34	8.80 ± 0.48	10.46 ± 0.28

ตารางที่ ข6 ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา (เปอร์เซนต์)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของใบโหระพา (เปอร์เซนต์) ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
			1	4	7	10	13	16
4	ตัวควบคุม	-	0.00 ± 0.00	6.89 ± 0.55	10.65 ± 5.39	13.79 ± 0.53	16.51 ± 0.50	19.33 ± 0.19
	กรดซิตริก	2	0.00 ± 0.00	6.04 ± 0.03	8.50 ± 0.29	11.78 ± 0.25	13.67 ± 0.51	18.36 ± 0.26
		5	0.00 ± 0.00	3.00 ± 0.51	7.26 ± 0.25	9.30 ± 0.17	15.72 ± 0.52	17.97 ± 0.60
		10	0.00 ± 0.00	1.97 ± 0.05	4.61 ± 0.64	7.21 ± 0.12	9.71 ± 0.44	13.16 ± 0.13
10	ตัวควบคุม	-	0.00 ± 0.00	5.25 ± 0.22	12.54 ± 0.50	15.24 ± 0.16	17.23 ± 0.25	22.52 ± 0.53
	กรดซิตริก	2	0.00 ± 0.00	8.35 ± 0.10	11.51 ± 0.50	14.40 ± 0.31	15.98 ± 0.01	17.44 ± 0.31
		5	0.00 ± 0.00	7.08 ± 0.21	9.13 ± 0.26	12.98 ± 0.27	15.32 ± 0.19	15.40 ± 0.98
		10	0.00 ± 0.00	3.22 ± 0.23	6.12 ± 0.80	8.11 ± 0.10	13.16 ± 0.11	15.25 ± 0.16
15	ตัวควบคุม	-	0.00 ± 0.00	5.16 ± 0.05	8.27 ± 0.05	12.21 ± 0.20	14.64 ± 0.30	18.41 ± 0.21
	กรดซิตริก	2	0.00 ± 0.00	3.15 ± 0.20	5.44 ± 0.20	9.87 ± 0.15	13.21 ± 0.20	14.22 ± 0.30
		5	0.00 ± 0.00	2.62 ± 0.30	4.97 ± 0.11	7.26 ± 0.20	12.27 ± 0.37	15.85 ± 0.8
		10	0.00 ± 0.00	1.17 ± 0.10	4.07 ± 0.07	5.54 ± 0.12	9.85 ± 0.10	13.16 ± 0.15

ตารางที่ ข7 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโหระพา (SPAD value)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบโหระพา (SPAD value) ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
			1	4	7	10	13	16
4	ตัวควบคุม	-	46.5 ± 1.07	41.26 ± 1.21	44.79 ± 0.28	48.99 ± 2.14	56.87 ± 0.31	58.40 ± 1.18
	กรดซิตริก	2	47.1 ± 0.31	43.84 ± 0.24	42.99 ±0.11	44.19 ± 0.39	50.20 ± 0.16	52.70 ±1.20
		5	45.3 ± 1.35	38.22 ± 0.28	42.08 ± 1.15	49.27 ± 1.53	50.30 ± 0.94	53.80 ± 0.95
		10	46.8 ± 2.18	40.71 ± 1.77	38.85 ± 0.56	38.40 ± 0.25	51.96 ± 0.57	54.22 ± 1.23
10	ตัวควบคุม	-	45.6 ± 1.27	39.83 ± 1.07	43.01 ± 0.45	44.05 ± 0.73	52.02 ± 0.87	56.70 ± 1.35
	กรดซิตริก	2	45.2 ± 1.34	39.17 ± 0.56	35.72 ± 1.26	29.16 ± 2.15	53.40 ± 1.83	53.90 ± 0.37
		5	45.2 ± 2.35	35.62 ± 0.23	43.61 ± 0.64	35.36 ± 0.62	47.70 ± 0.26	56.10 ± 0.46
		10	44.8 ± 1.31	43.50 ± 1.14	41.13 ± 1.21	40.55 ± 1.88	38.58 ± 2.85	57.60 ± 1.52
15	ตัวควบคุม	-	45.8 ± 0.52	40.48 ± 0.21	36.90 ± 0.47	52.84 ± 1.64	56.20 ± 1.57	58.40 ± 1.89
	กรดซิตริก	2	45.6 ± 0.13	42.50 ± 0.26	41.40 ± 0.42	44.54 ± 0.49	49.30 ± 0.29	50.70 ± 0.35
		5	44.6 ±1.55	44.90 ± 0.23	44.60 ± 1.28	39.43 ± 1.86	37.10 ± 1.58	51.60 ± 0.72
		10	45.2 ±0.42	45.30 ± 0.27	44.70 ± 1.62	32.69 ± 0.94	30.20 ± 2.73	49.50 ± 1.37

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L*) ของใบโหระพา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ความสว่าง (L*) ของใบโหระพา ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
			1	4	7	10	13	16
4	ตัวควบคุม	-	42.65	43.56	37.54	30.74	22.44	9.43
	กรดซิตริก	2	43.72	43.65	41.20	37.90	29.46	13.84
		5	45.64	42.75	40.85	40.75	34.42	24.17
		10	43.68	42.62	40.86	40.65	40.28	32.43
10	ตัวควบคุม	-	44.37	43.58	41.79	40.47	29.27	17.44
	กรดซิตริก	2	45.74	43.86	43.57	43.01	32.16	29.61
		5	44.65	43.04	40.60	43.07	35.48	38.55
		10	45.76	43.45	43.77	41.36	41.75	42.20
15	ตัวควบคุม	-	45.54	43.41	42.33	38.67	34.35	25.49
	กรดซิตริก	2	45.83	43.15	44.24	44.09	40.93	30.43
		5	44.23	43.40	45.51	41.66	40.53	35.17
		10	45.15	44.18	45.61	45.57	43.55	39.17

ตารางที่ ข9 ค่าเฉลี่ยความเป็นสีเขียว (a*) ของใบโหระพา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ความเป็นสีเขียว (a*) ของใบโหระพา ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
			1	4	7	10	13	16
4	ตัวควบคุม	-	-35.46	-19.34	-11.90	-8.25	-0.54	0.38
	กรดซิตริก	2	-32.48	-28.18	-17.29	-12.88	-6.12	-0.50
		5	-34.62	-28.74	-14.28	-9.54	-8.92	-7.56
		10	-35.97	-24.17	-18.24	-19.75	-10.51	-8.65
10	ตัวควบคุม	-	-34.82	-30.16	-13.70	-12.61	-9.58	-3.29
	กรดซิตริก	2	-33.59	-32.61	-21.49	-14.53	-13.78	-5.02
		5	-36.87	-21.43	-21.39	-14.83	-12.45	-7.23
		10	-36.37	-25.41	-23.81	-12.46	-14.89	-10.53
15	ตัวควบคุม	-	-36.42	-22.72	-14.39	-17.04	-20.16	-9.16
	กรดซิตริก	2	-36.86	-29.23	-20.05	-15.96	-18.18	-10.16
		5	-33.40	-27.42	-20.78	-15.27	-13.41	-12.14
		10	-35.24	-21.17	-16.61	-16.21	-16.19	-15.16

ตารางที่ ข10 ค่าเฉลี่ยความเป็นสีเหลือง (b*) ของใบโหระพา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สารเคลือบผิว	ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ความเป็นสีเหลือง (b*) ของใบโหระพา ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
			1	4	7	10	13	16
4	ตัวควบคุม	-	11.57	16.54	18.15	13.75	8.44	5.36
	กรดซิตริก	2	9.32	11.76	21.80	21.76	7.36	3.00
		5	12.54	19.57	26.12	18.82	15.60	9.99
		10	8.77	25.39	23.48	20.12	19.06	10.84
10	ตัวควบคุม	-	6.69	15.83	22.06	19.60	13.28	13.14
	กรดซิตริก	2	4.10	20.26	24.42	23.28	16.04	15.03
		5	9.04	19.83	21.58	23.03	18.76	21.70
		10	11.11	18.55	23.65	21.37	25.23	24.94
15	ตัวควบคุม	-	4.91	21.44	20.28	26.30	29.12	19.25
	กรดซิตริก	2	5.62	24.02	24.45	23.47	30.12	23.17
		5	8.22	23.20	25.44	23.00	26.23	12.59
		10	9.17	20.16	24.18	30.06	32.24	21.16

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (Crude fiber)

วิธีวิเคราะห์ (AOAC, 1995)

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 2 กรัม (W_0) ใส่ลงใน crucible
2. นำ crucible ใส่ในเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (Fibertec system)
3. เติมสารละลายกรดซัลฟิริกที่อุ่นๆ ความเข้มข้น 1.25% ปริมาตร 150 มิลลิลิตร
4. เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง ให้ความร้อนจนเดือด 30 นาที
5. กรองและล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ปริมาตรครั้งละ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุ่นๆ ความเข้มข้น 1.25% ปริมาตร 150 มิลลิลิตร
7. เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง ให้ความร้อนจนเดือด 30 นาที
8. กรองและล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ปริมาตรครั้งละ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
9. นำกากและ Crucible อบที่อุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_1)
10. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 ± 15 เซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ตั้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก (W_2)
11. คำนวนหาเปอร์เซนต์ใยอาหารจากสูตร

$$\% \text{ Crude Fiber} = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวสิญา สุขศรีทอง

ที่อยู่ 60/771 หมู่ 11 ซอย เปรมฤทัย ถนน เทพารักษ์ ตำบล บางเมืองใหม่ อำเภอ เมือง สมุทรปราการ 10270

(black_berry99@hotmail.com, 089-663-7474)

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสายน้ำผึ้งในพระอุปถัมภ์ฯ จังหวัดกรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2546
- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550
- ศึกษาต่อปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้