การพัฒนาสารเคลือบผิวจากผักตบชวา เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน

DEVELOPMENT OF COATINGS FROM WATER HYACINTH FOR EXTEND SHELF LIFE OF RAMBUTAN CV. RONG RIEN

เกศินี เสาวคนธ์

KASINEE SAOWAKON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AG-M-021-304

การพัฒนาสารเคลือบผิวจากผักตบชวา
เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน

DEVELOPMENT OF COATINGS FROM WATER HYACINTH FOR EXTEND SHELF LIFE OF RAMBUTAN CV. RONG RIEN

เกศินี เสาวคนธ์

KASINEE SAOWAKON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AG-M-021-304

DEVELOPMENT OF COATINGS FROM WATER HYACINTH FOR EXTEND SHELF LIFE OF RAMBUTAN CV. RONG RIEN

KASINEE SAOWAKON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-AG-M-021-304

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสารเคลือบผิวจากผักตบชวา เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน
นักศึกษา	นางสาวเกศินี เสาวคนธ์
รหัสนักศึกษา	58604053
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	พืชสวน
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ลำแพน ขวัญพูล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. รุจิรา ดีวัฒนวงศ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากผักตบชวา ที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา (CMCW) และการเพิ่มประสิทธิภาพของ CMCW ด้วยกรดซาลิไซลิค (SA) ในการยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน การทดลองที่ 1 การเตรียม CMCW โดยนำผงผักตบชวาแห้งมาต้มด้วย NaOH ความเข้มข้น1 และ 3% ไม่ฟอกขาว หรือร่วมกับการฟอกขาว (30% H_2O_2) และการฟอกขาวเพียงอย่างเดียว การทดลองที่ 2 การเคลือบผิวเงาะพันธุ์โรงเรียนด้วย CMCW ความเข้มข้น 0.5% และ CMCC ความเข้มข้น 0.5% และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 85% และการทดลองที่ 3 การเคลือบผิวเงาะพันธุ์โรงเรียนด้วย CMCW ความเข้มข้น 1 และ 2% และ CMCC ความเข้มข้น 1% และ Control เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% จากนั้นเลือกความเข้มข้นที่ดีที่สุดมาศึกษาร่วมกับกรดซาลิไซลิค (1 mM SA) ผลการทดลองพบว่า ผงผักตบชวาที่ต้มด้วย NaOH ความเข้มข้น 1% ที่ไม่ฟอกขาว เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ CMCW มากที่สุด จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง FT-IR พบว่า CMCW มีหมู่โครงสร้างทางเคมีคล้ายกับคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า (CMCC) ในขณะที่โครงสร้าง (SEM) ของ CMCW มีลักษณะขรุขระ และมีความหนืดน้อยกว่า CMCC เงาะพันธุ์โรงเรียนที่เคลือบผิวด้วย CMCW ความเข้มข้น 0.5% และ CMCC ความเข้มข้น 0.5% มีแนวโน้มชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซี และลดการเกิดสีน้ำตาล แต่ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วย CMCW ความเข้มข้น 2% สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาลได้ใกล้เคียงกับ 1% CMCC โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 10 วัน ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วย CMCW ความเข้มข้น 1% และ Control มีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน และการใช้ CMCW ความเข้มข้น 2% + SA มีประสิทธิภาพในการรักษาปริมาณวิตามินซี และลดกิจกรรมเอนไซม์ PAL และ PPO ได้ดีกว่าใช้ CMCW ความเข้มข้น 2% หรือ SA เพียงอย่างเดียว

Title	Development of Coatings from Water Hyacinth for Extend Shelf Life of Rambutan cv. Rongrien
Student	Miss Kasinee Saowakon
Student ID	58604053
Degree	Master of Science
Program	Horticulture
Year	2019
Thesis advisor	Assist.Prof. Dr. Lampan Khurnpoon
Thesis co-advisor	Dr.Rujira Deewatthanawong

ABSTRACT

This research aimed to study on effect of carboxymethyl cellulose from water hyacinth (CMCW) and salicylic (SA) for extend shelf life of rambutan cv. Rongrien. The first experiment, carboxymethyl cellulose from water hyacinth was prepared by boiling dry powder of water hyacinth in 1 and 3% of NaOH with or without 30% H_2O_2 bleaching and bleaching alone. The second experiment consisted of rambutan fruit coated with 0.5% CMCW, 0.5% CMCC and uncoated (control) stored at 25°C and 85% RH. The third experiment consisted of rambutan fruit coated with 1 and 2% CMCW, 1% CMCC and control stored at 13°C and 90% RH. Then, the best concentration of CMCW was used in combination with 1 mM of SA. The results showed that the best condition in preparing cellulose for CMCW synthesis was boiling with 1% NaOH without bleaching. CMCW had the same chemical functional group (FT-IR) as carboxymethyl cellulose from commercial grade (CMCC), but differed in morphology (SEM), with CMCW having rough surface and had less viscosity than CMCC. The rambutan fruit coated with 0.5% CMCW and 0.5% CMCC maintained vitamin C and reduced skin browning, but the both coatings did not affect weight loss, peel firmness, total soluble solids and titration acid. Rambutan fruit coated with 2% CMCW and 1% CMCC showed similar results in reducing weight loss and skin browning with a shelf life of 10 days, while 1% CMCW coated fruit and control had a shelf life only 8 days. Coating rambutan fruit with 2% CMCW + SA was more effective than 2% CMCW or SA alone in maintaining vitamin C content and reducing PAL and PPO enzyme activities.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ลำแพน ขวัญพูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร. รุจิรา ดีวัฒนวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความช่วยเหลือคำชี้แนะ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้และประสบกาณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ดร.อรอุมา รุ่งน้อย ผศ.ดร.กัญจนา แซ่เตียว และผศ.ดร.วชิรญา อิ่มสบาย คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) โครงการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก ที่ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุ และอุปกรณ์ รวมทั้งทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณพี่ๆ นักวิจัย และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ของศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ดูแล และให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความรู้ต่างๆ แก่ข้าพเจ้า จนทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้โอกาส กำลังใจ และการสนับสนุนในทุกๆด้าน สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

เกศินี เสาวคนธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญภาพ.....VII
สารบัญตารางภาคผนวก.....XI
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ข้อมูลทั่วไปของเงาะ.....4
2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเงาะหลังการเก็บเกี่ยว……...……...7
2.3 การชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล.....8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....15
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....15
3.2 สารเคมี.....15
3.3 วิธีการ.....16
3.4 การบันทึกข้อมูล.....19
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....23
3.6 สถานที่ดำเนินงาน.....23
3.7 ระยะเวลาดำเนินงาน.....24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....25
4.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เหมาะสม ต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา …….....…….25
4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลลูโลสทางการค้า ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะ พันธุ์โรงเรียนที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส…….....…..35
4.3 ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสและกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....42
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย.....66
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย.....72
บรรณานุกรม.....73
ภาคผนวก.....81
- การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี.....82
- การเตรียมสารละลายโซเดียมบอเรตบัฟเฟอร์……..…...……..82
- การเตรียมสารละลายฟอสเฟต บัฟเฟอร์……..…….83
- การเตรียมสารละลายแบรดฟอร์ด.....…...……....83
ประวัติผู้วิจัย.....115

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 มูลค่าการส่งออกเงาะสดของประเทศไทยในปี 2558-2561……..……..4

2 การใช้คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสเคลือบผิวผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว……..……..…11

3 ค่า L* (ความสว่าง) และลักษณะของเซลลูโลสจากผักตบชวาที่ต้มด้วย
โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ฟอกขาวหรือร่วมกับ
การฟอกขาว และฟอกขาวอย่างเดียว.....31

4 ความหนืดของสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และทางการค้า
ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....34

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ลักษณะของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนระยะต่างๆ……...……..…..6

2 โครงสร้างของเซลลูโลส และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส……..…..10

3 ปริมาณเซลลูโลส และลิกนินของผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ฟอกขาว หรือร่วมกับการฟอกขาว และ ฟอกขาวอย่างเดียว 29

4 ปริมาณเฮมิเซลลูโลส และแอลฟาเซลลูโลส ของผงผักตบชวาที่สกัดด้วยด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ฟอกขาว หรือร่วมกับการฟอกขาว และฟอกขาวอย่างเดียว……..…30

5 ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการสกัดผงผักตบชวาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ฟอกขาว หรือร่วมกับการฟอก และฟอกขาวอย่างเดียว.....32

6 ลักษณะของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้าและจากผักตบชวา...……...….....…..32

7 หมู่ฟังค์ชันของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และทางการค้า ด้วยเครื่อง FT-IR.....33

8 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาและทางการค้าที่ กำลังขยาย 100 และ 1,000 เท่า จากกล้อง SEM……..…….34

9 การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อของผิวเปลือกของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศเซลเซียส……..……..38

10 ค่า L* (A), a* (B) และ b* (C) ของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจาก ผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....39

11 การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส…….....40

12 ลักษณะของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซี เมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

13 ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส…….....…….41

14 การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อของผิวเปลือก ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....47

15 ค่า L*, a* และ ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส…….....……48

16 ลักษณะของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส…….....…..49

17 คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณวิตามินซี ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....50

18 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....51

19 ปริมาณฟีนอลิค และปริมาณแอนโทไซยานิน ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

20 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนีลอะลานินแอมโมเนียไลเอส และกิจกรรมเอนไซม์ พอลีฟีนอลออกซิเดสของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....53

21 การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อของผิวเปลือกของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....59

22 ค่า L* (A), a* (B) และ b* (C) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับ กรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....60

23 ลักษณะของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส จากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....61

24 คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณวิตามินซี ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวและ เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....62

25 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ของผลเงาะ ที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....63

26 ปริมาณสารฟีนอลิค และปริมาณแอนโทไซยานินของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

27 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนีลอะลานินแอมโมเนียไลเอส และกิจกรรมเอนไซม์
พอลิฟีนอลออกซิเดสของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย
คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....65

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

1 องค์ประกอบทางเคมี และร้อยละของผลผลิตของ
ผักตบชวาก่อนและหลังสกัดด้วยกรรมวิธีต่างๆ.....84

2 การสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิว
ด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ
จากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 % เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 84

3 ความแน่นเนื้อของผิวเปลือกของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบ
ผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ
จากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส……...…..85

4 ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า
ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....85

5 ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า
ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....86

6 ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า
ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส…….....86

7 การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิล
เซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา
ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....87

8 ปริมาณวิตามินซี ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิล
เซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น
0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส…….....….87

9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และ
เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....88

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

10 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย
คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา
ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....88

11 การสูญเสียน้ำหนัก ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย
คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา
ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....89

12 ความแน่นเนื้อของผิวเปลือกของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย
คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา
ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....90

13 ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส
ทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ
2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....91

14 ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส
ทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ
2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....92

15 ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส
ทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ
2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส 93

16 การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิล
เซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น
1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....94

17 ปริมาณวิตามินซีของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิล
เซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น
1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....95

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

18 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....96

19 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....97

20 ปริมาณฟีนอลิค (มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้าความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....98

21 ปริมาณแอนโทไซยานินของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....99

22 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส….....100

23 กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้าความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....101

24 การสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับ กรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....102

25 ความแน่นเนื้อของผิวเปลือกของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับ กรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....103

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

26 ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส จากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....104

27 ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิล เซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....105

28 ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส จากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....106

29 การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิล เซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....107

30 ปริมาณวิตามินซีของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิล เซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....108

31 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับ กรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....109

32 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรด ซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....110

33 ปริมาณฟีนอลิคของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส จากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิค อย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....111

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

34 ปริมาณแอนโทไซยานินของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....112

35 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิคและกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....113

36 กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดซาลิไซลิคและกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส.....114

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Sapindaceae เช่นเดียวกับ ลิ้นจี่ และลำไย เป็นผลไม้เขตร้อนชื้น ประเภทนอนไคลแมกเทอริก (non-climacteric) (O'Hare, 1995) มีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกและบริโภคคือ พันธุ์โรงเรียน เนื่องจากมีรสชาติหวานหอม เนื้อนุ่มล่อนจากเมล็ด อีกทั้งยังเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายร้อยล้านบาท โดยในปี 2561 มีการส่งออกเงาะสดจำนวน 7,758 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 133 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อย่างไรก็ตามผลเงาะหลังการเก็บเกี่ยวมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากโครงสร้างของผลเงาะเต็มไปด้วยขนและปากใบจำนวนมาก ทำให้มีการคายน้ำ และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว จึงเป็นข้อจำกัดในการวางจำหน่าย และการยอมรับของผู้บริโภค (Landrigan *et al*., 1996)

การใช้สารเคลือบผิวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำ ควบคุมการผ่านเข้า-ออกของแก๊ส ลดการเกิดสีน้ำตาล และรักษาคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว (Kerch, 2015) สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ประเภทพอลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ได้แก่ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (Carboxymetyl cellulose; CMC) เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสประเภทหนึ่ง สามารถสกัดได้จากพืช ซึ่งมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Dhall, 2013) มีรายงานการใช้คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสในอะโวกาโด (Maftoonazad and Ramaswamy, 2005), แตงกวา (Adetunji *et al*., 2013) และส้ม (Arnonac *et al*., 2014) ซึ่งช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ลดอัตราการหายใจ และคงคุณภาพของผลิตผลได้

ปัจจุบันสามารถสกัดคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้หลายชนิด เช่น เปลือกมะละกอ เปลือกทุเรียน เปลือกส้มโอ และข้าวโพดฝักอ่อน เป็นต้น (พรชัย ราชตนะพันธุ์ และคณะ, 2551; พรชัย ราชตนะพันธุ์ และคณะ, 2554; Chumee and Seeburin, 2014; อภิชา เกตุโรจสกุล, 2558) ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ได้ เช่นเดียวกับผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) ถูกจัดให้เป็นวัชพืชทางน้ำที่ทำลายระบบนิเวศ จากการศึกษาของวิทวัส จิรัฐพงศ์ และกฤษณเวช ทรงธนศักดิ์ (2554) พบว่า ผักตบชวามีปริมาณเซลลูโลสคุณภาพสูง เหมาะที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ดังนั้นการนำผักตบชวามาแปรสภาพให้เป็นสารเคลือบผิว น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่า และลดปัญหาดังกล่าวได้

กรดซาลิไซลิค เป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง ที่มีบทบาทสำคัญในการต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และเป็นสารที่มีความปลอดภัย จึงมีการนำมาใช้เพื่อรักษาคุณภาพผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว (Asghari and Aghdam, 2010) Lu *et al*. (2010) พบว่า การใช้กรดซาลิไซลิคช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรด ส่วนมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เคลือบด้วยกรดซาลิไซลิค สามารถชะลออัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนได้ (สุวรรณา บุญญาวงศ์ และคณะ, 2550)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำผักตบชวามาเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส เพื่อใช้เป็นสารเคลือบผิว และหากใช้ร่วมกับกรดซาลิไซลิค น่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนได้ดียิ่งขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เหมาะสม ต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เหมาะสม ต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส จากนั้นนำคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เตรียมได้เคลือบผิวเงาะพันธุ์โรงเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการเคลือบผิวเงาะพันธุ์โรงเรียนที่เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า และศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสที่สังเคราะห์ได้จากผักตบชวา มีคุณสมบัติคล้ายกับคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า

1.4.2 การใช้สารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน

1.4.3 การใช้สารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของเงาะ

เงาะเป็นไม้ผลเขตร้อนที่อยู่ในวงศ์ Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nephelium lappaceum* Linn. แหล่งกำเนิดของเงาะอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (South-east Asia) ได้แก่มาเลเซีย ไทย และอินโดนีเซีย แล้วแพร่กระจายไปสู่ ศรีลังกา อินเดีย อเมริกากลาง ออสเตรเลีย และบราซิล (Wall, 2011) ปัจจุบันเงาะเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีแหล่งผลิตและส่งออกส่วนใหญ่อยู่ภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง และภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร และสุราษฎร์ธานี ซึ่งแต่ละปีสามารถสร้างรายได้ให้ประเทศมูลค่าหลายร้อยล้านบาท (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 มูลค่าการส่งออกเงาะสดของประเทศไทยในปี 2558-2561

พ.ศ.	2558	2559	2560	2561
ปริมาณ (ตัน)	6,743	2,233	7,758	7,983
มูลค่า (ล้านบาท)	183	112	133	170

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2562)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เงาะเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-85 เปอร์เซ็นต์ ดินควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) เท่ากับ 5.5-6.5 และมีน้ำเพียงพอตลอดปี ลักษณะโครงสร้างมีระบบรากหาอาหารลึก 60-90 เซนติเมตร จากผิวดิน ลำต้นสูง 5-15 เมตร แตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกของลำต้นมีสีเทาปนน้ำตาล ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบ มีใบย่อย 2-4 คู่ รูปร่างเป็นโล่ยาวหรือรูปไข่หัวกลับ ฐานแหลม ปลายมน ขอบใบเรียว สีเขียวอมเหลืองหรือมีสีนวล เส้นกลางใบมีขนาดใหญ่ ใต้ใบมีคลื่นเล็กน้อย ดอกเกิดเป็นช่อที่บริเวณปลายกิ่งและซอกใบ ลักษณะช่อดอกจะตั้งตรงแตกแขนง ในสภาพทั่วไปดอกเงาะที่เกิดขึ้นในแต่ละต้น แต่ละครั้งจะประกอบด้วยดอกหลายประเภทคือ ดอกตัวผู้ เป็นดอกเงาะที่มีเฉพาะดอกตัวผู้ทั้งช่อ และดอกสมบูรณ์เพศ หรือที่เรียกว่า ดอกกระเทย เป็นดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในช่อดอกเดียวกัน โดยจะเกิดรวมกันเป็นช่อติดอยู่บนก้านช่อดอก

ลักษณะและสีของผลขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ เมล็ดมีลักษณะแบนยาวเป็นวงรี หุ้มด้วยผิวเปลือกบางๆ สีน้ำตาลอ่อน (พันธิตร์ มะลิสุวรรณ, 2549)

พันธุ์เงาะที่นิยมปลูกในประเทศไทยได้แก่ เงาะพันธุ์โรงเรียน และพันธุ์สีชมพู ซึ่งมีต้นกำเนิดอยู่ที่อำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีลักษณะที่สำคัญคือ เปลือกและโคนขนมีสีแดง ปลายขนมีสีเขียว เนื้อหนาแห้ง และล่อนออกจากเมล็ดได้ง่าย มีรสชาติหวานหอมจึงเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค และเป็นที่ต้องการของตลาด ปลูกมากในจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และจังหวัดอื่นๆ ทางภาคใต้ ส่วนทางภาคตะวันออกปลูกมากในจังหวัดจันทบุรี และระยอง (พันธุ์พืชขึ้นทะเบียน, 2545) ส่วนเงาะพันธุ์สีชมพู มีลักษณะที่สำคัญคือ ผลอ่อนจะมีสีเหลืองแต่เมื่อสุกจะมีสีชมพูอมเหลือง ถ้าแก่จัดจะมีสีชมพูอ่อนถึงแดง เนื้อของผลมีลักษณะแห้งไม่แฉะ ล่อนจากเมล็ด รสชาติหวานกรอบ แต่มีข้อเสียคือเปลือกและขนอ่อนช้ำง่าย ไม่ทนทานต่อการขนส่ง และยังอ่อนแอต่อโรคราขาวแป้ง (Laksmi *et al*., 1987)

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการ

เงาะยังเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและอุดมไปด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยผลเงาะ (ไม่ระบุสายพันธุ์) 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้มีสารอาหารโดยประมาณดังนี้ (Lam and Kosiyachinda, 1987)

น้ำ	82.1	กรัม	แคโรทีน	0	มิลลิกรัม
โปรตีน	0.9	กรัม	แคลเซียม	15	มิลลิกรัม
เถ้า	0.3	กรัม	ฟอสฟอรัส	0	มิลลิกรัม
ไขมัน	0.3	กรัม	เหล็ก	0.1-2.5	มิลลิกรัม
กลูโคส	2.8	กรัม	โพแทสเซียม	140	มิลลิกรัม
ฟรุกโตส	3.0	กรัม	โซเดียม	2	มิลลิกรัม
ซูโครส	9.9	กรัม	แมกนีเซียม	10	มิลลิกรัม
แป้ง	0	กรัม	วิตามินบี 1	0.01	มิลลิกรัม
ใยอาหาร	2.8	กรัม	วิตามินบี 2	0.07	มิลลิกรัม
กรดมาลิก	0.05	กรัม	ไนอาซิน	0.5	มิลลิกรัม
กรดซิตริก	0.31	กรัม	วิตามินซี	70	มิลลิกรัม

*องค์ประกอบดังกล่าวมีพลังงาน 297 กิโลจูล

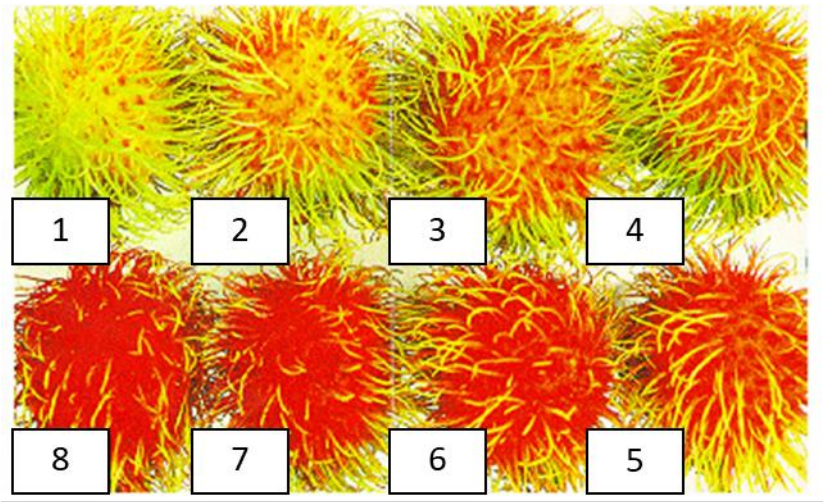
2.1.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยว

โดยทั่วไปในภาคตะวันออก เงาะมีการออกดอกประมาณเดือนมกราคม-มีนาคม และมีผลผลิตออกสู่ตลาดปลายเดือนเมษายน-กรกฎาคม ส่วนเงาะภาคใต้มีการออกดอกประมาณเดือนมีนาคม-เมษายน และมีผลผลิตออกสู่ตลาดในเดือนกรกฎาคม-กันยายน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534) การเก็บเกี่ยวผลเงาะ นอกจากจะขึ้นกับความต้องการของตลาดแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงวัยที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เงาะมีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น โดยมีดัชนีการเก็บเกี่ยวดังนี้

2.1.3.1 การนับวัน โดยจะเก็บเกี่ยวหลังจากดอกบานประมาณ 100-120 วัน และพิจารณาปัจจัยหลายอย่างประกอบด้วย เช่น สีขนและเปลือก ลักษณะเม็ด น้ำหนักผล ความหนาของเปลือก น้ำหนักของเนื้อและเปลือก รสชาติ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534)

2.1.3.2 การสังเกตสีเปลือก สำหรับเงาะพันธุ์โรงเรียนสีผิวเปลือกจะมีสีแดงส้ม ซึ่งลักษณะสีเปลือกของเงาะโรงเรียนสามารถแบ่งออกได้ 8 ระยะตามช่วงอายุ (ภาพที่ 1) (สายชล เกตุษา, 2538) ดังนี้

- ระยะที่ 1-2 ผลเงาะมีสีเขียวมาก มีรสชาติไม่เหมาะสำหรับการบริโภค
- ระยะที่ 3-7 ผลเงาะมีสีเหลืองแดงถึงแดงส้ม และมีขนสีเขียว มีรสชาติอร่อย เนื้อแห้ง ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการส่งออก
- ระยะที่ 8 ผลและขนเงาะมีสีแดงคล้ำ รสชาติหวานมาก เนื้อมีลักษณะฉ่ำน้ำ



ภาพที่ 1 ลักษณะของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนระยะต่างๆ

แหล่งที่มา: https://www.baanjomyut.com/library_5/agricultural_knowledge/agricultural_science/18_2.html

2.1.3.3 การพิจารณาองค์ประกอบทางเคมี (Lam and Kosiyachinda,1987) ได้แก่

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 17-21 เปอร์เซ็นต์
- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.18-0.55 เปอร์เซ็นต์
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) 4.25-4.60

2.1.3.4 การพิจารณาจากปริมาณน้ำหนักของผลเงาะ โดยผลเงาะที่พร้อมเก็บเกี่ยวควรมีน้ำหนักผลระหว่าง 20-60 กรัม คิดเป็นส่วนของเนื้อร้อยละ 30-58 เปลือกร้อยละ 40-60 และเมล็ดร้อยละ 4-9 (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2529)

2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเงาะหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.1 การสูญเสียน้ำและการเกิดสีน้ำตาล

ผลเงาะมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วภายใน 1-3 วัน หลังจากการเก็บเกี่ยว (Li *et al*., 2018) ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลของเงาะนั้น มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำ (Landrigan *et al*., 1996) เนื่องจากโครงสร้างของเปลือกเงาะที่มีลักษณะด้านนอกคล้ายกับขน (trichome) ที่เรียกว่า spintern เกิดจากเนื้อเยื่อชั้นผิวซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ทำให้เงาะมีพื้นที่ผิวมากเป็น 2 เท่าของพื้นที่ผิวของผลไม้อื่นในขนาดเดียวกัน ส่งผลให้เงาะมีอัตราการสูญเสียน้ำเร็วมากถึงร้อยละ 4 ต่อวันที่อุณหภูมิห้อง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) นอกจากนี้โครงสร้างของส่วนขนเงาะนี้มีจำนวนปากใบจำนวนมากซึ่งมากกว่าที่ผิวเปลือกถึง 5 เท่า (เฉลิมชัย วงษ์อารี และศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์, 2555) จึงส่งผลทำให้อัตราการคายน้ำสูง อันเป็นเหตุให้น้ำหนักผลลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

นอกจาการสูญเสียน้ำจะเป็นปัจจัยหลักในการเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะแล้วยังพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการสีน้ำตาลคือ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ของสารประกอบฟีนอลิค โดยมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องคือ ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส (phenylalanine amonialyase; PAL), พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase; POD) โดยเอนไซม์ ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส จะเปลี่ยนกรดอะมิโนฟีนีลอะลานินเป็นสารฟีนอลิค จากนั้นเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดส จะเปลี่ยนโมเลกุลของสารฟีนอลิคในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจน เป็นสารควิโนน (quinone) และรวมตัวกันกลายเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีสีน้ำตาล (จริงแท้ ศิริพานิช, 2542) โดยปกติเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจะอยู่ในคลอโรพลาสต์ หรือในพลาสทิดอื่นๆ ส่วนสารประกอบฟีนอลิคจะสะสมอยู่ภายในแวคิวโอล เมื่อเซลล์พืชถูกทำลายลง เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจึงมีโอกาส

สัมผัสและทำปฏิกิริยากันกับสารประกอบฟีนอลิคกลายเป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งสภาวะดังกล่าวมีออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (He and Luo, 2007)

2.2.2 อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

เงาะจัดเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจในระดับปานกลาง โดยมีอัตราการหายใจสูงสุดประมาณ 20-100 มล. /กก. ชม. ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอัตราการหายใจใกล้เคียงกับ มังคุด มะละกอ มะเขือเทศ ผักกาดเขียวปลี และเป็นกลุ่มผลไม้ที่ผลิตเอทิลีนในระดับต่ำ โดยมีอัตราการผลิตเอทิลีนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.1-1.0 ไมโครลิตร/กก.ชม. (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

2.3.5.1 ปริมาณน้ำตาล เนื่องจากผลิตผลมีการหายใจตลอดเวลาจะมีการใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงาน ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดน้อยลง

2.3.5.2 กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดซิตริก เช่น ส้ม ฝรั่ง ทับทิม สตรอเบอร์รี่ และกรดมาลิก พบในกล้วย มะม่วงและองุ่น ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้ทำให้ผลไม้มีรสเปรี้ยว และมีปริมาณสูงในผลไม้ที่ยังอ่อนอยู่ แต่เมื่อผลไม้สุก ปริมาณกรดมักจะลดต่ำลงทำให้รสชาติดีขึ้น

2.3.5.3 กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษามีผลต่อการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกจะมีมากขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์แอสคอร์บิกแอซิดออกซิเดส (ascorbic acid oxidase), พอลิฟีนอล ออกซิเดส (polyphenol oxidase) และเพอร์ออกซิเดส (peroxidase) (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.3 การชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล

2.3.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในผลิตผลเกิดขึ้นช้าลง ชะลออัตราการหายใจ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ จึงเก็บรักษาได้นานขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2542) โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลเงาะคือ 10-13 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์) สามารถเก็บรักษาได้นาน 7-14 วัน (Thompson, 2003) อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่หากอุณหภูมิต่ำเกินไป จะทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury; CI) ขึ้นได้ จากการศึกษาของ Kondo *et al*. (2001) พบว่า เงาะพันธุ์โรงเรียนแสดงอาการ CI เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา

2.3.2 การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นมีความสำคัญต่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว หากสภาพความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกต่ำกว่าผลิตผลก็จะเกิดการสูญเสียน้ำมาก ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงจะสามารถรักษาความสดได้นานขึ้น จากการศึกษาของ Landrigan *et al*. (1996) พบว่าความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลเงาะคือ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือก และขนได้ดีกว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของพูนทรัพย์ พาติกะบุตร และศิริชัย กัลยาณรัตน์ (2544) พบว่าการเก็บรักษาเงาะที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพ และลดการสูญเสียน้ำได้ดีที่สุด

2.3.3 การเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศควบคุม (controlled atmosphere; CA)

การควบคุมบรรยากาศเป็นวิธีหนึ่งในการเก็บรักษาผักและผลไม้โดยควบคุมความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนให้ต่ำกว่าร้อยละ 21 และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงกว่าร้อยละ 0.03 และควบคุมความเข้มข้นของแก๊สในระดับที่ต้องการตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สามารถลดอัตราการหายใจของผลิตผลและกระบวนการเมตาโบลิซึม ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล (Kader, 1985) สามารถชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การสูญเสียคลอโรฟิลล์ การเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส (Volz *et al*., 1998; Beaudry, 1999) นอกจากนี้ภายใต้บรรยากาศควบคุมยังสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล ชะลอการสุก ยืดอายุการเก็บรักษา ชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ และรวมถึงลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ (Thompson, 1998) อย่างไรก็ตาม Beaudry (1999) รายงานว่า การตอบสนองของพืชต่อสภาวะบรรยากาศควบคุมนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชิ้นส่วนของพืช ระยะของการพัฒนาของพืช

2.3.4 การใช้สภาพการดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere storage; MA)

การเก็บรักษาผลผลิตโดยวิธีนี้จะต่างจากการเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศในด้านการควบคุมความเข้มข้นของบรรยากาศ ตัวอย่างการเก็บรักษาผลผลิตโดยวิธีนี้คือ การเก็บรักษาผลผลิตในภาชนะปิดสนิท การเก็บในถุงพลาสติก การใช้แผ่นฟิล์มห่อผลผลิต (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2536) การเก็บรักษาผักและผลไม้สดภายใต้บรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมสามารถชะลออัตราการหายใจ ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ลดการสูญเสียกลิ่นรสของผักผลไม้ ลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดการเปลี่ยนแปลงสี ช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผลให้ดูสดใหม่ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตได้ (Kader, 2002)

2.3.5 การใช้สารเคลือบผิว

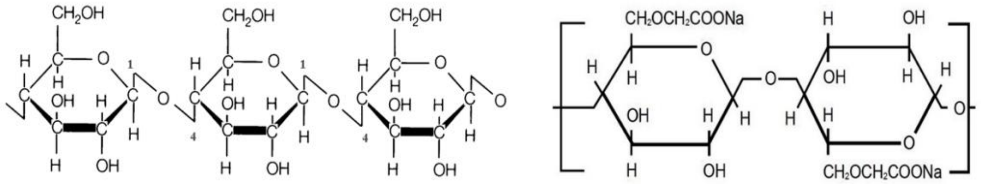
การเคลือบผิวเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร เป็นการนำวัสดุที่สามารถรับประทานได้มาเคลือบลงบนพื้นผิวด้านนอกของผลิตผล ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมความชื้น รักษาความสด ควบคุมการผ่านเข้า-ออกของแก๊ส ที่อาจส่งผลต่อการเสื่อมสภาพ

ของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยปกติผลิตผลจะมีชั้นของไข (wax) เคลือบผิว เพื่อป้องการสูญเสียน้ำและการเข้าทำลายของศัตรูพืช แต่อาจสูญเสียไปในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว หรือล้างทำความสะอาด ดังนั้นการใช้สารเคลือบมาหุ้มป้องกันจะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำ และเพิ่มความมันวาว จึงทำให้ผลิตผลดูสดใหม่และน่ารับประทานยิ่งขึ้น ซึ่งเปรียบเสมือนการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ หรือการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ (Maftoonazad and Ramaswamy, 2005) ปัจจุบันเทคโนโลยีการเคลือบผิวได้พัฒนารูปแบบที่มีการเติม active ingredient ผสมในสารเคลือบ เช่น สารต้านเชื้อจุลินทรีย์ สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน และธาตุอาหาร เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในฟิล์มหรือสารเคลือบ (จุฑามาศ กลิ่นโซดา, 2559)

2.3.5.1 คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสประเภทหนึ่ง เกิดจากการดัดแปรโมเลกุลของเซลลูโลส ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของพืช โดยนำเซลลูโลสมาทำปฏิกิริยาอัลคาไลเซชัน (alkalization) ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดการพองตัว และปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (carboxymethylation) ด้วยกรดคลอโรอะซิติก จะเกิดการแทนที่ของหมู่ -CH2-COOH บนอนุมูลของ -OH 3 หมู่ ของหน่วยย่อยของเซลลูโลส (Ambjörnsson *et al*., 2013) (ภาพที่ 1) ได้เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะ และเป็นสารคงสภาพ (พรชัย ราชตนะพันธุ์ และคณะ, 2551) ปัจจุบันนิยมใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อเพิ่มความคงตัว และเป็นสารเคลือบผิวผักและผลไม้หลายชนิด (ตารางที่ 2) เนื่องจากมีคุณสมบัติในการควบคุมการแลกเปลี่ยนแก๊ส และลดการสูญเสียน้ำ จึงช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของผักและผลไม้ได้ (Baldwin, 2007)

นอกจากนี้คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ยังสามารถสังเคราะห์ได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ เนื่องจากเป็นแหล่งของเซลลูโลสและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้ง เช่น หัวบีท (Togrul and Arslan, 2004) กากเนื้อผลปาล์ม (Bono *et al*., 2009) ไมยราพยักษ์ (Rachtanapun and Rattanapanone, 2011) ฟางข้าว (ณัฏฐ์ธวดี และคณะ, 2555) เป็นต้น



เซลลูโลส คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

ภาพที่ 2 โครงสร้างของเซลลูโลส และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

แหล่งที่มา: http://celluloseether.com/influence-of-ds-cmcthickener/

http://www.sunrayinternational.com/single_portfolio.php?p=67

ตารางที่ 2 การใช้คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสเคลือบผิวผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว

ชนิดพืช	การรักษาคุณภาพของผลิตผล	ที่มา
อะโวกาโด	ลดอัตราการหายใจ รักษาความแน่นเนื้อ	Maftoonazad,and Ramaswamy, 2005
กล้วย	ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความแน่นเนื้อ และคงคุณภาพในการรับประทาน	Jafarizadeh *et al*., 2011
แตงกวา	ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความแน่นเนื้อ และชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซี	Adetunji *et al*., 2013
ฝรั่ง	ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี และรักษาความแน่นเนื้อ	Forato *et al*., 2015
เงาะ	ชะลอการสูญเสีน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาล และ คงคุณภาพในการรับประทาน	สมัคร แก้วสุกแสง และ นพรัตน์ ทัดมาลา, 2558

ผักตบชวาถูกจัดเป็นวัชพืชที่ร้ายแรงอันดับ 8 ของโลก จากการสำรวจในประเทศไทย พบว่า มีการแพร่ระบาดของผักตบชวาในแหล่งน้ำต่างๆ ถึง 64 จังหวัด คิดเป็นปริมาณชีวมวลกว่า 5 ล้านตันต่อปี ผักตบชวาระเหยน้ำได้ดีมากในพื้นที่ 1 ตารางเมตร สามารถระเหยน้ำได้สูงถึง 0.35 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน หากคิดเป็นพื้นที่ทั่วประเทศจะสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยของผักตบชวา ประมาณ ปีละ 16,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ถ้าเริ่มปล่อยผักตบชวาในแหล่งน้ำเพียง 10 ต้น จะสามารถแพร่กระจายเพิ่มปริมาณเป็น 1 ล้านต้น ภายในระยะเวลา 1 ปี (อภิชาต ศรีสะอาด และพัชรี สำโรงเย็น. 2561)

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงมีการนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์มากมาย เพื่อแก้ปัญหาและสร้างมูลค่าให้กับวัชพืชชนิดนี้ โดยนำไปแปรรูปทำเป็นผลิตภัณฑ์จักรสาน เช่น กระเป๋า กระเช้า ตะกร้า เฟอร์นิเจอร์ อาหารสัตว์ ปุ๋ยหมัก แก๊สชีวภาพ วัสดุเพาะปลูก กระถางต้นไม้ เชื้อเพลิงอัดแท่ง หรือแม้กระทั่งนำยอดอ่อน ใบอ่อน และดอกอ่อนมาปรุงอาหารรับประทาน เป็นต้น การนำผักตบชวามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่า และลดปริมาณผักตบชวาในแหล่งน้ำได้

โดยทั่วไปการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจำเป็นต้องใช้เซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์ โดยการกำจัดองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ออกจากเซลลูโลส ซึ่งการกำจัดเฮมิเซลลูโลสทำได้ในขั้นตอนการต้มด้วยด่าง โดยสารละลายด่างจะทำปฏิกิริยาไฮโดร-ไลซิส (hydrolysis) กับเฮมิเซลลูโลส และกำจัดลิกนินด้วยสารละลายที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์ (oxidizing) ได้แก่ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และสารละลายโซเดียม

คลอไรท์ ($NaClO_2$) เป็นต้น (Sun and Tokinson, 2000) มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสที่เหมาะสมก่อนนำไปผลิตเป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ได้แก่

ปราณี รัตนวลีดิโรจน์ (2542) ศึกษาวิธีสกัดเยื่อเซลลูโลสจากชานอ้อยเพื่อเตรียมคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส โดยการรีฟลักซ์ชานอ้อยกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วทำการฟอกเยื่อด้วยโซเดียมไฮโปคอลไรท์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำการฟอกโซเดียมไฮโปคอลไรท์ และสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ อีกครั้ง จากนั้นฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 7 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง พบว่า ความบริสุทธิ์ของเยื่อเซลลูโลส (แอลฟาเซลลูโลส) และความสว่าง จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้รีฟลักซ์

อภิชา เกตุโรจสกุล (2558) ศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากเศษวัสดุต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่เหมาะสมก่อนนำไปสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส โดยการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 และ 1 โมลาร์ สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 และ 1 โมลาร์ และฟอกสีด้วยคลอรอกซ์ นาน 12 ชั่วโมง พบว่า การสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ร่วมกับการฟอกสี มีปริมาณเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเป็น 61.42 จาก 45.34 มีปริมาณลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสลดลง จาก 25.47 และ 5.93 เปอร์เซ็นต์ เป็น 3.21 และ 3.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำให้เซลลูโลสที่สกัดได้มีสีสว่างขึ้น เมื่อนำไปสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสพบว่า มีคุณสมบัติได้แก่ หมู่โครงสร้าง และความหนืดใกล้เคียงกับคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า

สุจัยพรรณ เข็มแก้ว และสุปราณี แก้วภิรมณ์ (2559) สกัดเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนก่อนนำไปสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส โดยนำผงเปลือกทุเรียนมารีฟลักซ์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำเยื่อสีดำไปกรองล้างด้วยน้ำกลั่นจนเป็นกลาง แล้วอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำมาฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 30-32 เปอร์เซ็นต์ จะได้เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

โศรดา กนกพานนท์ และคณะ (2560) ศึกษาการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกมะพร้าวอ่อนโดยการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 4-10 เปอร์เซ็นต์ และนำมาสกัดลิกนินออกด้วยโซเดียมคลอไรท์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จำนวน 1-4 รอบ ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 39-33 เปอร์เซ็นต์ และมีลิกนินคงเหลือ 22-17 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณลิกนินขึ้นอยู่กับจำนวนรอบในการสกัด แต่จะทำให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณลดลง

2.3.5.2 กรดซาลิไซลิค (salicylic acid; SA)

เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่งที่พืชสามารถสร้างขึ้นเองได้ และสามารถถูกกระตุ้นให้มีการสร้างเพิ่มขึ้นได้ในสภาพที่เกิดความเครียดเนื่องจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress) ได้แก่ สัตว์กินพืช แมลง ไส้เดือน เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส และสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic stress) ได้แก่ น้ำ แสง อุณหภูมิสูง-ต่ำ และความเค็ม โดยทำหน้าที่เป็นสารส่งสัญญาณให้พืชสามารถปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Asghari and Aghdam, 2010)

Hayat *et al*. (2010) รายงานว่า การให้กรดซาลิไซลิคจากภายนอก จะมีการส่งสัญญาณจากระยะไกลส่งต่อไปยังสารเมธิลซาลิไซลิค (methyl salicylic) ซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของกรดซาลิไซลิคในรูปที่ทำงานไม่ได้ แต่สามารถเคลื่อนที่ในท่อลำเลียงอาหาร และถูกส่งต่อไปยังส่วนต่างๆของพืช จากเนื้อเยื่อส่วนที่ได้รับผลกระทบจากสภาพเครียดต่างๆ สามารถเคลื่อนย้ายไปยังเนื้อเยื่อที่อยู่สภาวะปกติ และเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปของกรดซาลิไซลิคอีกครั้ง เพื่อกระตุ้นการป้องกันตนเองของพืชทั้งแบบการป้องกันตนเองโดยการฆ่าตัวเองของเซลล์ (Hypersensitive reaction; HR) และระบบการป้องกันตนเองโดยการกระตุ้นให้มีการผลิตโปรตีนหรือสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคได้ (Systemic Acquired Resistance; SAR) นอกจากนี้บริเวณเนื้อเยื่อพืชที่มีกรดซาลิไซลิค ยังสามารถกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์สารทุติยภูมิชนิดต่างๆ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หรือเอนไซม์ในระบบการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ คะตาเลส (catalase), เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) และซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) ซึ่งจะเข้ามาช่วยในกระบวนการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดจากสภาพเครียดต่างๆ ของพืช ตลอดจนช่วยลดอันตรายและความเสียหายที่เกิดขึ้นได้

ปัจจุบันมีการนำกรดซาลิไซลิคมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตรมากขึ้น โดยการให้จากภายนอกด้วยวิธีการรมไอ จุ่ม หรือพ่น ทั้งนี้ระดับความเข้มข้นของสารละลาย และระยะเวลาการให้สารแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล Babalar *et al*. (2007) รายงานว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้กรดซาลิไซลิคหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืชอยู่ในช่วง 0.5-2 มิลลิโมลาร์

Sayyari *et al*. (2011) พบว่าผลทับทิมที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ นาน 10 นาที สามารถชะลอการอ่อนนุ่มของผลทับทิมเมื่อเก็บรักษาไปแล้วนาน 84 วัน ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส โดยมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 16-17 นิวตัน ในขณะที่ผลทับทิมชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเหลือเพียง 9 นิวตัน นอกจากนี้ยังสามมารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดอีกด้วย

Aghdam *et al*. (2011) พบว่า การรมผลกีวี่ด้วยกรดซาลิไซลิคในรูปของสารเมธิลซาลิไซลิค ความเข้มข้น 32 ไมโครลิตร ต่อลิตร นาน 16 ชั่วโมง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและคงค่าความแน่นเนื้อของผลกีวี่ อีกทั้งมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าผลกีวี่ชุดควบคุม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านรสชาติ

Supapvanich (2015) พบว่า การจุ่มเงาะในสารละลายกรดซาลิไซลิคที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มีแนวโน้มชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และลดการเกิดสีน้ำตาล อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และรักษาคุณภาพเงาะพันธุ์โรงเรียนได้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องชั่งแบบดิจิทัล (ยี่ห้อ Sartorius)

3.1.2 เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (ยี่ห้อ Lloyd food texture analyzer รุ่น TA-500)

3.1.3 เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CR-400 Chroma Meter)

3.1.4 เครื่องวัดบริกซ์และกรดแบบดิจิทัล (ยี่ห้อ ATAGO® JAPAN รุ่น PAL-BX/ACID 1)

3.1.5 เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (ยี่ห้อ Molecular Devices รุ่น Spectramax i3x)

3.1.6 เครื่องหมุนเหวี่ยง (รุ่น Sorvall RC5C Plus Refrigerated Centrifuge)

3.1.7 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ยี่ห้อ DENVER Instrument รุ่น Ub-10 Ultrabasic Benchtop)

3.1.8 เครื่องกวนสารให้ความร้อน

3.1.9 เครื่องแก้ว เช่น บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ กระบอกตวง บิวเรต แท่งแก้วคนสาร และชุดกรองแบบสุญญากาศ

3.1.10 อื่นๆ ได้แก่ ตะแกรงเมช ไมโครปิเปตต์ กระดาษกรอง อะลูมิเนียมฟลอยด์ หม้อต้มสแตนเลส ถังน้ำพลาสติก ตะกร้าพลาสติก กล่องพลาสติก และอุปกรณ์ถ่ายภาพ

3.1.11 คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า (Food grade)

3.2 สารเคมี

3.2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH)

3.2.2 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide; H_2O_2)

3.2.3 กรดออกซาลิค (Oxalic acid)

3.2.4 2, 6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล (2,6-Dichlorophenolindophenol; 2,6-DCPP)

3.2.5 กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid)

3.2.6 โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate; $K_2Cr_2O_7$)

3.2.7 แอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต (Ammonium ferrous sulfate; $FeNH_4SO_46H_2O$)

3.2.8 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid; H_2SO_4)

3.2.9 เฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์ (Ferroin indicator)

3.2.10 ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)

3.2.11 กรดคลอโรอะซีติก (Chloroacetic acid)

3.2.12 เมทานอล (Methanol)

3.2.13 เอทานอล (Ethanol)

3.2.14 กรดอะซีติก (Acetic acid)

3.2.15 โฟลิน-ไซโอแคลทู (Folin-ciocalteu)

3.2.16 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodiumcarbonate; $NaCO_3$)

3.2.17 แอล-ฟีนิลอะลานิน (L-phenylalanine)

3.2.18 โพลีไวนิลพอลิไพโรลิโดน (Polyvinylpolypyrrolidone; PVPP)

3.2.19 แคทิคอล (Catechol)

3.2.20 โบวินซีรัมอัลบูมิน (Bovine serum albumin; BSA)

3.3 วิธีการ

การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาวิธีการสกัดเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เหมาะสม ต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

การเตรียมผักตบชวา

เก็บเกี่ยวผักตบชวาจากลำคลองบริเวณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) นำมาล้างทำความสะอาด ตัดรากและใบออก หั่นเป็นท่อนขนาดเล็กประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งก่อนนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และล่อนผ่านตะแกรงขนาด 75 เมช จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกซิปและเก็บรักษาในโถดูดความชื้น เพื่อใช้เตรียมเซลลูโลสขั้นตอนต่อไป โดยวางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design; CRD) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 50 กรัม ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 2 สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว

กรรมวิธีที่ 4 สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว

กรรมวิธีที่ 5 การฟอกขาวอย่างเดียว

การสกัดเซลลูโลส

นำผงผักตบชวาที่เตรียมได้ ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 หรือ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อัตราส่วนผักตบชวาต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1 ต่อ 30 คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำให้เป็น

กลาง (วัดค่าพีเอช และสังเกตสีของน้ำล้างจะค่อนข้างใส) อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช จะได้ผงเซลลูโลส

การฟอกขาว

นำผงผักตบชวา หรือเซลลูโลสที่ผ่านการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อัตราส่วนผงเซลลูโลส จำนวน 1 กรัม ต่อสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 6 ชั่วโมง นำมาล้างน้ำให้เป็นกลาง (วัดค่าพีเอช และสังเกตสีของน้ำล้างจะค่อนข้างใส) อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 75 เมช จะได้ผงเซลลูโลส

การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (พรชัย ราชตนะพันธุ์ และคณะ, 2554)

นำผงเซลลูโลสที่เตรียมได้จากกรรมวิธีที่ดีที่สุดมาสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส โดยใช้เยื่อเซลลูโลสจำนวน 15 กรัม เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และไอโซโพรพานอล ปริมาตร 450 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม กรดคลอโรอะซีติก จำนวน 18 กรัม กวนต่ออีก 30 นาที แล้วปิดด้วยอะลูมิเนียมฟลอยด์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้นนำส่วนที่ตกตะกอนด้านล่างมาเติมด้วยเมธานอล ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วทำให้เป็นกลางด้วยกรดอะซีติก ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกรองล้างด้วยเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร อีก 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งแช่สารละลายนาน 10 นาที สุดท้ายล้างด้วยเมธานอลอีกครั้ง แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และล่อนผ่านตะแกรงขนาด 75 เมช จะได้ผงคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ประกอบด้วย 3 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่เคลือบผิว

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง

นำผลเงาะพันธุ์โรงเรียนจากตลาดไทย อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการของศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ด้วยรถยนต์ปรับอากาศ ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทำการคัดเลือกผลเงาะที่มีสี และขนาดใกล้เคียงกัน โดยปราศจากโรคและแมลง จากนั้นนำผลเงาะแช่ลงในสารเคลือบผิวในแต่ละกรรมวิธี นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วบรรจุลงในตะกร้าพลาสติก เก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศปกติ (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์) บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 3 วัน

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสและกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่เคลือบผิว

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3.2 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่เคลือบผิว

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบด้วยกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์

<u>วิธีการทดลอง</u>

การทดลองที่ 3 และ 4 ใช้เงาะพันธุ์โรงเรียน ระยะที่ 4-5 คือผลเงาะมีสีแดงกระจาย 50-70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล (สมัคร แก้วสุกแสง และนพรัตน์ ทัดมาลา, 2558) จากสวนของเกษตรกร อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการของศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ด้วยรถตู้ปรับอากาศ ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง คัดเลือกผลเงาะที่มีขนาด

ใกล้เคียงกัน ปราศจากโรคและแมลง จากนั้นนำผลเงาะจุ่มในสารเคลือบผิวแต่ละกรรมวิธี นาน 5 นาที จากนั้นผึ่งให้แห้ง และจัดวางผลเงาะลงในกล่องพลาสติกขนาด 9×15×9 เซนติเมตร ซึ่งมีรู จำนวน 8 รู บรรจุกล่องละ 6 ผล (150-200 กรัม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5 เปอร์เซ็นต์ บันทึกข้อมูลทุก 2 วันจนกระทั่งผลเงาะเสื่อมคุณภาพ โดยมีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

3.4 การบันทึกข้อมูล

การทดลองที่ 1 มีการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. การหาปริมาณร้อยละของผลผลิต (% Yield)

$$\text{ร้อยละของผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักหลังสกัด (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนสกัด (กรัม)}}$$

2. ค่าความสว่าง (L*) โดยนำตัวอย่างเซลลูโลสที่เตรียมได้จากกรรมวิธีต่างๆ ใส่ในเพลท แล้วทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี โดยวางหัววัดของเครื่องวัดสีให้แนบติดกับผิวตัวอย่าง

3. องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยนำเซลลูโลสที่เตรียมได้จากกรรมวิธีต่างๆ อย่างละ 10 กรัม ส่งไปวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธี Detergent (Goreing and Van Soest, 1970) ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และตรวจคุณภาพอาหารสัตว์ หลักสูตรสัตวศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (โสภณ เริงสำราญ และคณะ, 2541) โดยชั่งผงเซลลูโลสที่เตรียมได้จำนวน 5 กรัม เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ทำการกรองแยกสารละลาย โดยนำสารละลายที่กรองได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วเติม กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 30 มิลลิลิตร (เอียงขวด 45 องศาเพื่อป้องกันการแตกตัวอย่างรุนแรง) หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วหยดสารละลายเฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์ ปริมาตร 2-3 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยมีจุดยุติเป็นการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองส้มไปเป็นสีน้ำตาลอมม่วง คำนวณปริมาณแอลฟาเซลลูโลส มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$$\text{ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส} = 100 - \frac{[6.85\,(V_2 - V_1) \times N \times 20]}{A \times W}$$

โดยที่ 6.85 คือ มิลลิกรัมสมมูลของแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟตที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเซลลูโลส

V_1 คือ ปริมาตรแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต (นอร์มอล)

A คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

5. การตรวจสอบหมู่ฟังค์ชัน โดยการทดสอบการดูดกลืนแสงอินฟาเรด ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรด สเปคโตรสโคปี (Fourier Tansform Infrared Spectroscopy; FT-IR) ที่ช่วงคลื่น 4000-550 cm^{-1} โดยนำตัวอย่างคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตับชวาที่เตรียมได้ ส่งวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน ณ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) รุ่น Quanta 250

7. ความหนืด เตรียมสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผกตบชวา ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ นำไปวัดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield DV-III Ultra) โดยใช้หัววัดเบอร์ 0 และ 91 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นเซนติพอยส์ (cP)

การทดลองที่ 2 มีการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักของผลเงาะก่อนและหลังการเก็บรักษาด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล คำนวณการสูญเสียน้ำหนักมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. ความแน่นเนื้อของผิวเปลือก วัดด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ โดยใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร กดลงไปบริเวณผิวเปลือกลึก 0.5 เซนติเมตร ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

3. สีเปลือก โดยนำหัววัดของเครื่องวัดสีวางแนบติดกับผิวเปลือกเงาะ บันทึกค่าเป็น L*, a* และ b* โดยที่ L* คือค่าความสว่างมีค่าเท่ากับ 0 คือสีดำ และสีขาว เท่ากับ 100 ส่วนค่า a* ถ้า a* เป็นบวก (+) คือสีแดง และเป็นลบ (-) คือสีเขียว และค่า b* ถ้า b* เป็นบวก (+) คือสีเหลือง และเป็นลบ (-) คือสีน้ำเงิน

4. การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือก โดยให้คะแนนตั้งแต่ 0-4 ดังนี้

0 คะแนน หมายถึง ไม่เกิดสีน้ำตาล

1 คะแนน หมายถึง เกิดสีน้ำตาลที่ขน และเปลือกประมาณ 1-25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

2 คะแนน หมายถึง เกิดสีน้ำตาลที่ขน และเปลือกประมาณ 26-50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

3 คะแนน หมายถึง เกิดสีน้ำตาลที่ขน และเปลือกประมาณ 51-75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

4 คะแนน หมายถึง เกิดสีน้ำตาลที่ขน และเปลือกประมาณ 76-100 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ด้วยเครื่องวัดบริกซ์และกรดแบบดิจิทัล โดยใช้น้ำคั้นจากเนื้อเงาะปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร สำหรับวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (^{o}Brix) และเติมน้ำอีก 10 มิลลิลิตร สำหรับวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

6. ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 1990) โดยใช้น้ำคั้นจากผลเงาะปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมสารละลายกรดออกซาลิกอะซีติก ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วย 2, 6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล จนถึงจุดยุติคือเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซี รายงานค่าที่ได้ในหน่วย มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (mg/100gFW) ด้วยสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = (X-B)\times(F/E)$$

โดยที่ X คือ ปริมาตร 2,6-DCPP ที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตร 2,6-DCPP ที่ใช้ไทเทรตกับน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)

F คือ มิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิก ต่อ 1 มิลลิลิตร ของ 2,6-DCPP

E คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ (มิลลิลิตร)

การทดลองที่ 3 ทำการบันทึกข้อมูลในข้อ 1-6 เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 และบันทึกข้อมูลเพิ่มเติมดังนี้

1. ปริมาณฟีนอลิค (ภานุมาศ ฤทธิไชย และคณะ, 2555) โดยชั่งตัวอย่างเปลือกเงาะที่บดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว 1 กรัม ผสมกับเมทานอล ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากัน จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 อาร์พีเอ็ม นาน 20 นาที จากนั้นนำสารละลายที่เจือจางแล้วปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายโฟลิน-ไซโอแคลทู ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิค รายงานค่าที่ได้ในหน่วย มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด (mg gallic acid/100gFW)

2. ปริมาณแอนโทไซยานิน (Ranganna, 1986) โดยชั่งตัวอย่างเปลือกเงาะที่บดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว จำนวน 5 กรัม เติมสารละลายเอทานอลิก (เอทานอล ปริมาตร 85 มิลลิลิตรต่อ กรดไฮโดรคลอริก ปริมาตร 15 มิลลิลิตร) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากัน บ่มในที่มืดอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยผ้าขาวบาง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร และคำนวณปริมาณแอนโทไซยานิน รายงานค่าที่ได้ในหน่วย มิลลิกรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักสด (mg/100gFW)

$$\text{ค่าการดูดกลืนแสงรวม} = \frac{A \times V_1 \times V_3 \times 100}{V_2 \times W}$$

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงรวม}}{98.2}$$

โดยที่ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายเอทานอลิกที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของสารสกัดที่ใช้ก่อนเจือจาง (มิลลิลิตร)

V_3 คือ ปริมาตรสุดท้ายหลังเจือจาง (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)

3. กิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (Assis *et al*., 2001) โดยชั่งตัวอย่างเปลือกเงาะที่บดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว จำนวน 1 กรัม เติมสารละลายโซเดียมบอเรตบัพเฟอร์ ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ พีเอช 8.8 (ภาคผนวก) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กวนนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงโดยใช้ความเร็วรอบ 10,000 อาร์พีเอ็ม นาน 30 นาที นำ

สารละลายเอนไซม์ที่ได้ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ จากนั้นเติมสารละลายแอล- ฟีนีลอะลานิน ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร นำไปเขย่าให้เข้ากันแล้วบ่มในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วย ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน โดยกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส 1 ยูนิต คือ การเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสงต่อ 1 ชั่วโมง

4. กิจกรรมพอลิฟีนอลออกซิเดส (Luh and Phithakpol, 1972) โดยชั่งตัวอย่างเปลือกเงาะที่บดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว จำนวน 1 กรัม เติมโพลีไวนิลพอลิไพโรลิโดน จำนวน 0.5 กรัม และสารละลาย ฟอสเฟตบัพเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 7.0 (ภาคผนวก) กวนให้เข้ากัน นาน 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำสารละลายไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 อาร์พีเอ็ม นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร และเติมสารละลายแคทิคอล ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ทันทีและหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว 5 นาที รายงานผลในหน่วยยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน โดยกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส 1 ยูนิต คือ การเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงต่อ 1 นาที

5. ปริมาณโปรตีน (Bradford, 1976) โดยใช้สารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายที่ใช้สกัดเอนไซม์ จากนั้นเติมสารละลายแบรดฟอร์ด (ภาคผนวก) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว 2 นาที แต่ไม่เกิน 1 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโบวินซีรัมอัลบูมิน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดลองที่ 1,2 และ 3 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.6 สถานที่ดำเนินงาน

3.6.1 ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.6.2 ห้องปฏิบัติการของศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี

3.7 ระยะเวลาดำเนินงาน

เริ่มตั้งแต่ 4 มกราคม 2559 – 30 กรกฎาคม 2562

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เหมาะสม ต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา

1. องค์ประกอบทางเคมี

1.1 เซลลูโลส

ผงผักตบชวาก่อนการสกัดมีปริมาณเซลลูโลสเท่ากับ 36.95 เปอร์เซ็นต์ หลังจากสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว พบว่า มีปริมาณเซลลูโลสเพิ่มสูงขึ้นเป็น 71.80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว เท่ากับ 69.07 เปอร์เซ็นต์ การสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว เท่ากับ 63.90 เปอร์เซ็นต์ และการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว เท่ากับ 63.03 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การฟอกขาวเพียงอย่างเดียวมีปริมาณเซลลูโลสน้อยที่สุด เท่ากับ 49.94 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3A และตารางภาคผนวกที่ 1)

1.2 ลิกนิน

ผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว ทำให้ปริมาณลิกนินมีค่าลดลดจาก 1.95 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.17 และ 0.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว หรือการฟอกขาวเพียงอย่างเดียว มีปริมาณลิกนินสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับปริมาณลิกนินก่อนการสกัด โดยมีค่าเท่ากับ 2.18, 2.29 และ 2.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 3B และตารางภาคผนวกที่ 1)

1.3 เฮมิเซลลูโลส

ผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าลดลงจาก 9.93 เปอร์เซ็นต์ เป็น 3.62 และ 5.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว และฟอกขาวอย่างเดียวมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเป็น 15.79 และ 21.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

ร่วมกับการฟอกขาว ยังคงมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสใกล้เคียงกับปริมาณเฮมิเซลลูโลสก่อนการสกัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.92 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4A และตารางภาคผนวกที่ 1)

1.4 แอลฟาเซลลูโลส

ผงผักตบชวาก่อนการสกัดมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสเท่ากับ 76.64 เปอร์เซ็นต์ หลังจากสกัดผงผักตบชวาพบว่า การสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงที่สุด เท่ากับ 91.55 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 90.79 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว มีค่าเท่ากับ 86.45 เปอร์เซ็นต์ และการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาว มีค่าเท่ากับ 84.32 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การฟอกขาวเพียงอย่างเดียว มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสน้อยที่สุดเท่ากับ 82.08 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4B และตารางภาคผนวกที่ 1)

2. ค่า L*

ผงผักตบชวาก่อนการสกัดมีค่า L* เท่ากับ 62.58 หลังจากสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว มีค่า L* ลดลงเป็น 42.94 และ 46.07 ในขณะที่ผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฟอกขาวและฟอกขาวเพียงอย่างเดียว มีค่า L* เพิ่มขึ้นเป็น 71.22, 73.92 และ 67.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

3. ร้อยละของผลผลิต

ผักตบชวาที่สกัดด้วยการฟอกขาวเพียงอย่างเดียวมีร้อยละของผลผลิตสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 74.73 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว หรือร่วมกับการฟอกขาว มีปริมาณร้อยละของผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 33.20, 31.44, 29.45 และ 28.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 5 และตารางภาคผนวกที่ 1)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำการคัดเลือกเซลลูโลสจากผักตบชวากรรมวิธีที่ดีที่สุด เพื่อสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิเซลลูโลส โดยพิจารณาจากปริมาณแอลฟาเซลลูโลส เนื่องจากการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจำเป็นต้องใช้เซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูง คือ มีปริมาณ

แอลฟาเซลลูโลสสูงที่สุด ซึ่งเซลลูโลสที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงที่สุดและมีค่าไม่แตกต่างกัน อีกทั้งยังมีปริมาณร้อยละของเซลลูโลสสูงที่สุด และปริมาณเฮมิเซลลูโลสน้อยที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและลดการใช้สารเคมี จึงเลือกเซลลูโลสที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์มาสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

เซลลูโลสจากผักตบชวาหลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสแล้วคิดเป็นร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 141.36 เปอร์เซ็นต์ โดยลักษณะของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาที่ได้เป็นผงสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 57.39 (ภาพที่ 6B) ในขณะที่คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้ามีลักษณะเป็นผงสีขาว โดยมีค่า L* เท่ากับ 94.37 (ภาพที่ 6A) จากนั้นทำการตรวจสอบคุณสมบัติของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ได้แก่ หมู่ฟังค์ชัน ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และความหนืด เปรียบเทียบกับคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า

4. การตรวจสอบหมู่ฟังค์ชัน

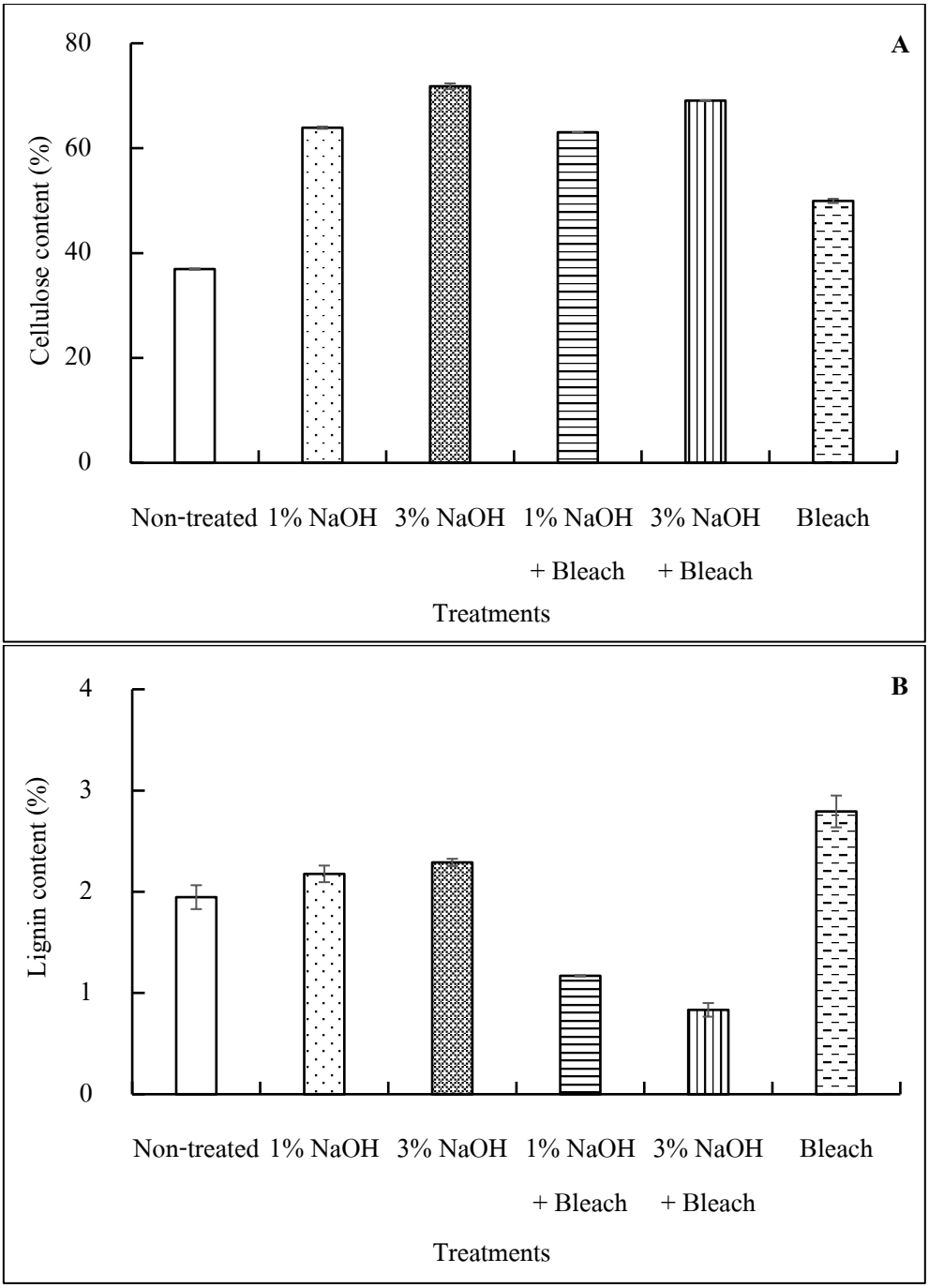
จากการวิเคราะห์อินฟาเรดสเปกตรัมของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และทางการค้า (ภาพที่ 7) พบว่า สเปกตรัมของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวามีลักษณะคล้ายกับสเปกตรัมของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า โดย peak ที่ 1 มีค่าความถี่เท่ากับ 3350 cm^{-1} แสดงถึงหมู่ไฮดรอกซิล (O-H stretching) peak ที่ 2 มีความถี่เท่ากับ 2920 cm^{-1} แสดงถึงหมู่ไฮโดรคาร์บอน (C-H stretching) peak ที่ 3 มีความถี่เท่ากับ 1600 cm^{-1} แสดงถึงหมู่คาร์บอนิล (C=O stretching)) peak ที่ 4 มีความถี่เท่ากับ 1450 cm^{-1} แสดงถึงหมู่เมธิล (-CH_2 stretching) และ peak ที่ 5 และ 6 มีความถี่ช่วง 1300-1000 cm^{-1} แสดงถึงหมู่อีเทอร์ (-O- stretching)

5. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

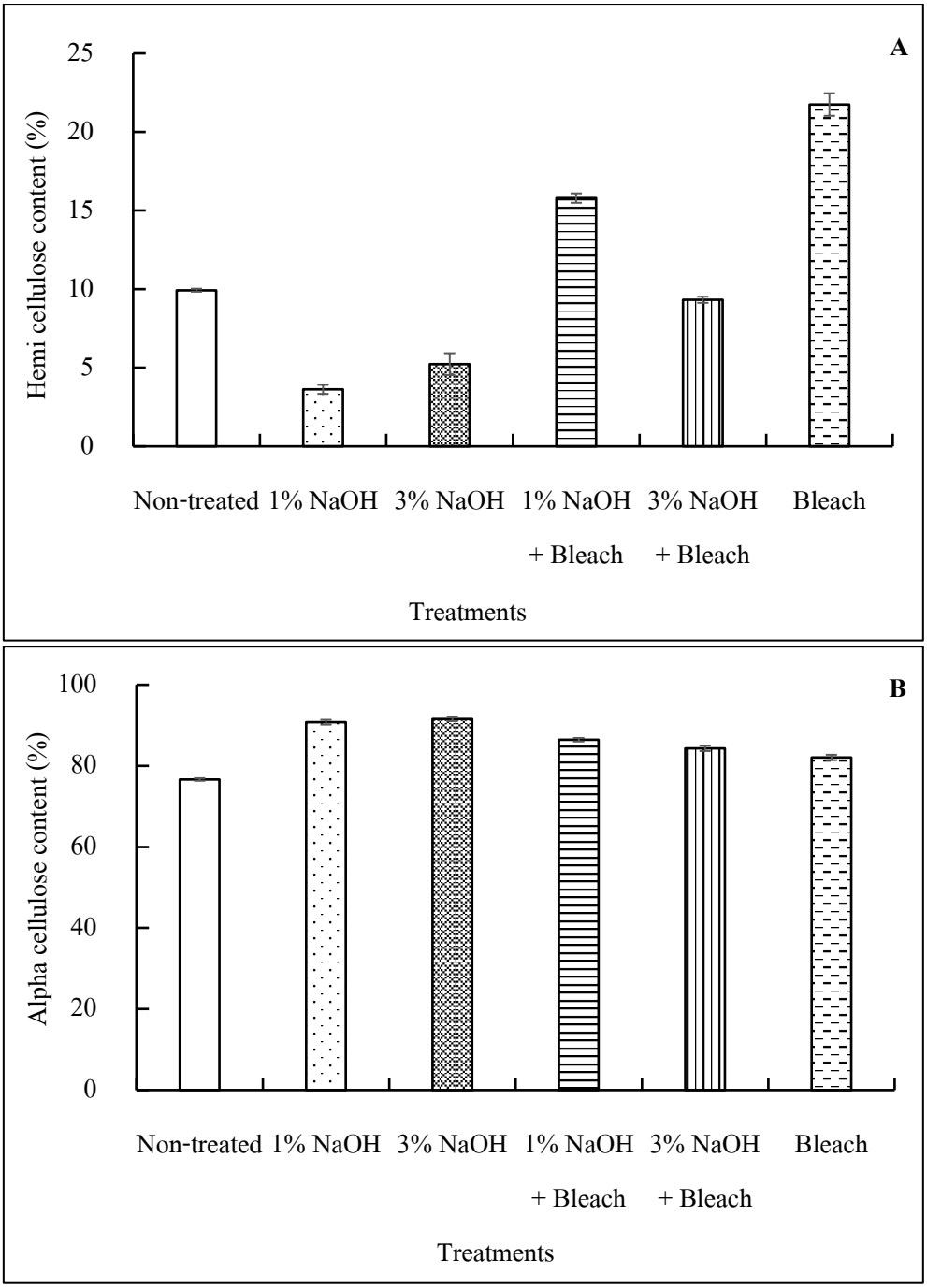
จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และทางการค้า ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวามีลักษณะพื้นผิวขรุขระ และมีขนาดใหญ่ไม่สม่ำเสมอ (ภาพที่ 8 AและB) ในขณะที่คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้ามีลักษณะพื้นผิวเรียบเนียน และมีขนาดเล็กสม่ำเสมอ (ภาพที่ 8 CและD)

6. ความหนืด

จากการวิเคราะห์ความหนืดของสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และทางการค้า ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา มีค่าความหนืดเท่ากับ 54.4, 66.7, 81.9, 94.1, 114.1 และ 582.6 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ในขณะที่สารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า มีค่าเท่ากับ 98.6, 160.4, 337.6, 642.7, 1207.1 และ 5289.5 เซนติพอยส์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวามีความหนืดน้อยกว่าสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า



ภาพที่ 3 ปริมาณเซลลูโลส (A) และลิกนิน (B) ของผงผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ฟอกขาว (1% NaOH และ 3% NaOH) หรือร่วมกับการฟอกขาว (1% NaOH + Bleach และ 3% NaOH + Bleach) และฟอกขาวอย่างเดียว (Bleach)



ภาพที่ 4 ปริมาณเฮมิเซลลูโลส (A) และแอลฟาเซลลูโลส (B) ของผงผักตบชวาที่สกัดด้วยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ฟอกขาว (1% NaOH และ 3% NaOH) หรือร่วมกับการฟอกขาว (1% NaOH + Bleach และ 3% NaOH + Bleach) และฟอกขาวอย่างเดียว (Bleach)

ตารางที่ 3 ค่า L* (ความสว่าง) และลักษณะของเซลลูโลสจากผักตบชวาที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ฟอกขาว (1% NaOH และ 3% NaOH) หรือร่วมกับการฟอกขาว (1% NaOH + Bleach และ 3% NaOH + Bleach) และฟอกขาวอย่างเดียว (Bleach)

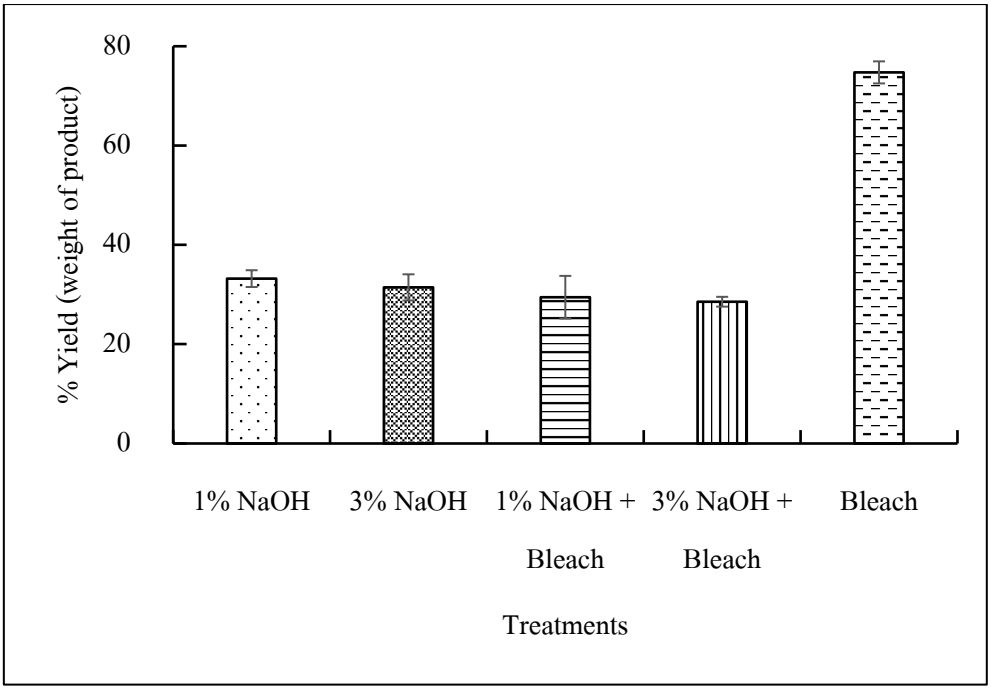
Treatments	L* value	Character of cellulose
Non-treated	62.54±0.08[c]	
1% NaOH	42.94±0.38[a]	
3% NaOH	46.07±0.63[b]	
1% NaOH+Bleach	71.22±0.49[e]	
3% NaOH+Bleach	73.91±0.19[f]	
Bleach	67.55±0.31[d]	
F-test	*	
% C.V.	0.64	

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

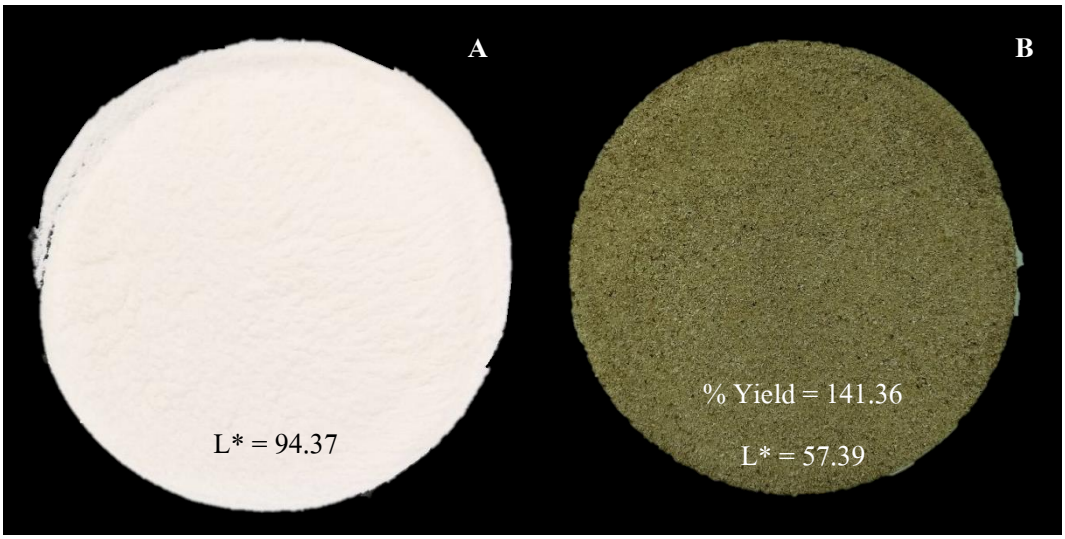
* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

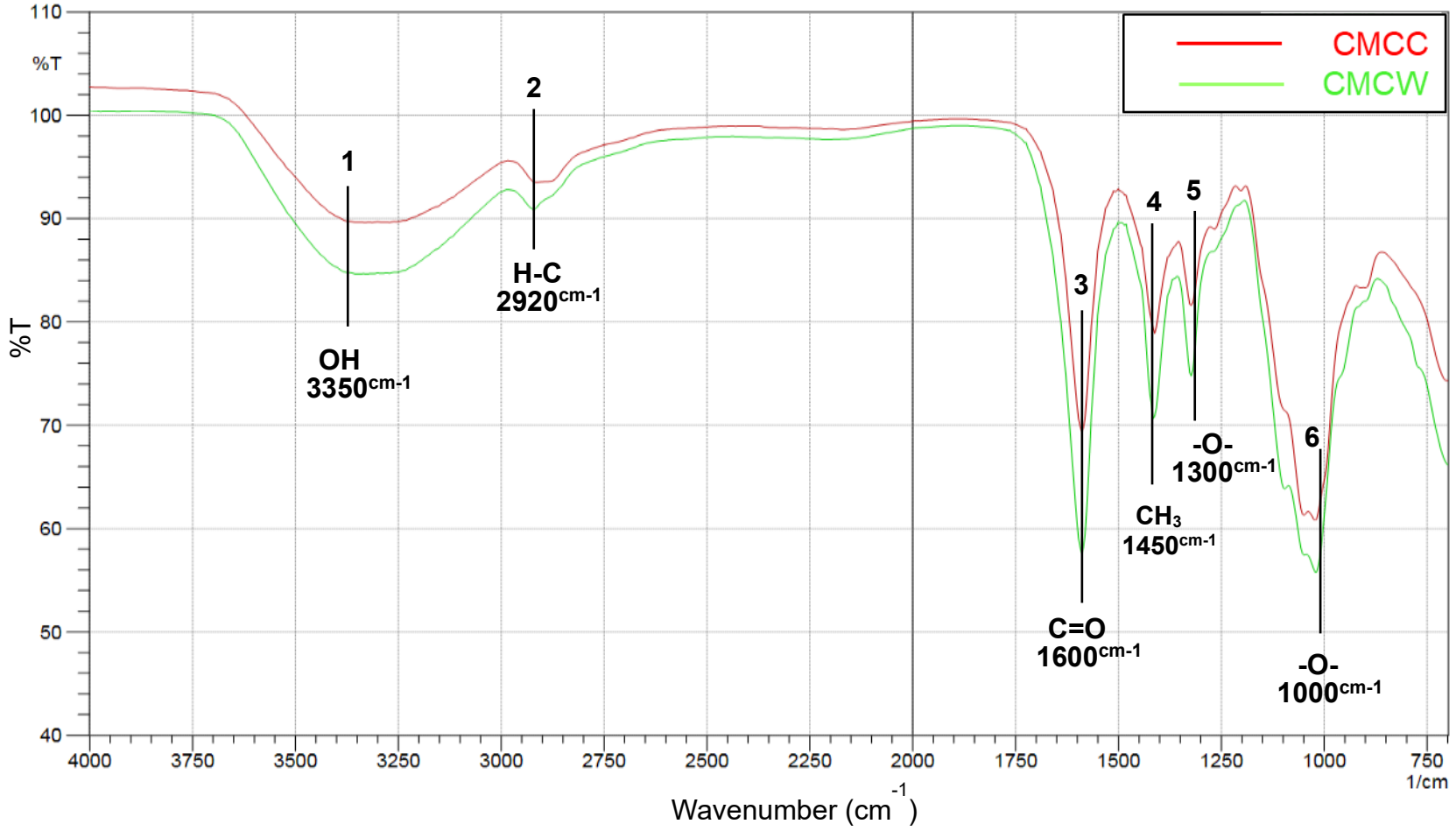
% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย



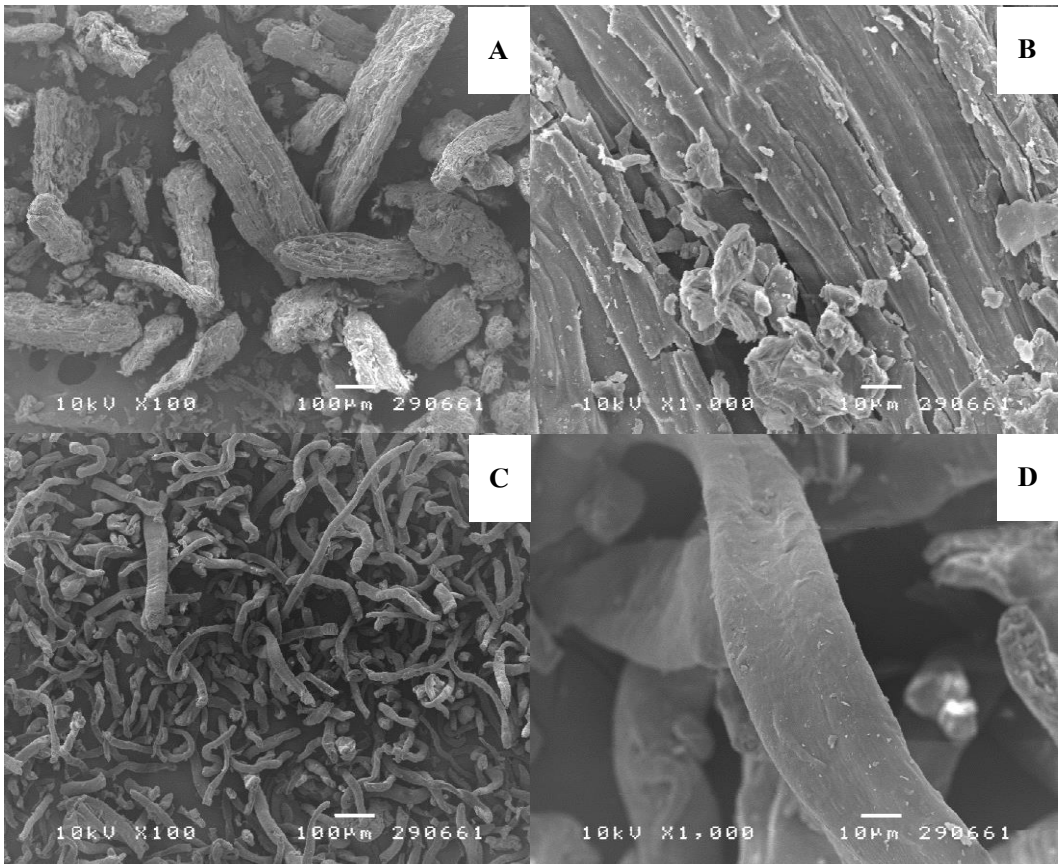
ภาพที่ 5 ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการสกัดผงผักตบชวาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ (1% NaOH และ 3% NaOH) ไม่ฟอกขาว หรือร่วมกับการฟอกขาว (1% NaOH + Bleach และ 3 % NaOH + Bleach) และฟอกขาวอย่างเดียว (Bleach)



ภาพที่ 6 ลักษณะของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า (A) และจากผักตบชวา (B)



ภาพที่ 7 หมู่ฟังค์ชันของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และทางการค้า ด้วยเครื่อง FT-IR



ภาพที่ 8 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา (A และ B) และทางการค้า (C และ D) ที่กำลังขยาย 100 และ 1,000 เท่า จากกล้อง SEM

ตารางที่ 4 ความหนืดของสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และทางการค้าที่ความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (%)	Viscosity (cP)	
	CMCW	CMCC
0.2	54.4	98.6
0.4	66.7	160.4
0.6	81.9	337.6
0.8	94.1	642.7
1.0	114.1	1207.1
2.0	582.6	5289.5

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลลูโลสทางการค้า ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลที่เงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 19.13, 19.00 และ 19.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 9A และตารางภาคผนวกที่ 2)

2. ความแน่นเนื้อของผิวเปลือก

ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นจาก 32.03 นิวตัน เป็น 37.98 และ 34.95 นิวตัน ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกับวันเริ่มต้น โดยมีค่าเท่ากับ 31.65 นิวตัน อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีไม่พบความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 9B และตารางภาคผนวกที่ 3)

3. การเปลี่ยนแปลงสี

ค่า L* ของผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีค่าลดลงจาก 30.61 เป็น 27.00, 26.37 และ 26.03 ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10A และ12 และตารางภาคผนวกที่ 4)

ค่า a* ของผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีค่าลดลงเล็กน้อยจาก 28.58 เป็น 27.10, 24.42 และ 26.96 ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10B และ12 และตารางภาคผนวกที่ 5)

ค่า b* ของผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีค่าลดลงจาก

23.39 เป็น 15.15, 14.99 และ 13.42 ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10C และ12 และตารางภาคผนวกที่ 6)

4. การเกิดสีน้ำตาล

ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว โดยผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 1.5 คะแนน ในขณะที่ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีคะแนนเท่ากับ 3.0 คะแนน และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวยังคงมีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุดเท่ากับ 3.8 คะแนน ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 2.8 และ 3.0 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 11 และ12 และตารางภาคผนวกที่ 7)

5. ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีค่าลดลงจาก 4.09 เป็น 3.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีปริมาณวิตามินซีใกล้เคียงกับวันเริ่มต้น โดยมีค่าเท่ากับ 4.41 และ 4.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (ภาพที่ 13A และตารางภาคผนวกที่ 8)

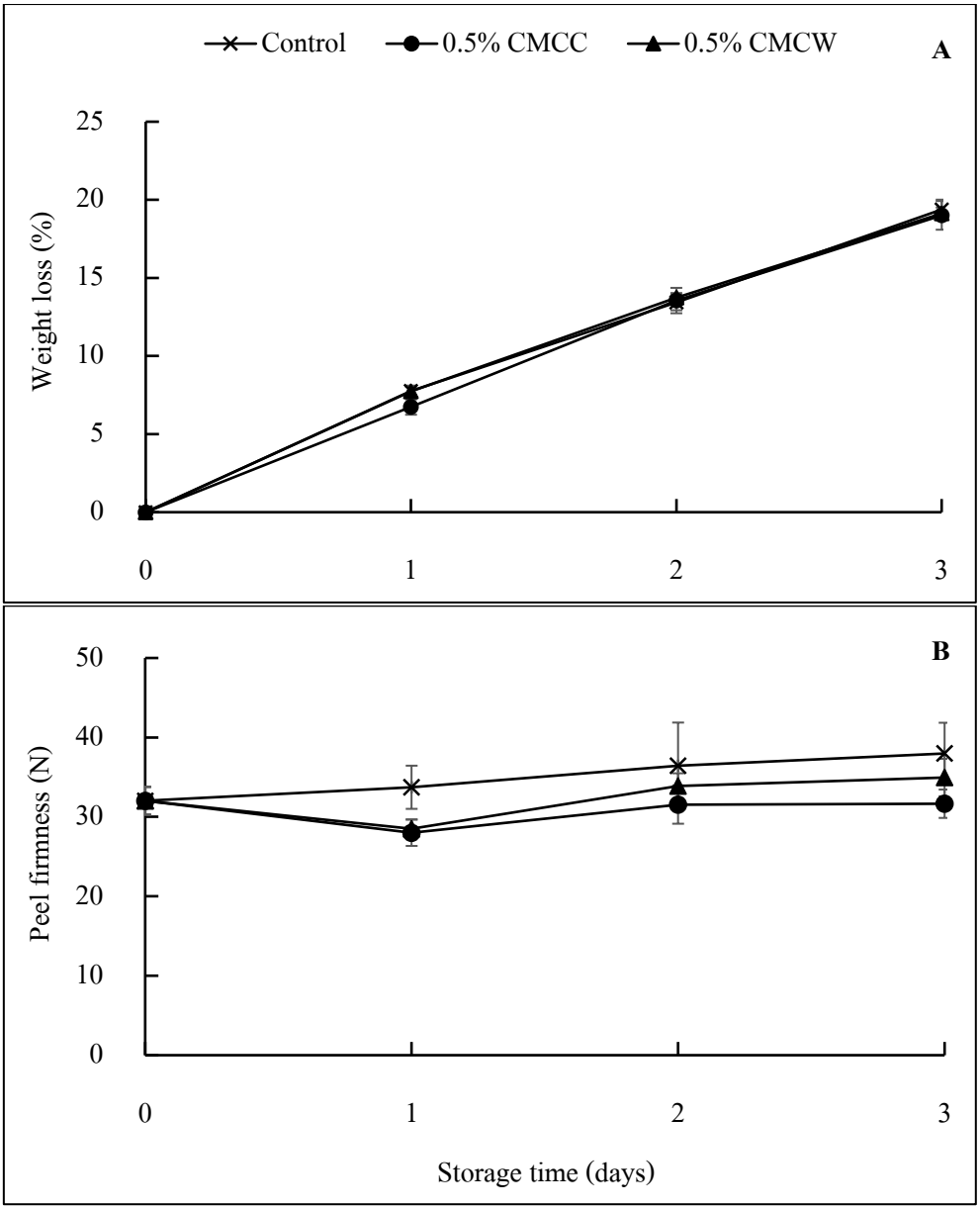
6. **ปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้**

ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 21.78 เป็น 20.83, 21.30 และ 20.15

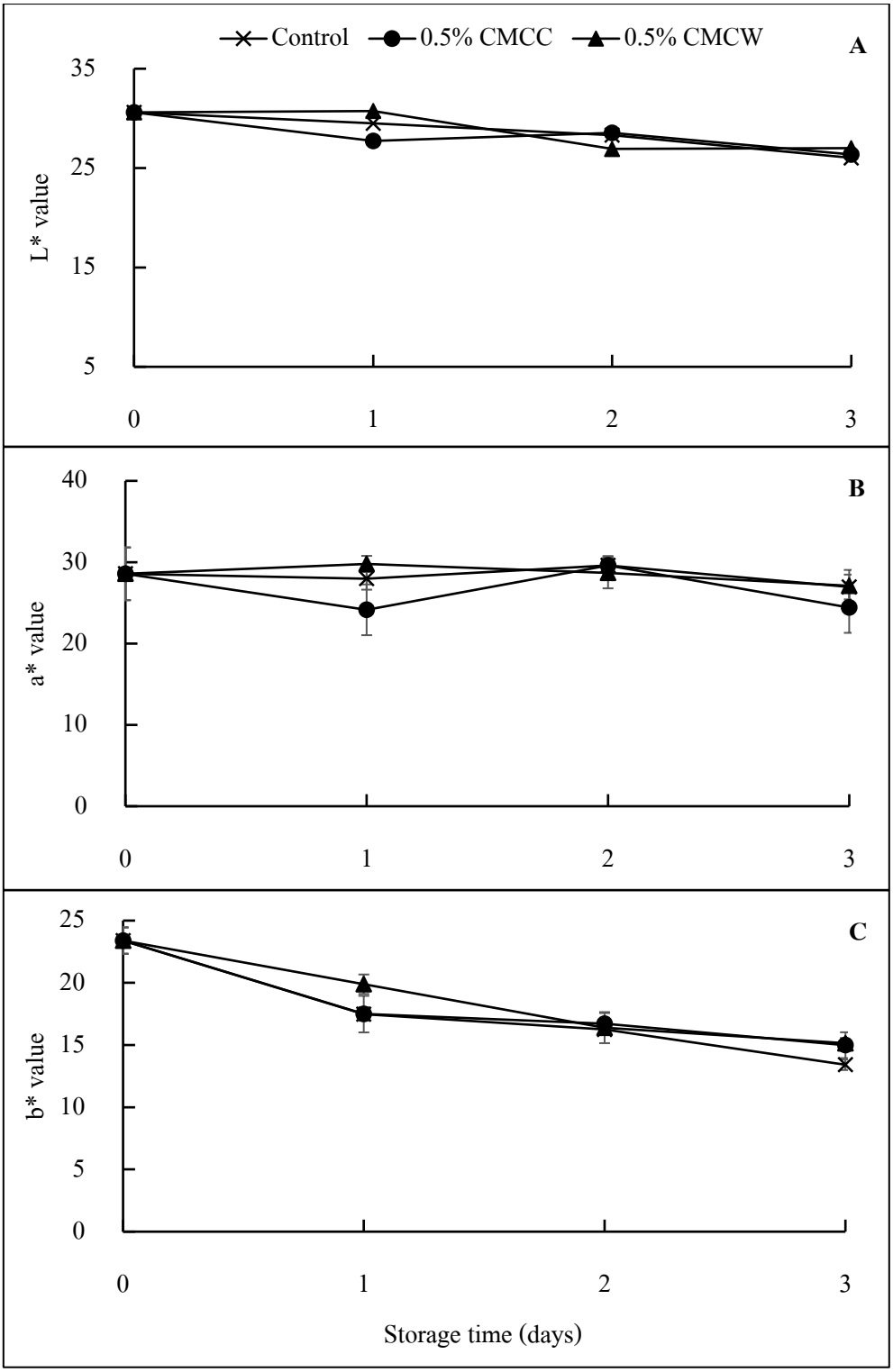
องศาบริกซ์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 13B และตารางภาคผนวกที่ 9)

7. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

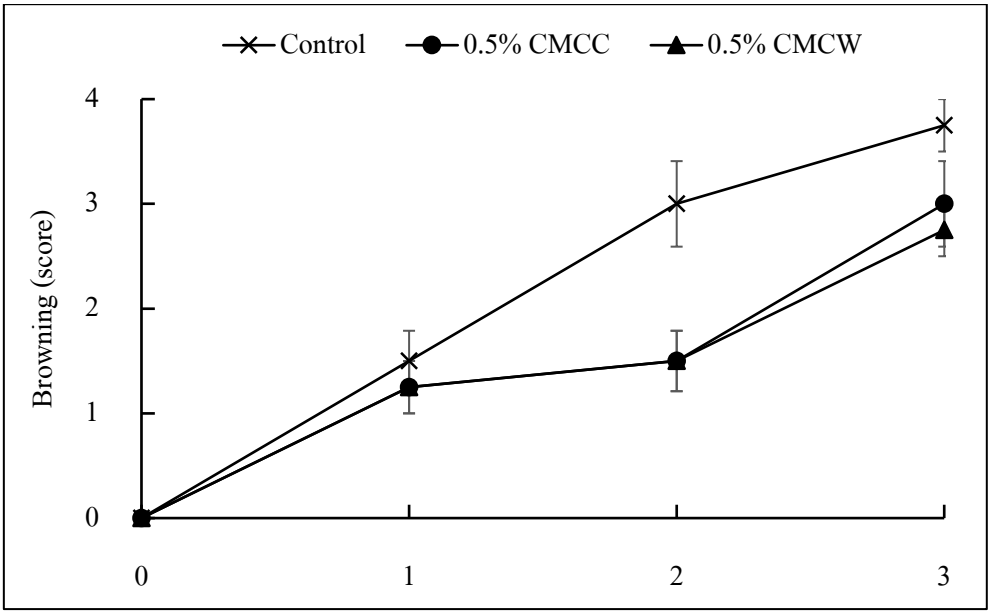
ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 0.40 เป็น 0.58, 0.62 และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 13C และตารางภาคผนวกที่ 10)



ภาพที่ 9 การสูญเสียน้ำหนัก (A) และความแน่นเนื้อของผิวเปลือก (B) ของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



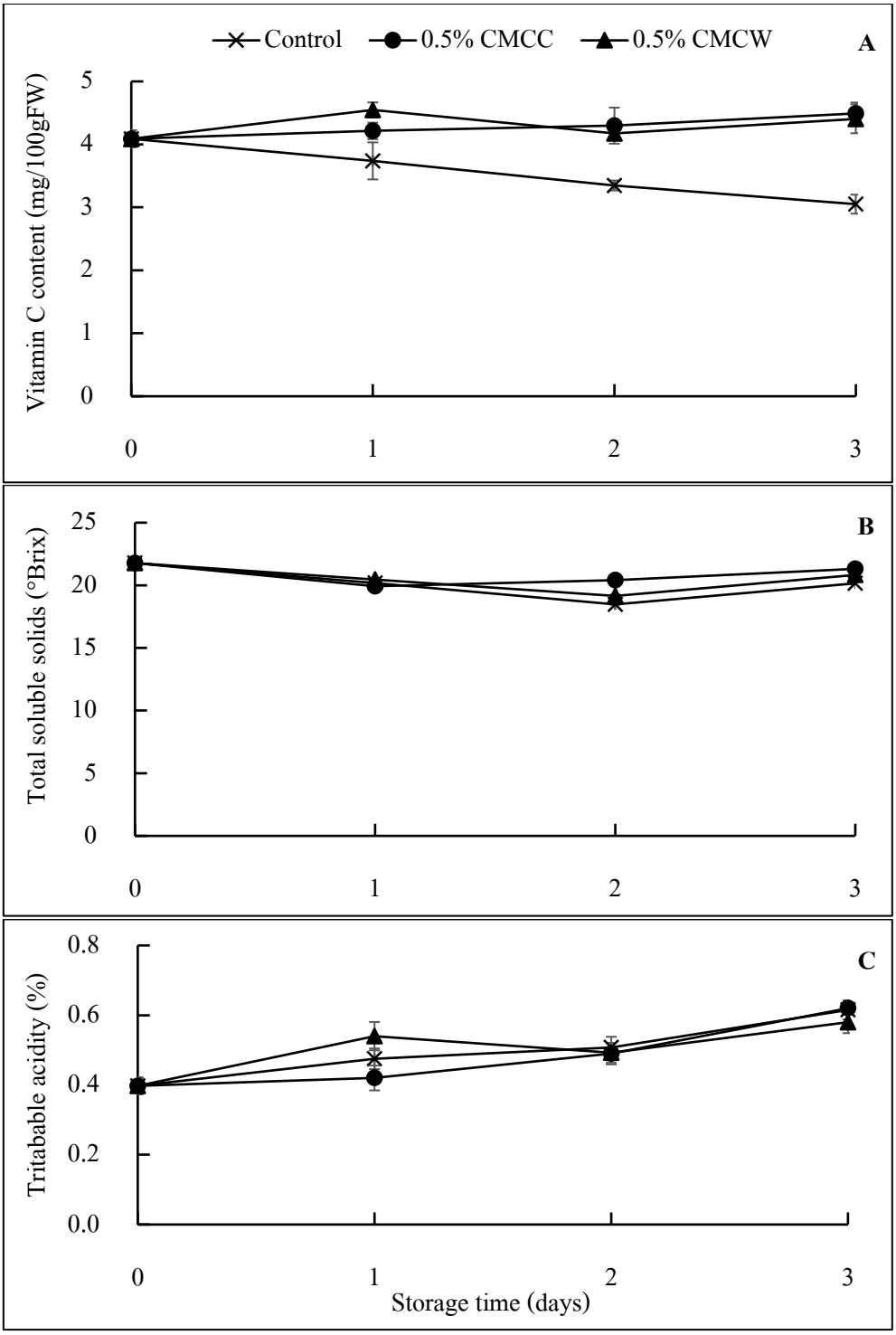
ภาพที่ 10 ค่า L* (A), a* (B) และ b* (C) ของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 11 การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Storage	**Treatments**		
time (days)	Control	0.5% CMCC	0.5% CMCW
0			
1			
2			
3			

ภาพที่ 12 ลักษณะของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 13 ปริมาณวิตามินซี (A) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (B) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (C) ของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ25 องศาเซลเซียส

4.3 ผลทดลองที่ 3 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสและกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ผลทดลองที่ 3.1 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ในระหว่างการเก็บรักษา ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยใกล้เคียงกับผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน และมีค่าสูงสุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 14.62 และ 14.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับ 7.77 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 10.21 เปอร์เซ็นต์ และทั้งสองกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดในวันที่ 10 โดยมีค่าเท่ากับ 11.90 และ 13.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 14A และตารางภาคผนวกที่ 11)

2. ความแน่นเนื้อของผิวเปลือก

ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 30.25 เป็น 28.28, 29.15, 30.02 และ 27.95 นิวตัน ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่14B และตารางภาคผนวกที่ 12)

3. สีเปลือก

ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มลดลงจาก 34.94 เป็น 27.66, 28.66, 29.70 และ 27.77 ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 15A และตารางภาคผนวกที่ 13)

ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 25.63 เป็น 33.97, 32.58, 32.39 และ 31.14 ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 15B และ 16 และตารางภาคผนวกที่ 14)

ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 22.78 เป็น 17.43, 18.36, 19.24 และ 17.84 ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 15C และ 16 และตารางภาคผนวกที่ 15)

4. การเกิดสีน้ำตาล

ผลเงาะที่ไม่เคลือบ และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเท่ากับ 2.33 และ 2.17 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีการเกิดสีน้ำตาล เท่ากับ 1.50 และ 1.39 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด โดยมีคะแนนเท่ากับ 2.22 และ 2.11 ตามลำดับ (ภาพที่ 16 และ 17A และตารางภาคผนวกที่ 16)

5. ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงจาก 19.36 เป็น 13.80, 14.48, 15.41 และ 15.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 17B และตารางภาคผนวกที่ 17)

6. ปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 21.60 องศาบริกซ์ ในระหว่างที่เก็บรักษาพบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 20.33, 21.83, 21.67 และ 21.57 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกับวันเริ่มต้น เท่ากับ 21.43 และ 21.47 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (ภาพที่ 18A และตารางภาคผนวกที่ 18)

7. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างที่เก็บรักษา จาก 0.34 เป็น 0.38, 0.41, 0.38 และ 0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนวันที่ 10 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลงเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้คงที่เท่ากับ 0.41 และ 0.42 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 18B และตารางภาคผนวกที่ 19)

8. ปริมาณฟีนอลิค

ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลง จาก 4.81 เป็น 4.14 และ 3.68 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด และมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 7.43 และ 8.14 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟีนอลิคเท่ากับ 6.34 และ 6.85 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด และมี

ค่าเพิ่มขึ้นเป็น 8.43 และ 7.17 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 19A และตารางภาคผนวกที่ 20)

9. ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มลดลง โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่า มีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 7.84, 9.71, 9.66 และ 7.35 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ จากปริมาณแอนโทไซยานินเริ่มต้น เท่ากับ 11.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 19B และตารางภาคผนวกที่ 21)

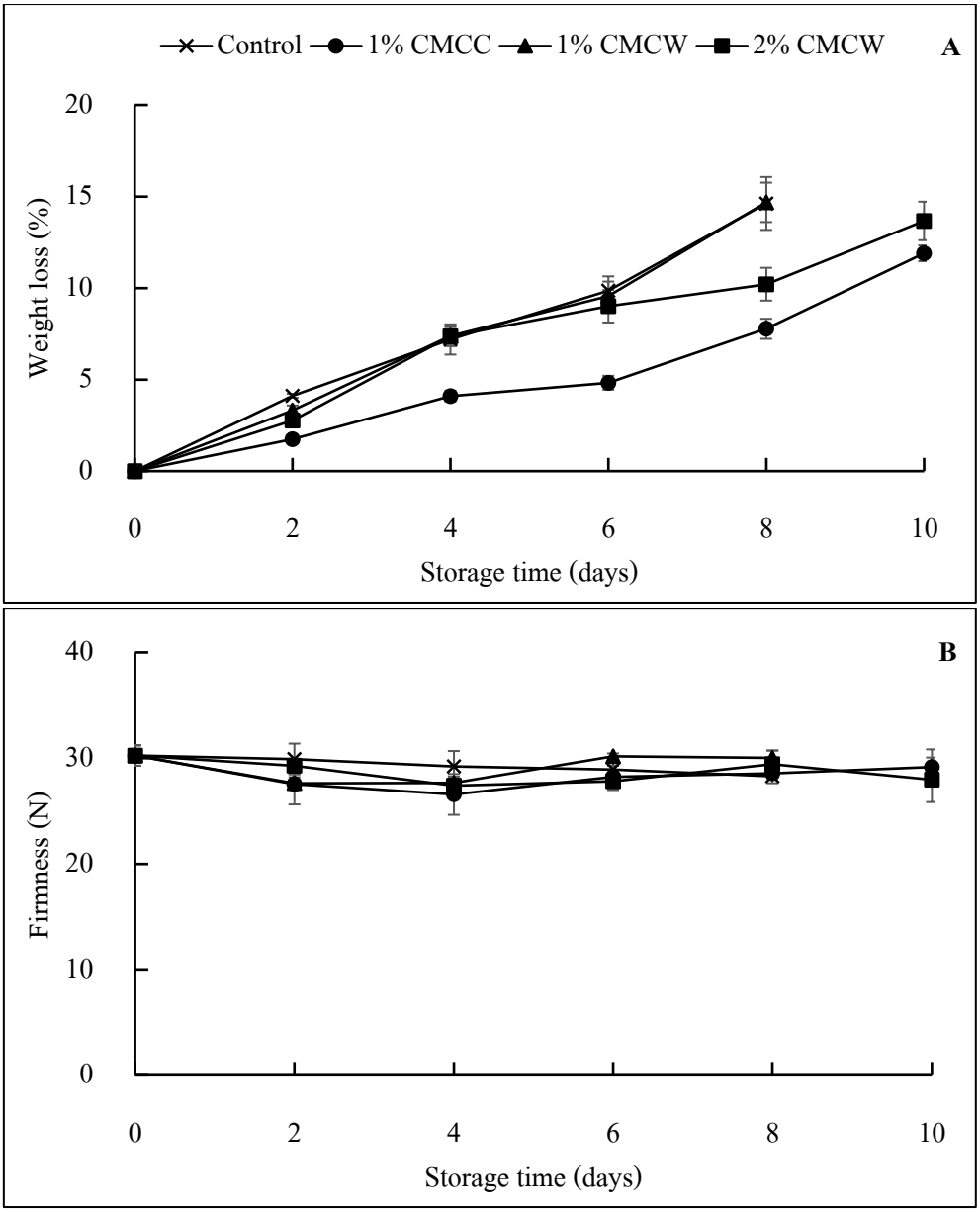
10. กิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส

ก่อนเก็บรักษาผลเงาะมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสเท่ากับ 26.20 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 33.26, 20.51, 25.12 และ 29.01 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ หลังจากนั้นกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา โดยผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสเท่ากับ 22.37, 22.24, 25.75 และ 21.38 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ (ภาพที่ 20A และตารางภาคผนวกที่ 22)

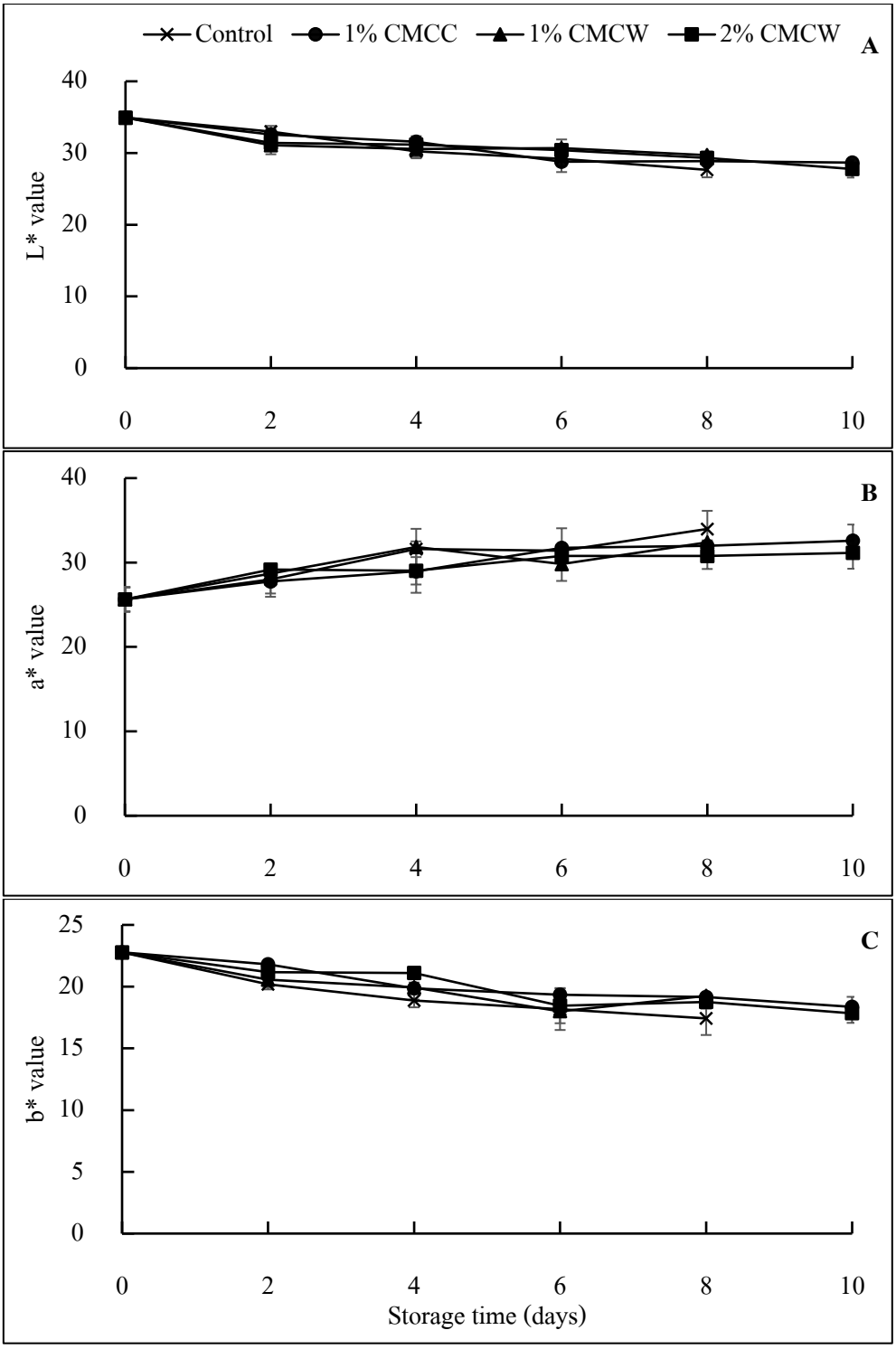
11. กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

ก่อนเก็บรักษาผลเงาะมีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 19.80 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษาผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสค่อนข้างสูงกว่ากรรมวิธีการอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 26.34 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 23.11, 15.51 และ 25.87 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มี

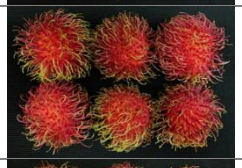
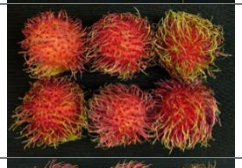
กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสสูงที่สุดเท่ากับ 86.20 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ 25.55 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน อย่างไรก็ตามทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเทียบกับผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งมีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 49.94 และ 62.57 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ (ภาพที่ 20B และตารางภาคผนวกที่ 23)



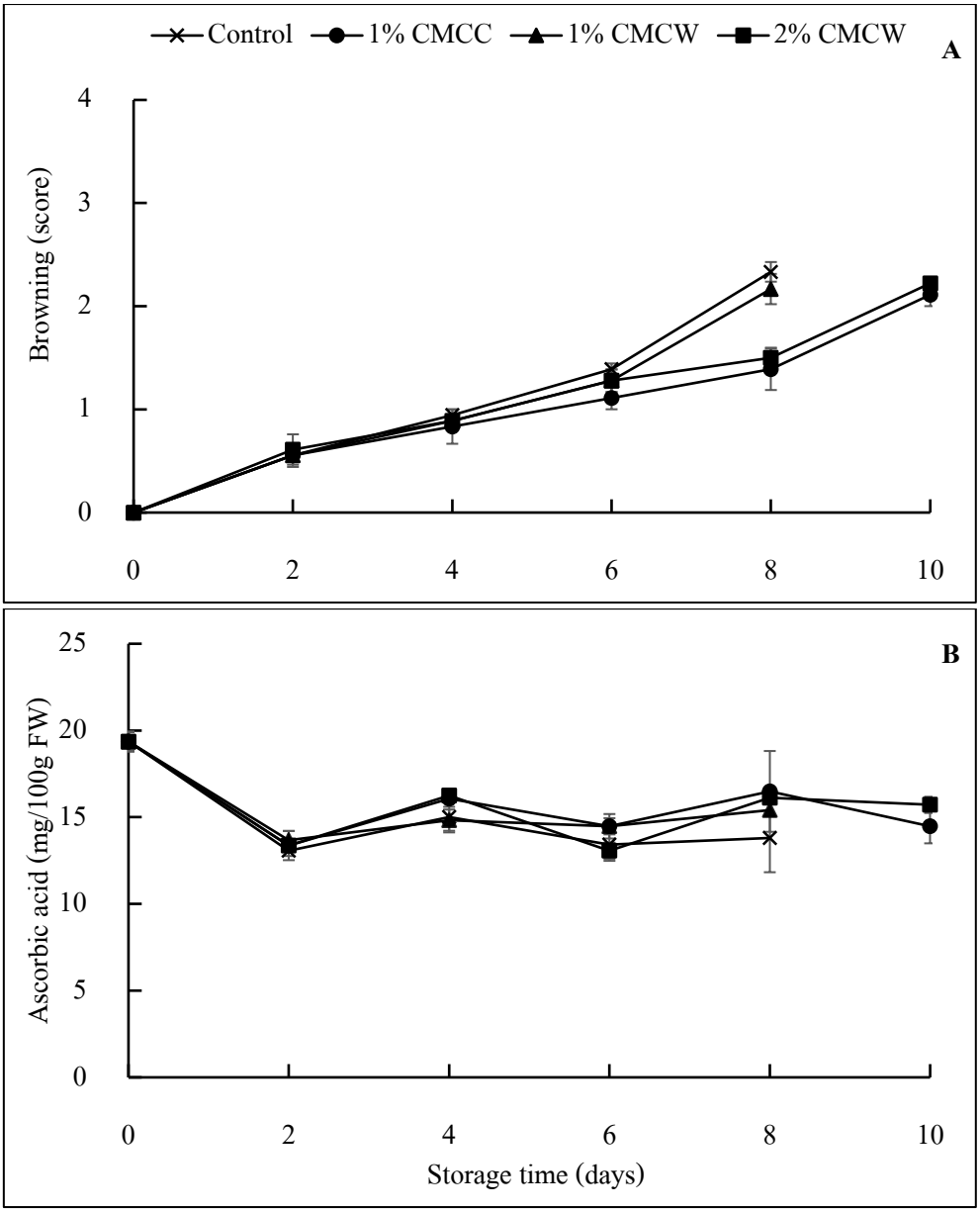
ภาพที่ 14 การสูญเสียน้ำหนัก (A) และความแน่นเนื้อของผิวเปลือก (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1 และ 2% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



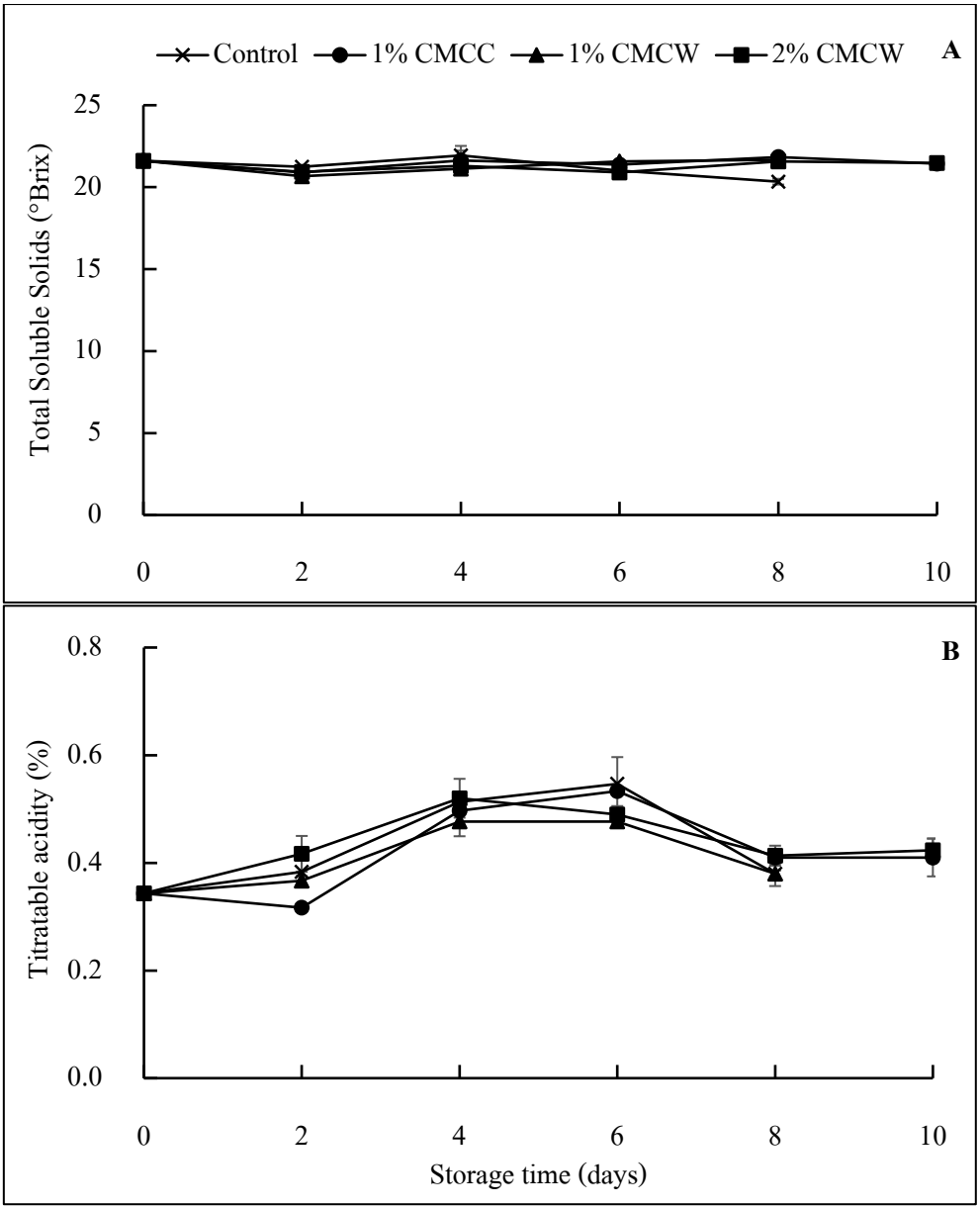
ภาพที่ 15 ค่า L* (A), a* (B) และ ค่า b* (C) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (1 และ 2% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Storage time (days)	**Treatments**			
	Control	1% CMCC	1% CMCW	2% CMCW
0				
2				
4				
6				
8				
10				

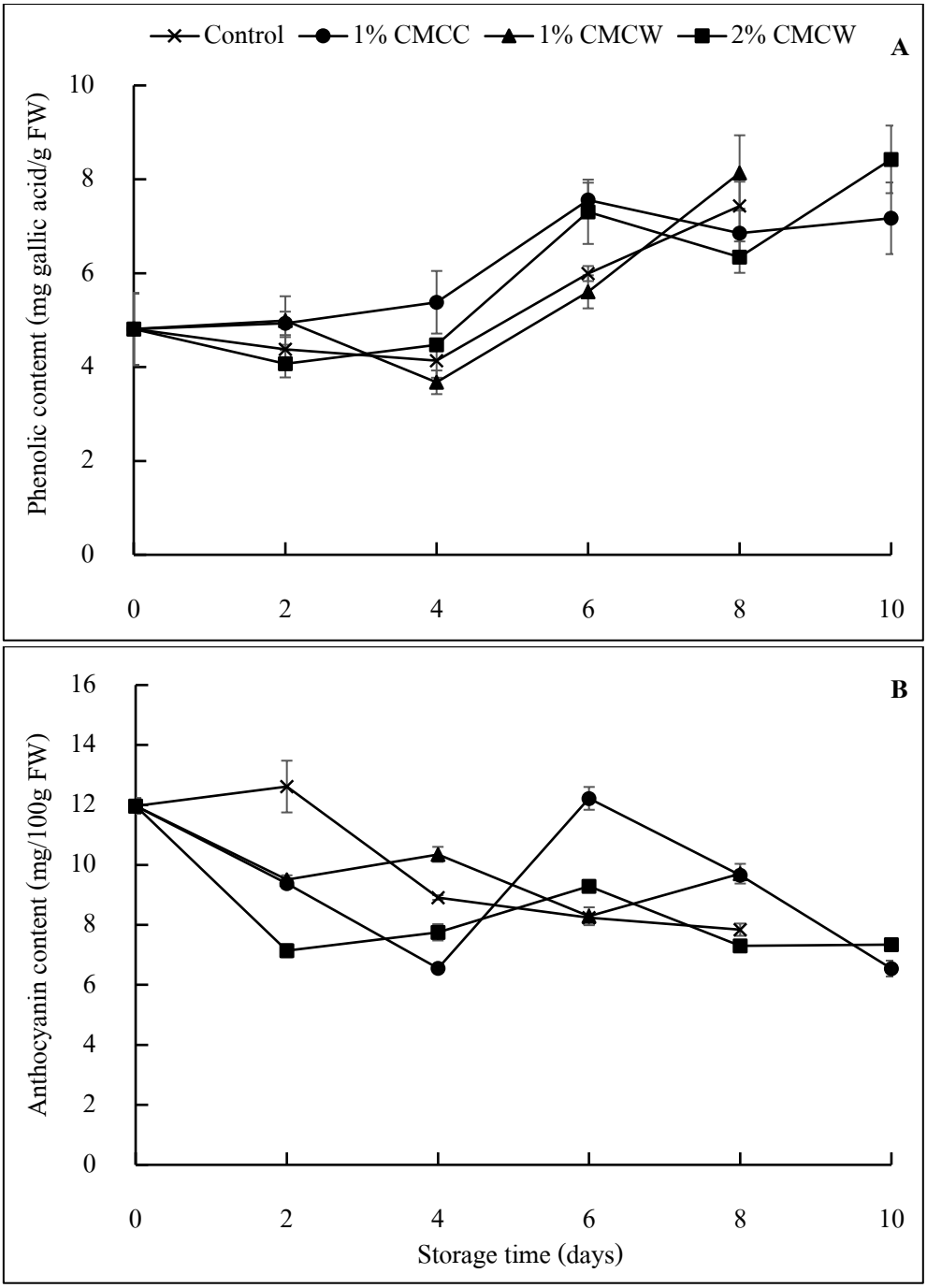
ภาพที่ 16 ลักษณะของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% CMCC) และจาจผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (1 และ 2% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



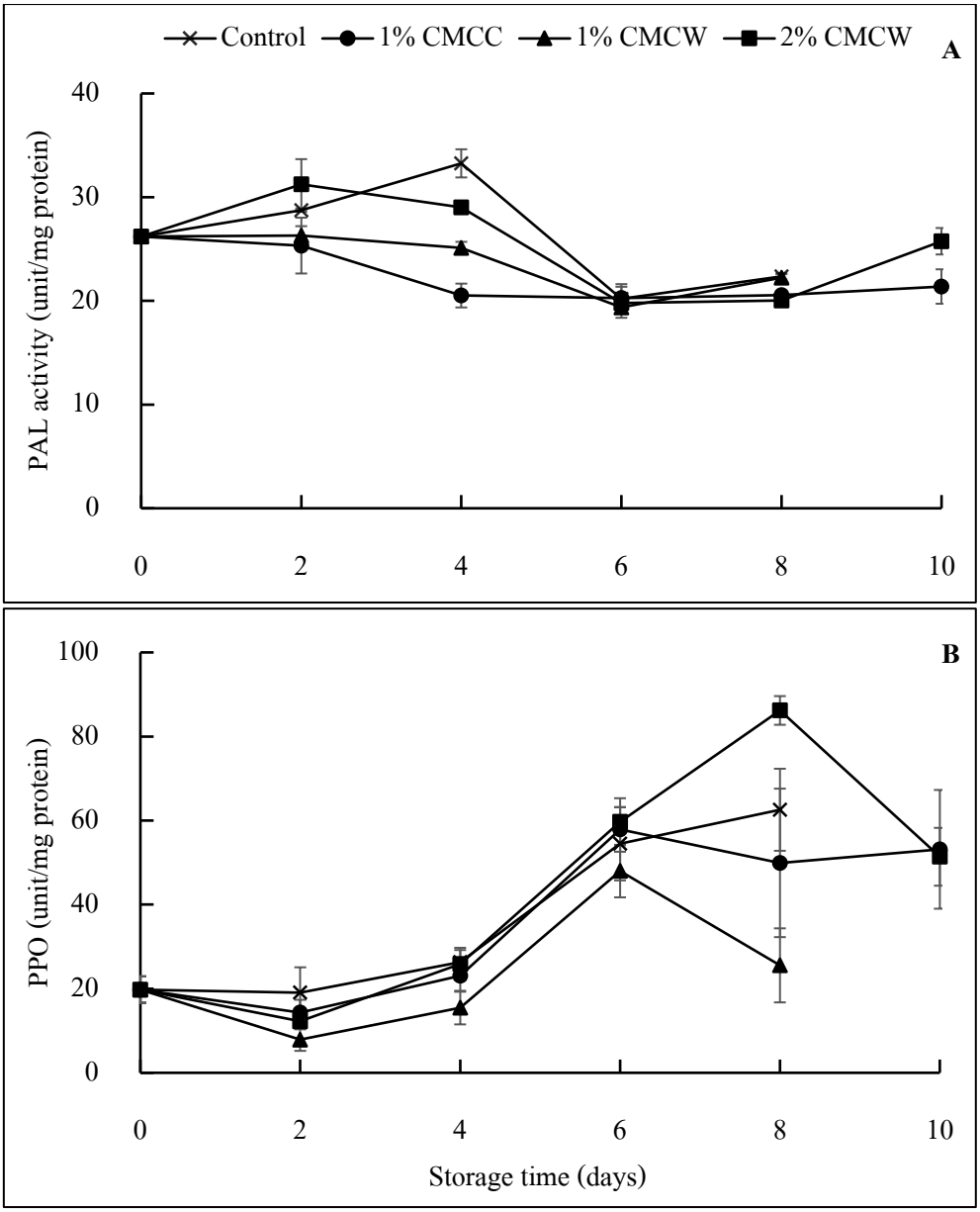
ภาพที่ 17 คะแนนการเกิดสีน้ำตาล (A) และปริมาณวิตามินซี (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (1 และ 2% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 18 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (A) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (1 และ 2% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 19 ปริมาณฟีนอลิค (A) และปริมาณแอนโทไซยานิน (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (1 และ 2% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 20 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนีลอะลานินแอมโมเนียไลเอส (A) และกิจกรรมเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1% CMCC) และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (1 และ 2% CMCW) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองที่ 3.2 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดเท่ากับ 14.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 10.21, 9.44 และ 11.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิคและกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 13.67, 12.49 และ 13.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
(ภาพที่ 21A และตารางภาคผนวกที่ 24)

2. ความแน่นเนื้อของผิวเปลือก

ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีความแน่นเนื้อลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 30.25 เป็น 28.28, 27.95, 29.70 และ 27.75 นิวตัน ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 21B และตารางภาคผนวกที่ 25)

3. สีเปลือก

ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีแนวโน้มลดลงจาก 34.94 เป็น 27.66, 27.77, 29.47 และ 28.69 ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 22A และ 23 และตารางภาคผนวกที่ 26)

ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีค่าเพิ่มขึ้นจาก

25.63 เป็น 33.97, 31.14, 29.22 และ 31.60 ตามลำดับ และทุกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 21B และ 23 และตารางภาคผนวกที่ 27)

ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีแนวโน้มลดลงจาก 22.78 เป็น 17.43, 17.84, 16.78 และ 18.49 ตามลำดับ (ภาพที่ 22C และ23 และตารางภาคผนวกที่ 18)

4. การเกิดสีน้ำตาล

ผลเงาะที่ไม่เคลือบมีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 2.33 คะแนน ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีการเกิดสีน้ำตาล เท่ากับ 1.50, 1.50 และ 1.61 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด โดยมีคะแนนเท่ากับ 2.22, 2.06 และ 2.22 ตามลำดับ (ภาพที่ 23 และ24A และตารางภาคผนวกที่ 29)

5. ปริมาณวิตามินซี

ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีปริมาณวิตามินซีลดลงจาก 19.36 เป็น 13.07, 13.37, 15.34 และ 15.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด หลังจากนั้นในวันที่ 4 และ 6 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดซาลิไซลิค มีปริมาณวิตามินซีสูงเท่ากับ 18.71 และ 17.66 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 15.01 และ 13.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิค อย่างเดียว มีปริมาณวิตามินซีค่อนข้าง

ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 13.80, 15.71, 14.83 และ 15.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ

6. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงจาก 21.60 เป็น 20.33 องศาบริกซ์ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวยังคงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกับวันเริ่มต้น โดยมีค่าเท่ากับ 21.47, 21.13 และ 22.17 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (ภาพที่ 25A และตารางภาคผนวกที่ 31)

7. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ก่อนเก็บรักษาผลเงาะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างที่เก็บรักษา โดยผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.38, 0.42, 0.42, และ 0.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 25B และตารางภาคผนวกที่ 32)

8. ปริมาณฟีนอลิค

ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณฟีนอลิคลดลงต่ำที่สุดจาก 4.81 เป็น 4.14 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด และมีค่าเพิ่มสูงที่สุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 7.73 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีปริมาณฟีนอลิคคเท่ากับ 6.34, 6.88 และ 8.39 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด และมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาโดยมีค่าเท่ากับ 8.43, 7.83 และ 8.26 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 26A และตารางภาคผนวกที่ 33)

9. ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินของผลเงาะทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว มีปริมาณแอนโทไซยานินในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (8 วัน) เท่ากับ 7.84 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด จากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 11.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวมีปริมาณแอนโทไซยานินในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (10 วัน) เท่ากับ 7.35, 7.11 และ 9.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (ภาพที่ 26B และตารางภาคผนวกที่ 34)

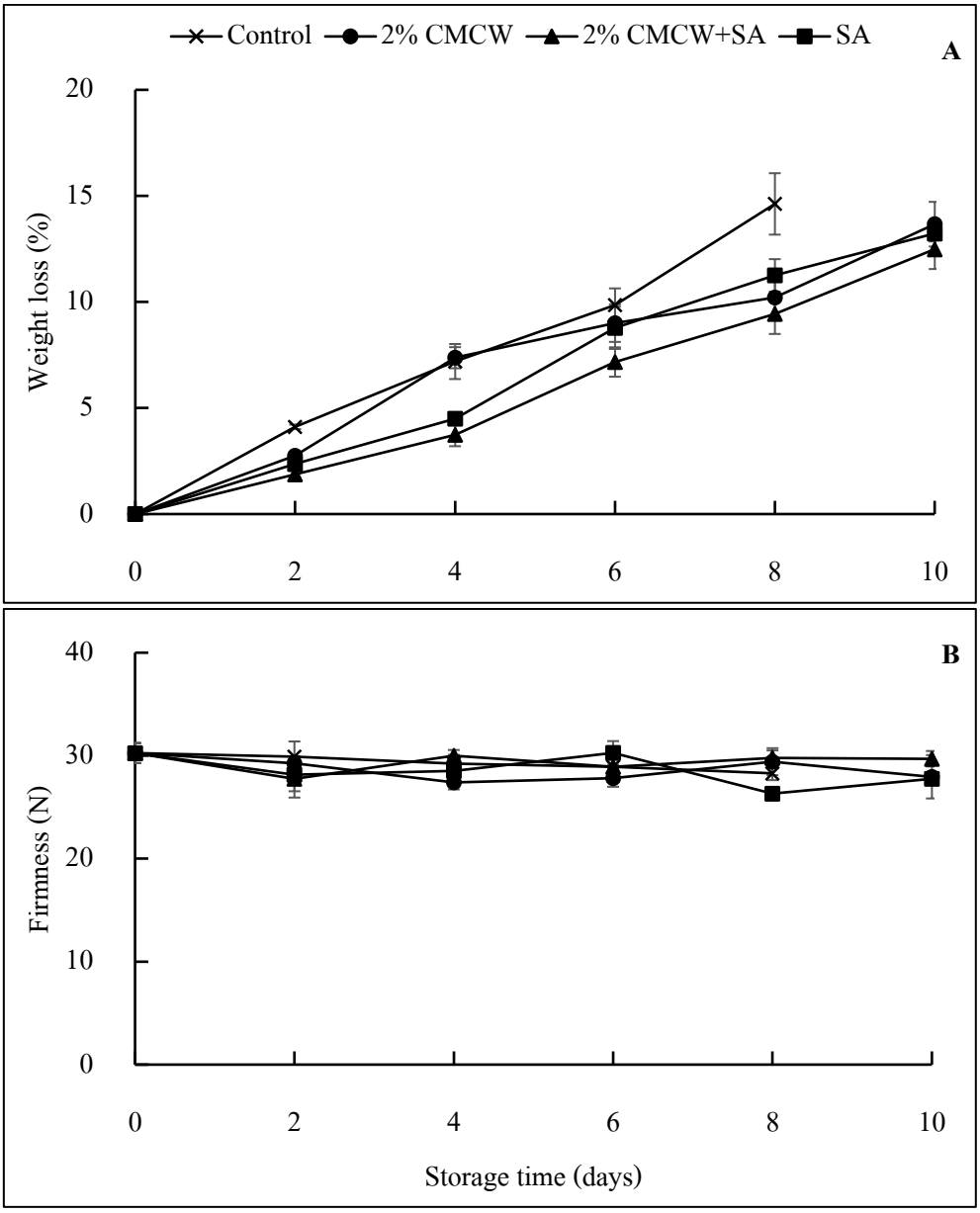
10. กิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส

ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการอื่นๆในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 33.26 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน จากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 26.20 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน รองลงมาคือ ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสเท่ากับ 29.01, 24.48 และ 21.05 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน หลังจากนั้นทุกกรรมวิธีมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสลดลงใกล้เคียงกัน โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอสเท่ากับ 22.37, 20.05, 22.24 และ 20.05 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ (ภาพที่ 27A และตารางภาคผนวกที่ 35)

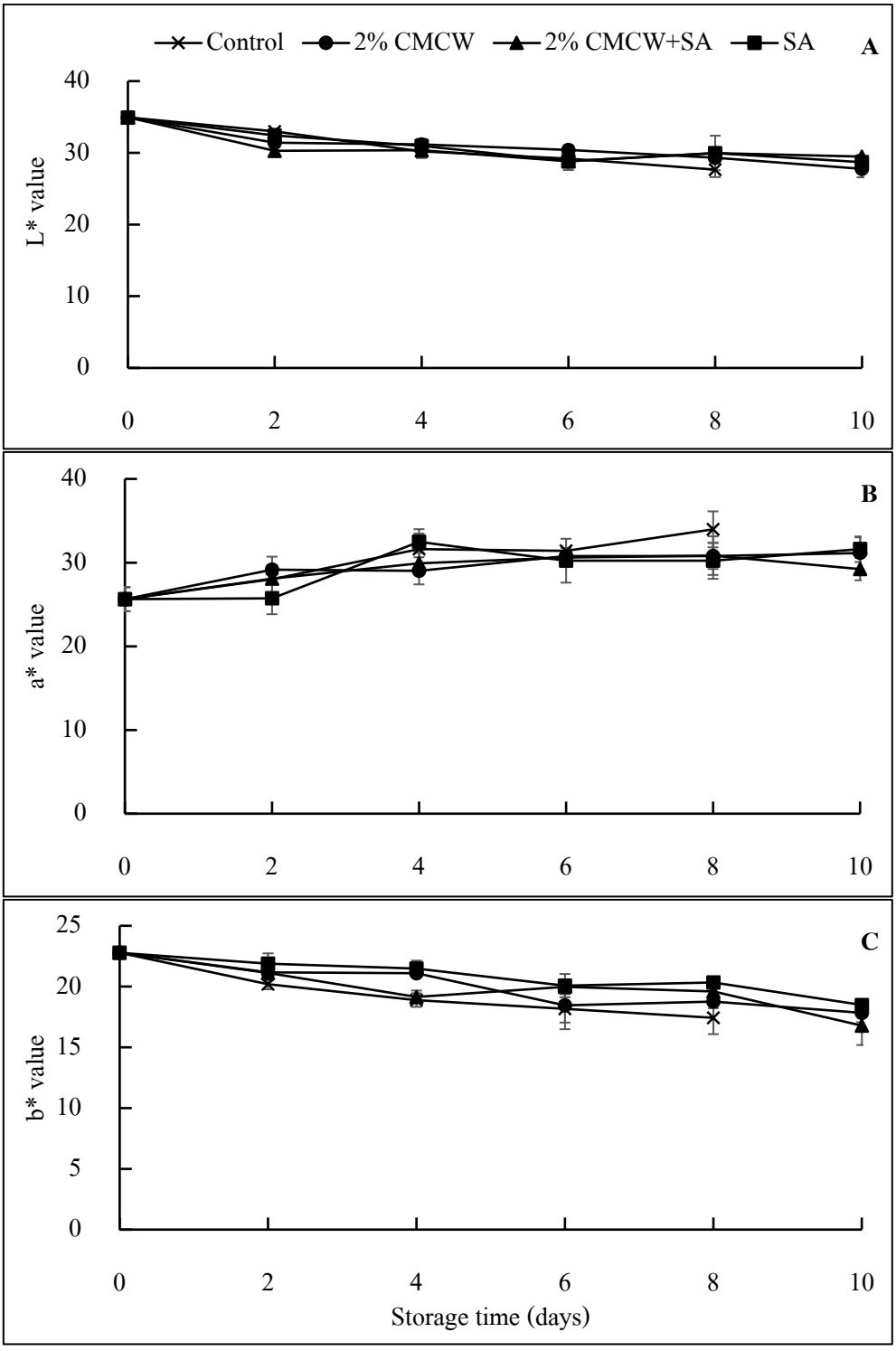
11. กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวเริ่มสูงขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 26.34 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน จากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 19.80 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวที่มีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสต่ำที่สุดเท่ากับ 8.14 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ส่วนผลเงาที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิคมีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 25.87 และ 19.17 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน

ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสสูงที่สุดเท่ากับ 86.20 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน รองลงมาคือผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว โดยมีค่าเท่ากับ 79.52 และ 65.57 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดซาลิไซลิค มีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสต่ำที่สุดเท่ากับ 57.32 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน และยังคงมีปริมาณต่ำที่สุดจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา (วันที่ 10) โดยมีค่าเท่ากับ 41.73 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ส่วนผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว มีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 51.39 และ 59.97 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ (ภาพที่ 27B และตารางภาคผนวกที่ 36)



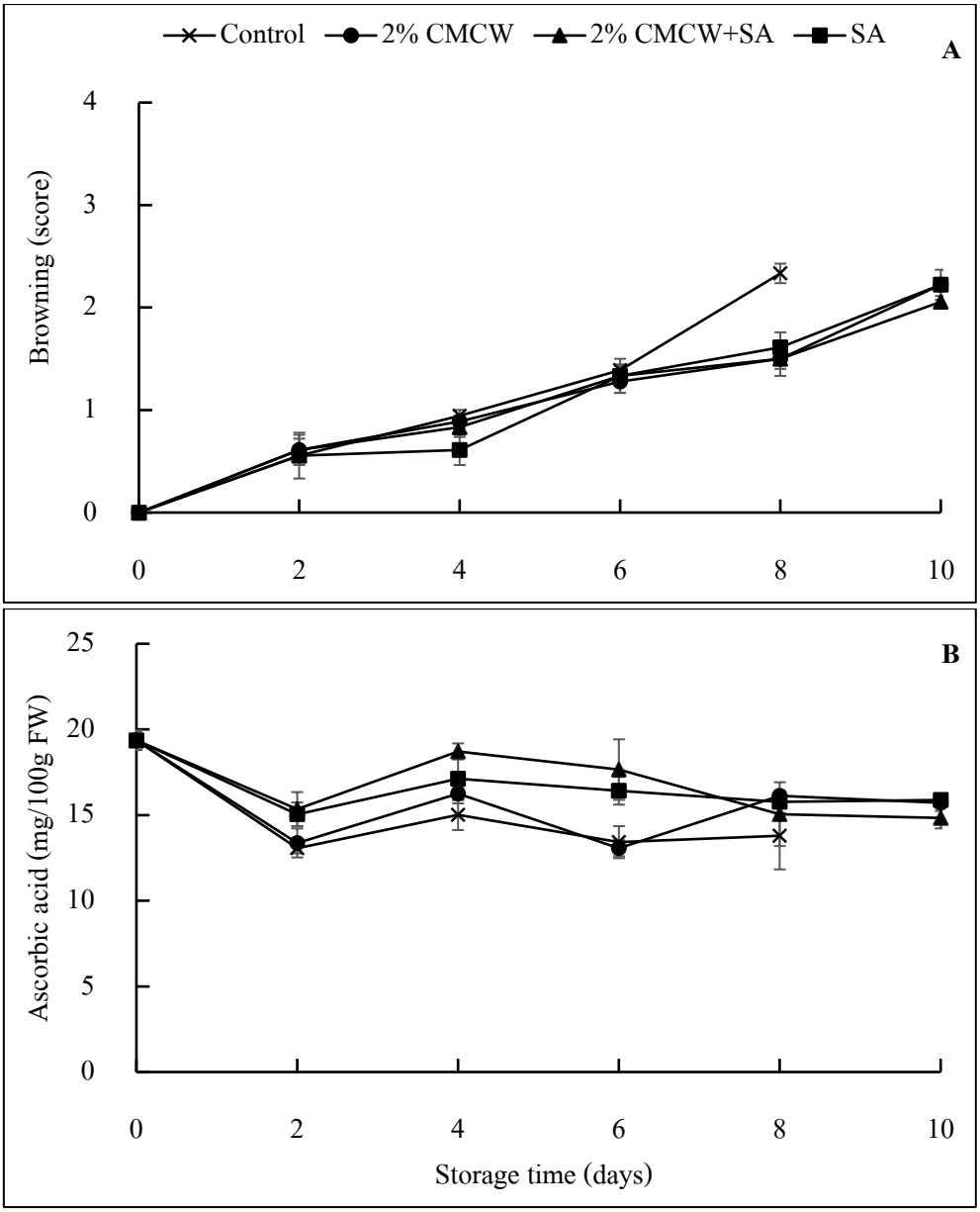
ภาพที่ 21 การสูญเสียน้ำหนัก (A) และความแน่นเนื้อของผิวเปลือก (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (2% CMCW) หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค (2% CMCW+SA) และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว (SA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



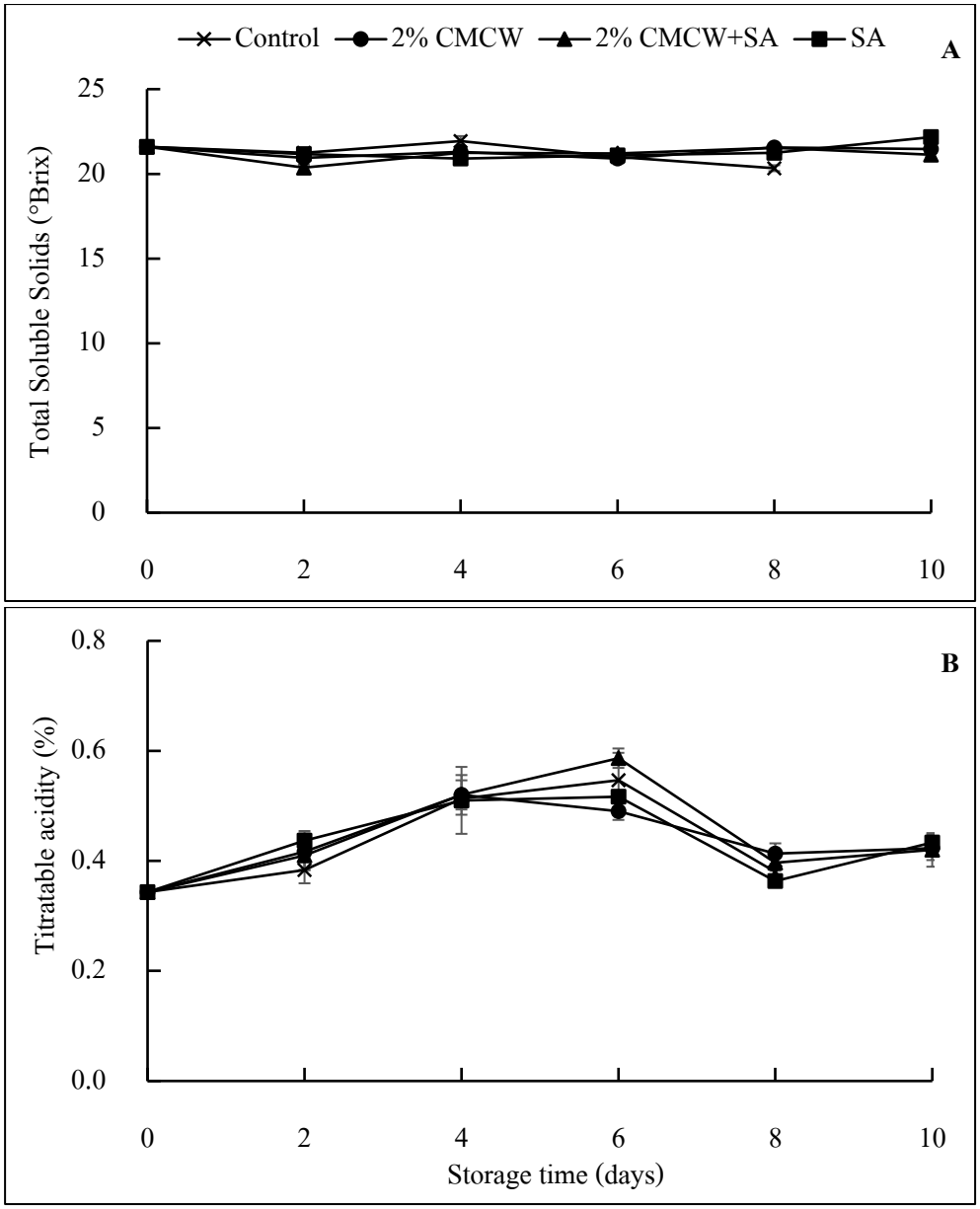
ภาพที่ 22 ค่า L* (A), a* (B) และ b* (C) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (2% CMCW) หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค (2% CMCW+SA) และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว (SA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Storage time (days)	**Treatments**			
	Control	2% CMCW	2% CMCW + SA	SA
0				
2				
4				
6				
8				
10				

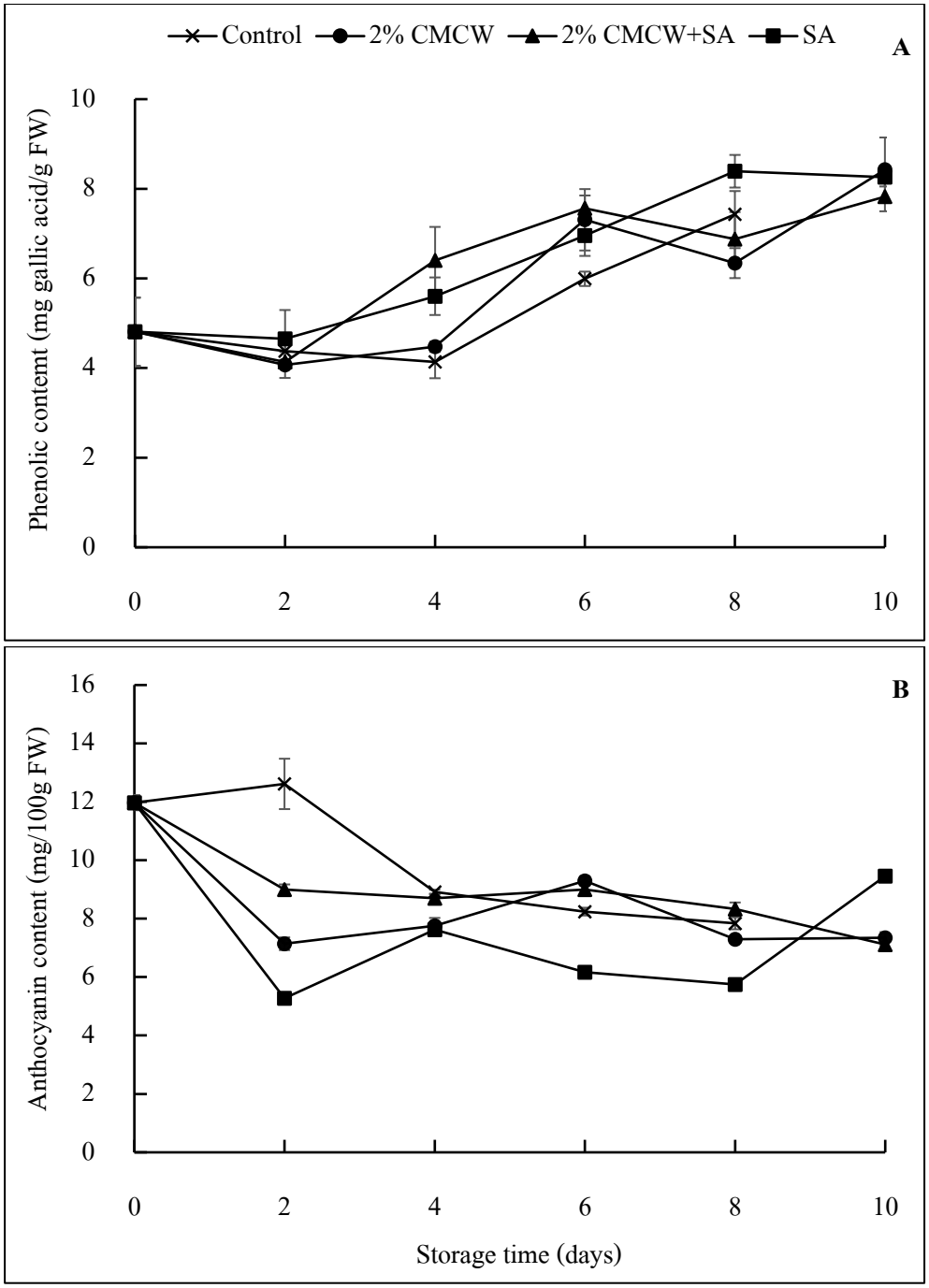
ภาพที่ 23 ลักษณะของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (2% CMCW) หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค (2% CMCW+SA) และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว (SA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



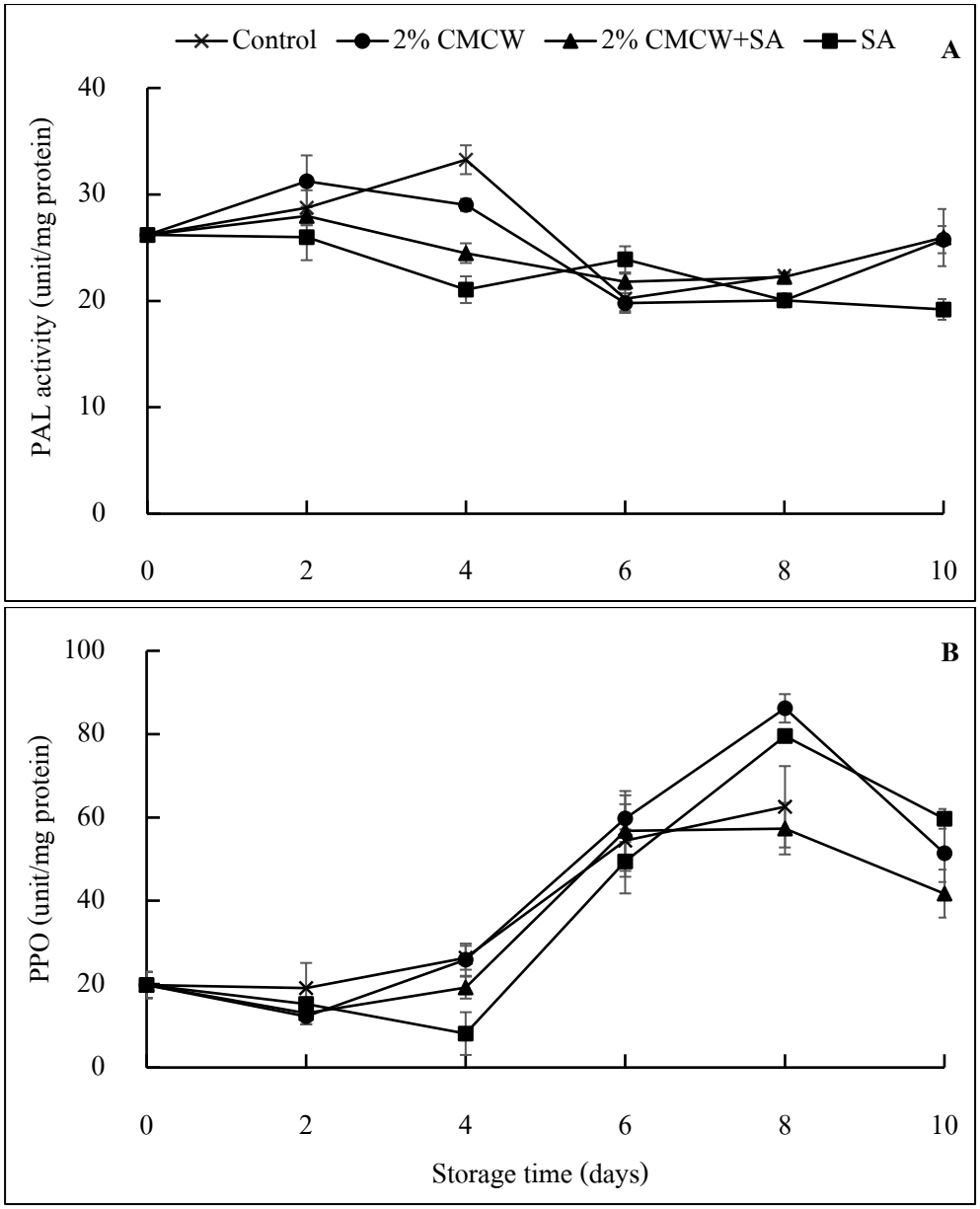
ภาพที่ 24 คะแนนการเกิดสีน้ำตาล (A) และปริมาณวิตามินซี (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (2% CMCW) หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค (2% CMCW+SA) และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว (SA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 25 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (A) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (2% CMCW) หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค (2% CMCW+SA) และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว (SA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 26 ปริมาณสารฟีนอลิค (A) และปริมาณแอนโทไซยานิน (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (2% CMCW) หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค (2% CMCW+SA) และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว (SA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 27 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนีลอะลานินแอมโมเนียไลเอส (A) และกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (B) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว (Control) และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (2% CMCW) หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค (2% CMCW+SA) และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว (SA) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 การศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เหมาะสม ต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส

เซลลูโลสจากผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาวมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสคงเหลือน้อยกว่ากรรมวิธีการอื่นๆ และมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงที่สุด แต่ไม่มีผลต่อปริมาณลิกนิน เนื่องจากสารละลายด่างมีผลในการย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิคทำให้เฮมิเซลลูโลสบางส่วนละลายน้ำได้ (Jiebing *et al*., 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของโศรดา กนกพานนท์ และคณะ (2560) พบว่า การสกัดเซลลูโลสจากมะพร้าวอ่อนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 4-10 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลง และทำให้เซลลูโลสจากเปลือกมะพร้าวอ่อนมีความบริสุทธิ์ขึ้น ส่วนปริมาณลิกนินมีค่าค่อนข้างคงที่ เมื่อนำเซลลูโลสจากผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ มาทำการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์พบว่า ปริมาณลิกนินมีค่าลดลง แต่ยังคงมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสเจือปนอยู่บางส่วน ซึ่งตรงข้ามกับการทดลองของ Kampeerapappun (2015) พบว่าเซลลูโลสจากเปลือกมะพร้าวที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วทำการฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรท์ จะทำให้ปริมาณลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสลดลง ดังนั้นความบริสุทธิ์ของเซลลูโลสจึงขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีที่เหมาะสม ส่วนค่า L* ของเซลลูโลสจากผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว มีค่าลดลดเมื่อเทียบกับเซลลูโลสก่อนการสกัด อาจเกิดจากการเสื่อมสลายขององค์ประกอบของผนังเซลล์ และสารแทรก (Sun *et al*., 2005) แต่หลังจากการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์พบว่าเซลลูโลสจากผักตบชวามีค่า L* เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาวิธีการสกัดเซลลูโลสจากผักตบชวาที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสพบว่า การสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีความบริสุทธิ์ของเซลลูโลสค่อนข้างสูง อีกทั้งยังประหยัดเวลา และลดการใช้สารเคมี

ผลของการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาเปรียบเทียบกับคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้าพบว่า มีปริมาณร้อยละของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้นจากเซลลูโลสเริ่มต้น สุจัยพรรณ เข็มแก้ว และสุปราณี แก้วภิรมย์ (2559 รายงานว่า ร้อยละของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการแทนที่ของหมู่คาร์บอกซีเมทิลบนสายเซลลูโลส จึงทำให้น้ำหนักของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น

ซึ่งจากการตรวจสอบหมู่ฟังค์ชันด้วยเครื่อง FT-IR พบว่า ในช่วงคลื่น 1300-3600^{cm-1} แสดงถึงหมู่ไฮโดรคาร์บอน (H-C), คาร์บอนิล (C=O) และไฮดรอกซิล (OH) เพราะกระบวนการสังเคราะห์เซลลูโลสเป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส มีการเติมหมู่ฟังค์ชันคาร์บอกซิล (COOH) ลงไปในโครงสร้างนั่นเอง เมื่อตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากกล้อง SEM พบว่า คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวามีลักษณะพื้นผิวขรุขระ ขนาดใหญ่ไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้ามีพื้นผิวเรียบเนียน ขนาดเล็กสม่ำเสมอ เนื่องจากเซลลูโลสจากผักตบชวาที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ฟอกขาว ยังคงมีลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสเจือปนอยู่บางส่วน เมื่อนำไปสังเคราะห์เป็นคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจึงทำให้โครงสร้างไม่เรียบเนียน จากการวัดค่าความหนืดของสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาพบว่า มีความหนืดน้อยกว่าสารละลายคาร์บอกซีเมธิเซลลูโลสทางการค้า และความหนืดจะเพิ่มตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น อาจเป็นเพราะคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้ามีขนาดเล็กจึงมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูง ดังนั้นค่าความหนืดจึงสูง

5.2 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และคาร์บอกซีเมธิลลูโลสทางการค้าต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 3 วันที่เก็บรักษา และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ประกายดาว ยิ่งส่า และคณะ (2561) พบว่า การเคลือบผลเงาะด้วยเจลว่านหางจระเข้ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว เนื่องจากเงาะมีปากใบจำนวนมาก ทำให้มีการคายน้ำสูง ผลเงาะจึงมีการสูญเสียน้ำหนักมาก โดยทั่วไปความแน่นของผลไม้ได้เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำและองค์ประกอบของ turgor และผนังเซลล์ (Sam, 1999) จากการศึกษาพบว่า ผลเงาะทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำในปริมาณมาก ทำให้เปลือกเหนียวขึ้น นอกจากนี้การสูญเสียน้ำยังสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากการสูญเสียน้ำทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพ และเกิดการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก กลายเป็นสารสีน้ำตาล (Landrigan *et al*., 1996) จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีโดยพบว่า ค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a* ค่อนข้างคงที่ ซึ่งอยู่ในโทนสีน้ำตาล จากการศึกษาพบว่า ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มี

คะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นไปได้ว่าสารเคลือบผิวไปปิดปากใบมีผลต่อปริมาณแก๊สออกซิเจน จึงลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกได้

ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มในการชะลอการสูญเสียวิตามินซี Fakhouri *et al*. (2014) รายงานว่า ผลสตรอเบอร์รี่ที่เคลือบผิวมีการสูญเสียวิตามินซีน้อยกว่าผลสตรอเบอร์รี่ ที่ไม่เคลือบผิว เนื่องจากการเคลือบผิวช่วยควบคุมการซึมผ่านของก๊าซทำให้แก๊สออกซิเจนลดลง ทำให้ลดการเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี สำหรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่

5.3 การศึกษาผลของคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสและกรดซาลิไซลิค ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Jafarizadeh *et al*. (2011) พบว่า กล้วยที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากล้วยที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นความเข้มข้นของสารเคลือบผิวจึงมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก จากการทดลองที่ 1 จะเห็นได้ว่า ความหนืดของสารละลายคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น ดังนั้นสารเคลือบผิวที่มีความหนืดมากจะทำให้มีความหนาแน่นสูง น้ำจึงระเหยออกจากผลิตผลได้น้อย จากการศึกษายังพบว่าผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เนื่องจากคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้ามีความหนืดมากกว่าคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา

ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ใกล้เคียงกับผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลเงาะที่เคลือบด้วยกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ เพียงอย่างเดียว มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลเงาะที่เคลือบด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เพียงอย่างเดียว ดังนั้นเมื่อนำมาใช้ร่วมกันจึงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว สอดคล้องกับการทดลองของ

Rasouli *et al*. (2019) พบว่า การเคลือบผิวส้มด้วยเจลว่านหางจระเข้ ร่วมกับกรดซาลิไซลิค สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการใช้เจลว่านหางจระเข้ หรือกรดซาลิไซลิคเพียงอย่างเดียว เนื่องจากกรดซาลิไซลิคไปกระตุ้นการปิดปากใบ และช่วยลดอัตราการหายใจ (Shafiee *et al*., 2010) ส่วนการเคลือบผิวมีคุณสมบัติคล้ายกับการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำ และควบคุมการผ่านเข้า-ออกของแก๊สได้ ดังนั้นเมื่อนำมาใช้ร่วมกันจึงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ PAL, PPO และสารประกอบฟีนอลิค โดยเอนไซม์ PAL ทำหน้าที่เปลี่ยนสารฟีนิลอะลานิน (phenylalanine) ให้เป็นกรดชินนามิก (cinnamic acid) ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบฟีนอลิคต่างๆ ส่วนเอนไซม์ PPO ทำหน้าที่ออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลิคให้เป็นควินโนน (quinone) และเกิดการรวมตัวกันเป็นสารสีน้ำตาล (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) Landrigran *et al*. (1996) รายงานว่า การเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการสูญเสียน้ำในปริมาณมากจะทำให้โครงสร้างของเซลล์เสียสภาพ สารประกอบฟีนอลิคมีโอกาสทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO ได้มากขึ้น (Toivonen and Brummell, 2008) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว เมื่อวัดกิจกรรมเอนไซม์ PPO พบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว Bertrand *et al*. (2015) พบว่า ผลแอปเปิ้ลตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เคลือบผิวสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล และกิจกรรมเอนไซม์ PPO ได้ เช่นเดียวกับการเคลือบลิ้นจี่ด้วยไคโตซาน เนื่องจากการเคลือบผิวสามารถจำกัดปริมาณแก๊สออกซิเจน ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารฟีนอลิคด้วยเอนไซม์ PPO ลดลง (Zhang and Quantick., 1997) เมื่อวัดปริมาณฟีนอลิคพบว่า ผลเงาะที่เคลือบผิวมีปริมาณฟีนอลิคค่อนข้างสูง ชี้ให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลิคของผลเงาะที่เคลือบผิวไม่ได้ถูกนำไปใช้ในขณะที่ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณฟีนอลิคค่อนข้างต่ำ และกิจกรรมเอนไซม์ PAL มีค่าสูง อาจเป็นเพราะเกิดการออกซิไดสซ์สารประกอบฟีนอลิคมาก ทำให้ปริมาณฟีนอลิคลดลง ดังนั้นจึงมีการสร้างกรดชินนามิกเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้สารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้เอนไซม์ PAL เพิ่มสูงขึ้น

ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว เนื่องจากมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO และ PAL ค่อนข้างต่ำ และมีการสะสมสารฟีนอลิคสูง Shi *et al*. (2018) พบว่า การใช้กรดซาลิไซลิคอย่างเดียว หรือร่วมกับสารเคลือบผิวไคโตซานในองุ่นมีปริมาณฟีนอลิคเพิ่มขึ้น เพราะการเคลือบผิว และการใช้กรดซาลิไซลิคทำให้มีระดับแก๊สออกซิเจนต่ำ จึงสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้ ส่วน Peng and Jiang (2006) พบว่า การใช้กรดซาลิไซลิคสามารถยั้บยั้งกิจกรรมเอนไซม์ PAL ในเกาลัดจีนได้ และยังลดกิจกรรมเอนไซม์ PPO ได้ดีกว่าเกาลัดจีนที่ไม่ได้ใช้กรดซาลิไซลิค

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอาจมีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของผักและผลไม้ (Dong, 1990) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินในทุกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลเงาะ โดยค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลเงาะมีสีคล้ำขึ้น ซึ่งเป็นเพราะผลเงาะมีการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือก โดยผลเงาะที่มีการเคลือบผิวยังคงมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว เพราะมีการเกิดสีน้ำตาลช้ากว่า

วิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้มักพบในผักและผลไม้ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของปริมาณวิตามินซีคือ แก๊สออกซิเจน ความร้อน แสง ความชื้น และระยะเวลาในการเก็บรักษา (ฉัตรชัย ไตรทอง, 2552) จากการศึกษาพบว่า ทุกกรรมวิธีปริมาณวิตามินซีลดลงในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีปริมาณค่อนข้างคงที่ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับผลเงาะที่เคลือบด้วยกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับรายงานของ Huang *et al*. (2008), Sayyari และคณะ (2009) และ Shi *et al*. (2018) พบว่า การใช้กรดซาลิไซลิคในส้ม ทับทิม และองุ่นสามารถชะลอการสลายตัวของวิตามินซีได้ Shafiee *et al*. (2010) รายงานว่า การใช้กรดซาลิไซลิคช่วยเพิ่มการสังเคราะห์วิตามินซีโดยการเพิ่มกิจกรรมแอสคอร์เบส เพอร์ออกซิเดส (ascorbate peroxidase) และลดกระบวนการแคตาบอลิซึมซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนรูปของกรดแอสคอร์บิก เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (dehydroascorbic) มากขึ้น นอกจากนี้การเคลือบผิวช่วยจำกัดปริมาณแก๊สออกซิเจน อาจมีส่วนทำให้ลดการเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (8 วัน) เนื่องจากเงาะเป็นผลไม้ประเภทนอนไคลแมคเทอริค ซึ่งสะสมอาหารในรูปกรดอินทรีย์ ดังนั้นภายหลังจากการเก็บเกี่ยวปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จึงมีค่าลดลง เนื่องจากมีการใช้น้ำตาลในกระบวนการหายใจ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) ส่วนการเคลือบผิวสามารถชะลอกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆภายในเซลล์ได้ จึงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่า ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลเงาะทุกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างที่เก็บรักษา อาจเป็นไปได้ว่ากิจกรรมบางอย่างในกระบวนการหายใจเปลี่ยนแปลงไป จนทำให้เกิดการสะสมกรดอินทรีย์ขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

ความแน่นเนื้อของผิวเปลือกของผลเงาะที่เคลือบผิวทุกรรมวิธี และผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีค่าใกล้เคียงกับวันเริ่มต้น ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับการทดลองที่ 2 ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลเงาะมีการสูญเสียน้ำหนักในปริมาณมาก ทำให้เปลือกเหนียวขึ้น ค่าความแน่นเนื้อจึงสูง ในการทดลองนี้ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวจะมีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลเงาะที่เคลือบผิวแต่ยังคงมีปริมาณน้อยกว่าผลเงาะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นความแน่นเนื้อจึงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

1. เซลลูโลสจากผักตับชวาที่ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสมากที่สุด โดยมีปริมาณเซลลูโลส และแอลฟาเซลลูโลสสูง และสามารถกำจัดเฮมิเซลลูโลสได้มากที่สุด

2. การเคลือบผิวเงาะพันธุ์โรงเรียนด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซี และลดการเกิดสีน้ำตาล แต่ไม่มีผลในการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และรักษาความแน่นเนื้อของผิวเปลือก

3. การเคลือบผิวเงาะพันธุ์โรงเรียนด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาลได้ใกล้เคียงกับคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุการเก็บรักษานาน 10 วัน ในขณะที่ผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน เท่ากับผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว

4. การเคลือบผิวเงาะพันธุ์โรงเรียนด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ร่วมกับกรดซาลิไซลิค ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ลดการเกิดสีน้ำตาล รักษาปริมาณวิตามิซี และลดกิจกรรมเอนไซม์ PAL และ PPO โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 10 วัน ในขณะที่ผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2534. **ปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้เพื่อการส่งออก**. กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามาศ กลิ่นโซดา. 2559. "สารเคลือบผิวอาหารกับการประยุกต์ใช้ในผักและผลไม้." **วารสารอาหาร**. 46(1) : 33-37.

ฉัตรชัย ไตรทอง. 2552. "วิตามินซี." **วารสารแพทยสารทหารอากาศ**. 55(1) : 32-41.

เฉลิมชัย วงษ์อารี และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2555. **การเก็บรักษาเงาะเพื่อการส่งออก**. [Online]. Available : http://www.phtnet.org/2012/02/115/

ณัฏฐ์ธวดี จินาพันธ์, เจิมขวัญ สังข์สุวรรณ, สุทธิรา สุทธสุภา และสุพัฒน์ ค้าไทย. 2555. "คุณสมบัติของฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเยื่อฟางข้าว." **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 43 : 616-620.

ประกายดาว ยิ่งสง่า, พงศ์พล เต็มศรี, พิชย์ชัย ทองนวรัตน์, สุทธินาถ สุขสวัสดิ์ชน และทรงชล กระแสสินธุ์. 2561. "การประยุกต์ใช้เจลว่านหางจระเข้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะโรงเรียน." **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 49(2พิเศษ) : 521-524.

ปราณี รัตนวลีดิโรจน์, ศรีไฉล ขุนทน และโสภณ เริงสำราญ. 2542. "การเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย." ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์**. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธุ์พืชขึ้นทะเบียน. 2545. **ฝ่ายพันธุ์พืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร**. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร.

พันธิตร์ มะลิสุวรรณ. 2549. **การปลูกเงาะปลอดสารพิษและวิธีเพิ่มผลิตผล**. กรุงเทพฯ : ยูทิไลซ์.

พูนทรัพย์ พาติกะบุตร และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2544. "ผลของความชื้นสัมพัทธ์และสารเคลือบผิวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พรชัย ราชตนะพันธุ์, ศิรญา สุนทรอำไพ และศรินทร์ทิพย์ ธนัคฆเศรณี. 2551. “การประยุกต์ใช้คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอในการเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 39(3พิเศษ) : 74-82.

พรชัย ราชตนะพันธุ์, สุวพร เหลืองขมิ้น, กฤติกา ตันประเสริฐ และรุ่งศิริ สุริยเต็ม. 2554. “การสังเคราะห์และการตรวจลักษณะของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน” ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภานุมาศ ฤทธิไชย, เยาวพา จิระเกียรติกุล, รัชชพร เรืองศรี และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. 2555. “ผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และสารต้านอนุมูลอิสระระของดอกชมจันทร์.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 20(4) : 339-347.

วิทวัส จิรัฐพงศ์ และกฤษณเวช ทรงธนศักดิ์. 2554. “การศึกษาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินจากของเหลือทิ้งจากพืชเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ.” ใน **การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21**. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โศรดา กนกพานนท์, ชารีฟ อินทพันธ์ และอภิตา บุญศิริ. 2560. การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากเปลือกมะพร้าวอ่อน. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์** 4(4) : 60-65.

สมัคร แก้วสุกแสง และนพรัตน์ ทัดมาลา. 2558. “การรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะพันธุ์โรงเรียนและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยการเคลือบผิว Carboxymethyl Cellulose.” **วารสารแก่นเกษตร**. 43(1พิเศษ) : 818-822.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. 2536. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว**. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สายชล เกตุษา. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ.

สุจัยพรรณ เข็มแก้ว และสุปราณี แก้วภิรมย์. 2559. “ผลของกลีเซอรอล และเพค-10 ไดเมทิโคนต่อสมบัติของฟิล์มชีวภาพ จากเปลือกทุเรียน.” **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**. 12(2) : 11-21.

สุวรรณา บุญญาวงษ์ วาริช ศรีละออง หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรไกล และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2550. “ผลของ Salicylic acid ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 38(5พิเศษ) : 78-81

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2529. “วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะ มังคุดและทุเรียน.” **วารสารเคหการเกษตร**. 10(114) : 37-41.

โสภณ เริงสำราญ, ปราณี รัตนวลีดิโรจน์ และศรีไฉล ขุนทน. 2541. “การสังเคราะห์คาร์บอกซี

เมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย.” สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. **ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเงาะ.** [Online]. Available : http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php.

อภิชา เกตุโรจสกุล. 2558. “การศึกษาคุณสมบัติของเซลลูโลสจากต้นข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อการพัฒนาเป็นสารเคลือบสำหรับผลไม้:กรณีศึกษากับมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์4.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อภิชาต ศรีสะอาด และพัชรี สำโรงเย็น. 2561. **สร้างเงินล้านง่ายๆด้วยผักตับชวา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : นาคา อินเตอร์มีเดีย.

Adetunji, C.O., Arowora K.A., Fawole, O.B., Adetunji J.B. and Olagbaju, A. 2013. “Effect of edible coatings of carboxymethyl cellulose and corn starch on cucumber stored at amient temperature.” **Asian Journal of Agriculture and Biology**. 1(3) : 133-140.

Aghdam, M.S., Motallebiazar,A. Mostofi,Y., Moghaddam, J.F. and Ghasemnezhad, M. 2011. “Methyl salicylate affects the quality of Hayward kiwifruit during storage at low temperature.” **Journal of Agricultural Science**. 3(2) : 149-156.

Ambjörnsson, H. A., Schenzel, K. and Germgård, U. 2013. “Carboxymethyl cellulose produced at different mercerization conditions and characterized by NIR FT Raman spectroscopy in combination with multivariate analytical methods.” **BioResources**. 8 : 1918-1932.

AOAC. 1990. **Official methods of Analysis**. 13th ed. Washington D.C.

Arnonac, H., Zaitsev, Y., Porat, R. Poverenova, E. 2014. “Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit.” **Postharvest Biology and Technology**. 87 : 21-26.

Asghari, M., Aghdam, M.S. 2010. “Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops.” **Trends in Food Science & Technology**. 21 : 502-509.

Assis, J.S., Maldonado, R., Muñoz, T., Escribano, M.I., Merodio, C. 2001. “Effect of high carbon dioxide concentration on PAL activity and phenolic contents in ripening cherimoya fruit.” **Postharvest Biology and Technology**. 23 : 33-39.

Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A. and Khosroshahi, A. 2007. “Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit.” **Food Chemistry**. 105 : 449-453.

Baldwin, E.A. 2007. “Surface treatments and edible coatings in food preservation.” 477-508. In Rahman, M. S. **Handbook of food preservation**. 2nd ed. London : Taylor & Francis Group.

Beaudry, R.M. 1999. "Effect of O_2 and CO_2 partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality." **Postharvest Biology and Technology**. 15 : 293-303.

Bertrand, C., Raposo, M.F., Rui M. S. C Morais, Morais, A.M.M.B. 2015. "Effects of different edible coatings on polyphenol oxidase activity and colour of fresh-cut apple during cold storage." **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**. 5(2) : 91-104.

Bono, A., Ying, P.H., Yan, F.Y., Muei, C.L. Sarbatly, R. and Krishnaiah, D. 2009. "Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Palm Kernel Cake. **Advances in Natural and Applied Sciences**. 3 : 5-11.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dry binding. **Analytical Biochemistry**. 72 : 248-254.

Chumee, J. and Seeburin, D. 2014. "Cellulose extraction from pomelo pell:synthesis of carboxymethyl cellulose." **International Journal of Innovative Research in Science and Engineering**. 8(5) : 435-437.

Dhall, R.K. 2013. "Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetable: a review." **Critical Review Food Science.** 53(5) : 435-450.

Dong, J.H. 1990. "The browning of several tropical fruit and their polyphenol oxidases." **Tropic. Crops Res**. 2 : 92–99.

Fakhouri, F.M., Casari A.C.A., Mariano, M., Yamashita, F., Innocnentini Mei, L.H., Soldi, V. and Martelli, S.M. 2014. "Effect of a gelatin based edible coating containing cellulose nanocrystals (CNC) on the quality and nutrient retention of fresh strawberries during storage." **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. 64: 1-6.

Forato, L,A., De Brittob D., De Rizzoa S.J., Gastaldia A.T., Assisa, O.B.G. 2015. "Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas." **Food Packaging and Shelf Life**. 5 : 68-74.

Goering, H. K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, prosedures and some applications). **USDA Agricultural Handbook No. 379**.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. "Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review." **Environmental and Experimental Botany**. 68 : 14-25.

He, Q. and Luo, Y. 2007. "Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce**." Stewart Postharvest Review**. 3(6) :1-7

Huang, R., Xia, R., Lu, Y., Hu, L., Xu, Y. 2008. "Effect of pre-harvest salicylic acid spray treatment on post-harvest antioxidant in the pulp and peel of 'Cara cara' navel orange (*Citrus sinenisis* L. Osbeck)." **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 88 : 229–236.

Jafarizadeh, . Osman, H.A., Tan, C.P. and Rahman, R.A. 2011. "Evaluation of effectiveness of three cellulose derivative-based edible coatings on changes of physico-chemical characteristics of 'Berangan' banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) during storage at ambient conditions." **International Food Research Journal**. 18(4) : 1381-1386.

Jiebing, L., Gunnar, H., Göran, G. 2007. "Lignin depolymerization/repolymerization and its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion." **Bioresource Technology**. 98 : 3061-3068.

Kader, A.A., Kasmire, R.F., Mitchell, F.G., Reld, M.S., Sommer, N.F. and Thomson J.F. 1985. **Postharvest Technology of Horticultural Crops.** California.

Kader, A.A. 2002. **Postharvest technology of horticultural Crops**. 3rd ed. The Regents of University of Carifornia Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311.

Kader, A.A. and Watkins, C.B. 2000. "Modified atmosphere packaging toward 2000 and beyond." **Hort Technology**. 10(3) : 483-486.

Kampeerapappun, P. 2015. "Extraction and Characterization of Cellulose Nanocrystals Produced by Acid Hydrolysis from Corn Husk." **Journal of Metals, Materials and Minerals**. 25(1) : 19-26.

Kerch, G. 2015. "Chitosan films and coating prevent loses of fresh fruit nutritional quality:a review." **Journal of Food Science**. 46 : 159-166.

Kondo, S., Posuya, P. and Kanlayanarat, S. 2001. "Changes in physical characteristics and polyamines during maturation and storage of rambutans." **Scientia Horticulturae.** 91 : 101-109.

Laksmi, L.D.S., Lam, P.F., Mendoza, D.B., Jr. Kosiyachinda, S. and Leong, P.C. 1987. "Status of the rambutan industry in ASEAN." 1-8. In Lam, P.F. and Kosiyachinda, S**. ASEAN Food Handling Bureau**. Kuala Lumpur, Malaysia .

Lam, P.F. and Kosiyachinda, S. 1987. "Rambutan: Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. **AESAN Food Handling Bureau.** Wisconsin-Madison.

Landrigan, M., Moriris, S.C. and McGlasson, B.W. 1996. Postharvest browning of rambutan is a consequence of water loss. **American Society for Horticultural Science.** 121(4) : 730-734.

Li, W., Zeng, J. and Shao, Y. 2018. "Rambutãn—Nephelium lappaceum." **Exotic Fruits Reference Guide.** 369-375.

Lu, X.H., Sun, D.Q., Mo, Y.W., Xi, J.G., and Sun, G.M. 2010. "Effects of post-harvest salicylic acid treatment on fruit quality and anti-oxidant metabolism in pineapple during cold storage." **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. 85(5) : 454–458.

Luh, B.S., Phithakpol, B. 1972. "Characteristics of polyphenoloxidase relatedto browning in cling peaches." **Journal of Food Science**. 37 : 264-268.

Maftoonazad, N. and Ramaswamy, H.S. 2005. "Postharvest shelf - life extension of avocados using methylcellulose - basedcoating." **LWT- Food Science and Technology** 38 : 617-624.

O'Hare, T.J. 1995. "Postharvest physiology and storage of rambutan." **Postharvest Biology and Technology**. 6 : 189-199.

Peng, L., Jiang, Y. 2006. "Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut." **Food Chemistry**. 94: 535–540.

Rachtanapun, P., Rattanapanone N. 2011. "Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose Powder and Films from Mimosa pigra." **Journal of Applied Polymer Science**. 122 : 3218–3226.

Ranganna, S. 1986. **Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products**. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.

Rasouli, M., Sabaa, M.K., Ramezanianb, A. 2019. "Inhibitory effect of salicylic acid and Aloe vera gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit." **Scientia Horticulturae**. 247 : 27-34.

Sam, C.E. 1999. "Preharvest factors affecting postharvest texture." **Postharvest Biology and Technology**. 15 : 249-254.

Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M., Valero, D. 2009. "Effect of salicylic

acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates." **Postharvest Biology and Technology**. 53 : 152–154.

Sayyari, M., Babalar, Kalantari, M., Serrano S.M. and Valero, D. 2011. "Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates." **Postharvest Biology and Technology**. 53 : 152-154.

Shafiee, M., Taghavi, T.S., Babalar, M. 2010. "Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry." **Scientia Horticulturae (Amsterdam)**. 124 : 40-45.

Shi, Z., Wang, F., Lu, Y., Deng, J. 2018. "Combination of chitosan and salicylic acid to control postharvest green mold caused by *Penicillium digitatum* in grapefruit fruit." **Scientia Horticulturae (Amsterdam)**. 233 : 54–60.

Sun, R.C. and Tomkinson, J. 2000. "Essential guides for isolation /purification of polysaccharides." **Encyclopedia of Separation Science**. Bangor: Academic Press.

Sun, X.F., Xu, F., Sun, R.C., Fowler P. and Baird, M.S. 2005. "Characteristics of degraded cellulose obtained from steam-exploded wheat straw." **Carbohydrate Research**. 340 : 97-106.

Supapvanich, S. 2015. "Effects of Salicylic Acid Incorporated with Lukewarm Water Dips on the Quality and Bioactive Compounds of Rambutan Fruit (*Nephelium lappaceum* L.)." **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**. 14(1) : 23-37.

Thompson, A.K. 1998. **Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables**. New York : CAB International.

Thompson, A.K. 2003. **Fruit and vegetables : harvesting, handling and storage**. 2nd ed. Blackwell Publishing Ltd.

Togrul, H. and Arslan, N. 2003. "Production of carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose and rheological behavior of carboxymethyl cellulose." **Carbohydrate Polymers**. 54 : 73-82.

Togrul H., Arslan, N. 2004. "Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions." **Food Hydrocolloids.** 18(2) : 215-226.

Toivonen, P.M.A. and Brummell, D.A. 2008. "Review: Biochemical bases of appearance and

texture changes in frsh-cut fruit and vegetable." **Postharvest Biology and Technology**. 48 : 1-14.

Volz, R., Biasi, K.W.V., Grant, J.A. and Mitcham, E.J. 1998. "Prediction of controlled atmosphere induced flesh browning in `Fuji' apple." **Postharvest Biology and Technology**. 13: 97-107.

Wall, M.M. 2011. **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**. Woodhead Publishing.

Zhang, P., Quantick, C. 1997. "Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (Litchi chinensis Sonn.) fruit Donglin." **Postharvest Biology and Technology**. 12(2) : 195–202.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

1. การเตรียมสารละลายกรดออกซาลิกอะซีติก

ชั่งกรดออกซาลิก จำนวน 15 กรัม ละลายด้วยกรดอะซีติกเข้มข้น ปริมาตร 40 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นต้ม (ที่เย็นแล้ว) จนครบ 500 มิลลิลิตร เก็บรักษาในตู้เย็นได้นาน 7-10 วัน

2. การเตรียมสารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล

ชั่ง 2,6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล (2,6-ดีซีพีพี) จำนวน 0.25 กรัม และโซเดียมไบคาร์บอกเนต ($NaHCO_3$) จำนวน 0.21 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นต้ม (ที่เย็นแล้ว) ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มิลลิลิตร กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ขวดทึบแสง เก็บรักษาในตู้เย็นได้นาน 21 วัน

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก

ชั่งกรดแอสคอร์บิก จำนวน 0.01 กรัม ละลายด้วยสารละลายกรดออกซาลิกอะซีติก ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม ต่อมิลลิลิตร)

4. การคำนวณมิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิก

สารละลาย 2,6-DCPP 10 มิลลิลิตร สามารถไทเทรตสารละลายมาตรฐานได้ 1 มิลลิกรัม*

สารละลาย 2,6-DCPP 1 มิลลิลิตร สามารถไทเทรตสารละลายมาตรฐานได้ X มิลลิกรัม

มิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิก = (1มิลลิกรัม×1มิลลิกรัม)/10 มิลลิลิตร

จะได้ค่าเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัม กรดแอสคอร์บิกต่อ 1 มิลลิลิตร ของ 2,6-DCPP

*สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม ต่อมิลลิลิตร ดังนั้นถ้าใช้สารละลายมาตรฐานในการไทเทรต ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จึงมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิกรัม

การเตรียมสารละลายโซเดียมบอเรตบัฟเฟอร์

1. เตรียมสารละลายกรดบอริก (BH_3O_3) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ โดยชั่งกรดบอริค จำนวน 3.091 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตร

2. เตรียมสารละลายโซเดียมบอเรต ($Na_2B_4O_7{\cdot}10H_2O$) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ โดยชั่ง โซเดียมบอเรต จำนวน 19.0685 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตร

3. ผสมสารละลายในข้อ 1 และ 2 ให้เข้ากัน และปรับค่าพีเอช เท่ากับ 8.8

การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

1. เตรียมสารละลายไดเบสิก โซเดียมฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยชั่ง ไดเบสิก โซเดียมฟอสเฟต จำนวน 14.196 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตร
2. เตรียมสารละลายโมโนเบสิก โซเดียมฟอสเฟต (NaH_2PO_4) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยชั่ง โมโนเบสิก โซเดียมฟอสเฟต จำนวน 11.998 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตร
3. ผสมสารละลายในข้อ 1 และ 2 ให้เข้ากัน และปรับค่าพีเอช เท่ากับ 7.0

การเตรียมสารละลายแบรดฟอร์ด

1. เตรียมสารละลายแบรดฟอร์ด (สต๊อก)
    1.1 เอทานอล ความเข้มข้น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
    1.2 กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
    1.3 คูแมสซี บลู จี-250 (coomassie blue G-250) จำนวน 0.35 กรัม
2. เตรียมสารละลาย แบรดฟอร์ด
    2.1 น้ำกลั่น ปริมาตร 425 มิลลิลิตร
    2.2 เอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร
    2.3 กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร
    2.4 สารละลายแบรดฟอร์ด (สต๊อก) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

ตารางภาคผนวกที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์) และร้อยละของผลผลิตของผักตบชวาก่อนและหลังสกัดด้วยกรรมวิธีต่างๆ

Treatments	Chemical components (%)				% Yield (weight of product)
	Cellulose	Lignin	Hemi-cellulose	α – cellulose	
Non-treated	36.95±0.22[a]	1.95±0.20[c]	9.93±0.16[c]	76.64±0.57[a]	-
1% NaOH	63.90±0.38[c]	2.18±0.14[cd]	3.62±0.50[a]	90.79±1.01[e]	33.20±2.01[a]
3% NaOH	71.80±0.96[e]	2.29±0.06[d]	5.23±1.20[b]	91.55±0.90[e]	31.44±4.55[a]
1% NaOH + Bleach	63.03±0.06[c]	1.17±0.01[b]	15.79±0.52[d]	86.45±0.74[d]	29.45±7.45[a]
3% NaOH + Bleach	69.07±0.19[d]	0.83±0.11[a]	9.32±0.34[c]	84.32±1.14[c]	28.55±1.71[a]
Bleach	49.94±0.70[b]	2.79±0.27[e]	21.74±1.24[e]	82.08±1.17[b]	74.73±3.84[b]
F-test	*	*	*	*	*
% C.V.	0.89	8.56	7.14	1.11	12.29

ตารางภาคผนวกที่ 2 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 % เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	0.00	7.76±0.44[a]	13.42±0.86[a]	19.38±1.10[a]
0.5% CMCC	0.00	6.73±0.44[a]	13.55±1.41[a]	19.00±1.59[a]
0.5% CMCW	0.00	7.73±0.44[a]	13.74±0.52[a]	19.13±0.66[a]
F-test	-	ns	ns	ns
% C.V.	-	9.06	7.35	6.15

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความแน่นเนื้อของผิวเปลือก (นิวตัน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	32.03±3.50[a]	33.73±5.43[a]	36.45±10.84[a]	37.98±7.74[a]
0.5% CMCC	32.03±3.50[a]	28.00±3.31[a]	31.55±4.83[a]	31.65±3.57[a]
0.5% CMCW	32.03±3.50[a]	28.50±2.35[a]	33.90±3.17[a]	34.95±4.71[a]
F-test	ns	ns	ns	ns
% C.V.	10.92	13.02	20.88	16.13

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	30.61±1.35[a]	29.51±2.31[ab]	28.31±1.58[a]	26.03±2.33[a]
0.5% CMCC	30.61±1.35[a]	27.72±1.14[a]	28.54±2.08[a]	26.37±3.28[a]
0.5% CMCW	30.61±1.35[a]	30.74±1.29[b]	26.93±1.98[a]	27.00±1.65[a]
F-test	ns	*	ns	ns
% C.V.	4.42	5.67	6.77	9.48

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	28.58±6.48[a]	27.97±2.69[a]	29.60±1.95[a]	26.96±3.05[a]
0.5% CMCC	28.58±6.48[a]	24.15±6.24[a]	29.60±2.32[a]	24.42±6.20[a]
0.5% CMCW	28.58±6.48[a]	29.79±1.98[a]	28.70±3.82[a]	27.10±3.90[a]
F-test	ns	ns	ns	ns
% C.V.	22.66	14.97	9.61	17.51

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	23.39±2.12	17.48±2.94[a]	16.24±0.39[a]	13.42±0.85[a]
0.5% CMCC	23.39±2.12	17.50±1.10[a]	16.70±1.74[a]	14.99±2.08[a]
0.5% CMCW	23.39±2.12	19.89±1.56[a]	16.40±2.49[a]	15.15±0.84[a]
F-test	ns	ns	ns	ns
% C.V.	9.06	11.07	10.75	9.53

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 7 การเกิดสีน้ำตาล (คะแนน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	0.00	1.00±0.58[a]	3.00±0.82[b]	3.80±0.50[a]
0.5% CMCC	0.00	1.50±0.50[a]	1.50±0.58[a]	3.00±0.82[a]
0.5% CMCW	0.00	1.25±0.50[a]	1.50±0.58[a]	2.80±0.50[a]
F-test	-	ns	*	ns
% C.V.	-	39.53	33.33	19.69

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ100 กรัมน้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	4.09±0.27[a]	3.74±0.59[a]	3.35±0.16[a]	3.05±0.30[a]
0.5% CMCC	4.09±0.27[a]	4.21±0.26[ab]	4.30±0.57[b]	4.49±0.35[b]
0.5% CMCW	4.09±0.27[a]	4.55±0.24[b]	4.17±0.21[b]	4.41±0.46[b]
F-test	ns	*	*	*
% C.V.	6.56	9.54	9.20	9.37

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลเงาะที่ไม่

เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	21.78±0.10[a]	20.18±0.22[ab]	18.48±0.05[a]	20.15±0.10[a]
0.5% CMCC	21.78±0.10[a]	19.93±0.10[a]	20.40±0.00[c]	21.30±0.08[c]
0.5% CMCW	21.78±0.10[a]	20.45±0.25[b]	19.15±0.19[b]	20.83±0.05[b]
F-test	ns	*	*	*
% C.V.	0.44	1.00	0.59	0.39

ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)			
	0	1	2	3
Control	0.40±0.05[a]	0.48±0.06[ab]	0.51±0.06[a]	0.62±0.05[a]
0.5% CMCC	0.40±0.05[a]	0.42±0.07[a]	0.49±0.06[a]	0.62±0.02[a]
0.5% CMCW	0.40±0.05[a]	0.54±0.08[b]	0.49±0.06[a]	0.58±0.06[a]
F-test	ns	*	ns	ns
% C.V.	12.04	14.86	12.03	8.12

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 11 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	4.11±0.19[c]	7.19±1.43[b]	9.85±1.35[b]	14.62±2.51[b]	-
1% CMCC	0.00	1.74±0.41[a]	4.10±0.51[a]	4.83±0.66[a]	7.77±0.95[a]	11.90±0.75[a]
1% CMCW	0.00	3.32±0.46[b]	7.39±0.98[b]	9.56±1.38[b]	14.68±1.87[b]	-
2% CMCW	0.00	2.75±0.31[b]	7.37±0.86[b]	9.00±1.53[b]	10.21±1.55[a]	13.67±1.82[a]
F-test	-	*	*	*	*	ns
% C.V.	-	11.98	15.37	15.40	15.30	12.35

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 12 ความแน่นเนื้อของผิวเปลือก (นิวตัน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	30.25±1.68[a]	29.92±2.53[a]	29.22±1.16[b]	28.92±1.58[a]	28.28±1.14[a]	-
1% CMCC	30.25±1.68[a]	27.55±3.34[a]	26.57±1.77[a]	28.22±1.83[a]	28.57±0.34[a]	29.15±2.92[a]
1% CMCW	30.25±1.68[a]	27.62±1.01[a]	27.67±0.28[ab]	30.18±0.46[a]	30.02±1.22[a]	-
2% CMCW	30.25±1.68[a]	29.27±1.18[a]	27.40±0.68[ab]	27.82±1.45[a]	29.42±2.27[a]	27.95±3.65[a]
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns
% C.V.	5.55	7.81	4.04	4.97	4.89	10.61

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	34.94±1.38[a]	33.00±0.58[a]	30.22±1.65[a]	29.19±2.11[a]	27.66±1.81[a]	-
1% CMCC	34.94±1.38[a]	32.60±2.06[a]	31.57±1.34[a]	28.80±2.52[a]	28.87±1.01[a]	28.66±0.61[a]
1% CMCW	34.94±1.38[a]	31.11±2.21[a]	30.55±1.83[a]	30.68±2.10[a]	29.70±0.87[a]	-
2% CMCW	34.94±1.38[a]	31.42±1.15[a]	31.15±0.63[a]	30.40±1.11[a]	29.32±0.99[a]	27.77±2.06[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% C.V.	3.94	5.12	4.66	6.82	4.25	5.11

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	25.63±2.49[a]	28.01±2.91[a]	31.61±4.13[a]	31.40±0.61[a]	33.97±3.73[a]	-
1% CMCC	25.63±2.49[a]	27.75±3.14[a]	28.97±4.44[a]	31.73±4.03[a]	31.99±1.09[a]	32.58±3.31[a]
1% CMCW	25.63±2.49[a]	28.70±2.03[a]	31.84±1.14[a]	29.81±3.45[a]	32.39±0.23[a]	-
2% CMCW	25.63±2.49[a]	29.15±0.67[a]	29.02±2.81[a]	30.78±0.77[a]	30.79±2.70[a]	31.14±3.25[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% C.V.	9.73	8.42	11.16	8.72	7.33	9.55

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 15 ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	22.78±0.40[a]	20.18±0.70[a]	18.88±0.97[a]	18.17±2.91[a]	17.43±2.33[a]	-
1% CMCC	22.78±0.40[a]	21.80±0.23[a]	19.86±0.82[a]	19.33±0.28[a]	19.16±0.34[a]	18.36±1.41[a]
1% CMCW	22.78±0.40[a]	20.57±1.07[a]	19.93±1.70[a]	18.00±0.14[a]	19.24±0.39[a]	-
2% CMCW	22.78±0.40[a]	21.18±1.20[a]	21.10±0.33[a]	18.46±0.47[a]	18.75±0.91[a]	17.84±1.33[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% C.V.	1.77	4.23	5.38	10.34	6.85	6.96

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 16 การเกิดสีน้ำตาล (คะแนน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	0.56±0.10[a]	0.94±0.10[a]	1.39±0.10[a]	2.33±0.17[b]	-
1% CMCC	0.00	0.56±0.10[a]	0.83±0.29[a]	1.11±0.19[a]	1.39±0.35[a]	2.11±0.19[a]
1% CMCW	0.00	0.56±0.19[a]	0.89±0.10[a]	1.28±0.19[a]	2.17±0.17[b]	-
2% CMCW	0.00	0.61±0.25[a]	0.89±0.10[a]	1.28±0.19[a]	1.50±0.17[a]	2.22±0.10[a]
F-test	-	ns	ns	ns	*	ns
% C.V.	-	30.76	18.87	13.62	14.52	6.81

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 17 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	19.36±0.97[a]	13.07±0.53[a]	15.01±1.53[a]	13.42±1.62[a]	13.80±3.41[a]	-
1% CMCC	19.36±0.97[a]	13.37±0.53[a]	16.07±0.81[a]	14.48±0.81[a]	16.49±4.04[a]	14.48±1.70[a]
1% CMCW	19.36±0.97[a]	13.67±0.91[a]	14.83±1.06[a]	14.48±1.22[a]	15.41±0.62[a]	-
2% CMCW	19.36±0.97[a]	13.37±1.47[a]	16.24±0.61[a]	13.06±0.81[a]	16.13±0.00[a]	15.71±0.81[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% C.V.	5	7.03	6.82	8.4	17.22	9.09

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 18 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วย คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส ทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	21.60±0.26[a]	21.23±0.12[b]	21.93±0.51[a]	21.00±0.35[a]	20.33±0.31[a]	-
1% CMCC	21.60±0.26[a]	20.90±0.00[a]	21.63±1.53[a]	21.37±0.29[ab]	21.83±0.29[b]	21.43±0.12[a]
1% CMCW	21.60±0.26[a]	20.67±0.21[a]	21.13±0.06[a]	21.57±0.06[b]	21.67±0.21[b]	-
2% CMCW	21.60±0.26[a]	20.93±0.15[a]	21.30±0.40[a]	20.90±0.20[a]	21.57±0.31[b]	21.47±0.42[a]
F-test	ns	*	ns	*	*	ns
% C.V.	1.22	0.68	3.86	1.17	1.31	1.28

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 19 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.34±0.02[a]	0.38±0.04[ab]	0.51±0.03[a]	0.55±0.09[a]	0.38±0.01[a]	-
1% CMCC	0.34±0.02[a]	0.32±0.01[a]	0.50±0.05[a]	0.53±0.01[a]	0.41±0.02[a]	0.41±0.06[a]
1% CMCW	0.34±0.02[a]	0.37±0.02[ab]	0.48±0.05[a]	0.48±0.01[a]	0.38±0.04[a]	-
2% CMCW	0.34±0.02[a]	0.42±0.06[b]	0.52±0.06[a]	0.49±0.02[a]	0.41±0.03[a]	0.42±0.04[a]
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns
% C.V.	4.45	9.94	9.46	8.74	7.07	11.02

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 20 ปริมาณฟีนอลิค (มิลลิกรัมกรดแกลิคต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้าความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	4.81±1.32[a]	4.38±0.46[a]	4.14±0.63[ab]	5.99±0.28[ab]	7.43±0.90[a]	-
1% CMCC	4.81±1.32[a]	4.93±0.43[a]	5.38±1.16[b]	7.56±0.64[c]	6.85±0.90[a]	7.17±1.32[a]
1% CMCW	4.81±1.32[a]	4.99±0.90[a]	3.68±0.44[a]	5.60±0.61[a]	8.14±1.39[a]	-
2% CMCW	4.81±1.32[a]	4.07±0.50[a]	4.48±0.19[ab]	7.31±1.18[bc]	6.34±0.58[a]	8.43±1.25[a]
F-test	ns	ns	*	*	ns	ns
% C.V.	27.51	13.1	15.83	11.38	13.72	17.18

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 21 ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	11.97±0.44[a]	12.61±1.49[c]	8.91±0.14[c]	8.24±0.23[a]	7.84±0.36[a]	-
1% CMCC	11.97±0.44[a]	9.38±0.29[b]	6.56±0.12[a]	12.22±0.66[c]	9.66±0.18[b]	6.54±0.46[a]
1% CMCW	11.97±0.44[a]	9.51±0.25[b]	10.35±0.43[d]	8.29±0.52[a]	9.71±0.57[b]	-
2% CMCW	11.97±0.44[a]	7.14±0.38[a]	7.75±0.47[b]	9.29±0.28[b]	7.30±0.14[a]	7.35±0.34[b]
F-test	ns	*	*	*	*	*
% C.V.	3.64	8.21	3.96	4.79	4.12	8.19

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 22 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส (ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้า ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวาความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	26.20±0.22[a]	28.75±2.83[a]	33.26±2.35[d]	20.20±2.01[a]	22.37±0.51[b]	-
1% CMCC	26.20±0.22[a]	25.33±4.66[a]	20.51±1.99[a]	20.27±2.34[a]	20.57±0.72[a]	21.38±2.88[a]
1% CMCW	26.20±0.22[a]	26.30±1.57[a]	25.12±1.00[b]	19.38±1.75[a]	22.24±0.59[b]	-
2% CMCW	26.20±0.22[a]	31.24±4.21[a]	29.01±0.99[c]	19.79±1.60[a]	20.05±0.37[a]	25.75±2.21[b]
F-test	ns	ns	*	ns	*	*
% C.V.	0.85	12.66	6.27	9.77	2.63	14.05

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 23 กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสทางการค้าความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และจากผักตบชวา ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	19.80±5.43[a]	19.06±10.45[a]	26.34±4.97[a]	54.48±15.09[a]	62.57±16.91[ab]	-
1% CMCC	19.80±5.43[a]	14.32±5.27[a]	23.11±6.63[a]	57.89±9.18[a]	49.94±30.59[ab]	53.16±24.46[a]
1% CMCW	19.80±5.43[a]	7.90±4.65[a]	15.51±6.92[a]	47.99±10.83[a]	25.55±15.25[a]	-
2% CMCW	19.80±5.43[a]	12.27±3.34[a]	25.87±6.70[a]	59.72±9.69[a]	86.20±5.91[b]	51.39±11.91[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
% C.V.	27.45	46.67	27.98	20.79	34.41	32.97

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 24 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	4.11±0.19^{c}	7.19±1.43^{b}	9.85±1.35^{a}	14.62±2.51^{b}	-
2% CMCW	0.00	2.75±0.31^{b}	7.37±0.86^{b}	9.00±1.53^{a}	10.21±1.55^{a}	13.67±1.82^{a}
2% CMCW + SA	0.00	1.87±0.28^{a}	3.73±0.92^{a}	7.17±1.20^{a}	9.44±1.64^{a}	12.49±1.62^{a}
SA	0.00	2.36±0.53^{ab}	4.50±0.34^{a}	8.78±1.73^{a}	11.25±1.33^{a}	13.23±0.65^{a}
F-test	-	*	*	ns	*	ns
% C.V.	-	12.63	17.01	16.89	15.95	12.81

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 25 ความแน่นเนื้อของผิวเปลือก (นิวตัน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวาความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	**Storage time (days)**					
	0	2	4	6	8	10
Control	30.25±1.68[a]	29.92±2.53[a]	29.22±1.16[a]	28.92±1.58[a]	28.28±1.14[ab]	-
2% CMCW	30.25±1.68[a]	29.27±1.18[a]	27.40±0.68[a]	27.82±1.45[a]	29.42±2.27[b]	27.95±3.65[a]
2% CMCW + SA	30.25±1.68[a]	27.75±3.15[a]	30.00±0.95[a]	28.93±2.53[a]	29.78±1.26[b]	29.70±1.30[a]
SA	30.25±1.68[a]	28.15±2.78[a]	28.53±2.68[a]	30.27±1.99[a]	26.32±0.20[a]	27.75±0.84[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
% C.V.	5.55	8.77	5.46	6.67	5.00	9.28

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 26 ค่า L* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	34.94±1.38[a]	33.00±0.58[b]	30.22±1.65[a]	29.19±2.11[a]	27.66±1.81[a]	-
2% CMCW	34.94±1.38[a]	31.42±1.15[ab]	31.15±0.63[a]	30.40±1.11[a]	29.32±0.99[a]	27.77±2.06[a]
2% CMCW + SA	34.94±1.38[a]	30.29±1.36[a]	30.38±0.87[a]	28.82±2.11[a]	29.98±4.17[a]	29.47±0.48[a]
SA	34.94±1.38[a]	32.41±1.63[ab]	30.96±1.70[a]	28.82±1.01[a]	29.97±0.15[a]	28.69±1.45[a]
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns
% C.V.	3.94	3.9	4.24	5.7	7.96	5.96

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 27 ค่า a* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	25.63±2.49[a]	28.01±2.91[a]	31.61±4.13[a]	31.40±0.61[a]	33.97±3.73[a]	-
2% CMCW	25.63±2.49[a]	29.15±0.67[a]	29.02±2.81[a]	30.78±0.77[a]	30.79±2.70[a]	31.14±3.25[a]
2% CMCW + SA	25.63±2.49[a]	28.10±4.52[a]	29.92±2.17[a]	30.59±1.06[a]	30.83±4.00[a]	29.22±2.32[a]
SA	25.63±2.49[a]	25.73±3.28[a]	32.47±1.72[a]	30.23±4.54[a]	30.21±3.73[a]	31.60±2.65[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% C.V.	9.73	11.41	9.29	7.75	11.36	10.42

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 28 ค่า b* ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	22.78±0.40[a]	20.18±0.70[a]	18.88±0.97[a]	18.17±2.91[a]	17.43±2.33[a]	-
2% CMCW	22.78±0.40[a]	21.18±1.20[a]	21.10±0.33[b]	18.46±0.47[a]	18.75±0.91[ab]	17.84±1.33[a]
2% CMCW + SA	22.78±0.40[a]	21.11±0.76[a]	19.14±0.92[a]	19.99±1.06[a]	19.60±0.40[ab]	16.78±2.77[a]
SA	22.78±0.40[a]	21.89±1.46[a]	21.48±1.12[b]	20.08±1.66[a]	20.33±0.43[b]	18.49±0.63[a]
F-test	ns	ns	*	ns	*	ns
% C.V.	1.77	5.11	4.4	11.19	6.75	11.81

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 29 การเกิดสีน้ำตาล (คะแนน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	0.56±0.10[a]	0.94±0.10[a]	1.39±0.10[a]	2.33±0.17[b]	-
2% CMCW	0.00	0.61±0.25[a]	0.89±0.10[a]	1.28±0.19[a]	1.50±0.17[a]	2.22±0.10[a]
2% CMCW + SA	0.00	0.61±0.19[a]	0.83±0.17[a]	1.33±0.17[a]	1.50±0.29[a]	2.06±0.10[a]
SA	0.00	0.56±0.38[a]	0.61±0.25[a]	1.33±0.29[a]	1.61±0.25[a]	2.22±0.25[a]
F-test	-	ns	ns	ns	*	ns
% C.V.	-	43.83	20.42	14.84	13.02	8.85

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 30 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิคและกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	19.36±0.97[a]	13.07±0.53[a]	15.01±1.53[a]	13.42±1.62[a]	13.80±3.41[a]	-
2% CMCW	19.36±0.97[a]	13.37±1.47[a]	16.24±0.61[ab]	13.06±0.81[a]	16.13±0.00[a]	15.71±0.81[a]
2% CMCW + SA	19.36±0.97[a]	15.34±1.73[a]	18.71±0.81[b]	17.66±3.06[b]	15.05±3.23[a]	14.83±1.06[a]
SA	19.36±0.97[a]	15.04±1.21[a]	17.13±2.50[ab]	16.42±1.40[ab]	15.77±1.12[a]	15.89±0.00[a]
F-test	ns	ns	*	*	ns	ns
% C.V.	5.00	9.22	9.25	12.61	15.9	5.74

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 31 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	21.60±0.26[a]	21.23±0.12[b]	21.93±0.51[a]	21.00±0.35[a]	20.33±0.31[a]	-
2% CMCW	21.60±0.26[a]	20.93±0.15[b]	21.30±0.40[a]	20.90±0.20[a]	21.57±0.31[b]	21.47±0.42[a]
2% CMCW + SA	21.60±0.26[a]	20.37±0.29[a]	21.23±0.68[a]	21.20±0.36[a]	21.53±0.12[b]	21.13±0.21[a]
SA	21.60±0.26[a]	21.17±0.06[b]	20.90±0.53[a]	21.10±0.36[a]	21.23±0.25[b]	22.17±0.29[b]
F-test	ns	*	ns	ns	*	*
% C.V.	1.22	0.84	2.53	1.54	1.21	1.69

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 32 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	**Storage time (days)**					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.34±0.02[a]	0.38±0.04[a]	0.51±0.03[a]	0.55±0.09[ab]	0.38±0.01[ab]	-
2% CMCW	0.34±0.02[a]	0.42±0.06[a]	0.52±0.06[a]	0.49±0.02[a]	0.41±0.03[b]	0.42±0.04[a]
2% CMCW + SA	0.34±0.02[a]	0.41±0.05[a]	0.52±0.05[a]	0.59±0.03[b]	0.40±0.03[ab]	0.42±0.05[a]
SA	0.34±0.02[a]	0.44±0.03[a]	0.51±0.11[a]	0.52±0.02[ab]	0.36±0.01[a]	0.43±0.03[a]
F-test	ns	ns	ns	*	*	ns
% C.V.	4.45	10.93	12.91	8.87	5.46	10.93

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 33 ปริมาณฟีนอลิค (มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	**Storage time (days)**					
	0	2	4	6	8	10
Control	4.81±1.32[a]	4.38±0.46[a]	4.14±0.63[a]	5.99±0.28[a]	7.43±0.90[ab]	-
2% CMCW	4.81±1.32[a]	4.07±0.50[a]	4.48±0.19[a]	7.31±1.18[ab]	6.34±0.58[a]	8.43±1.25[a]
2% CMCW + SA	4.81±1.32[a]	4.14±0.08[a]	6.40±1.29[b]	7.56±0.50[b]	6.88±1.05[ab]	7.83±0.57[a]
SA	4.81±1.32[a]	4.65±1.11[a]	5.60±0.73[ab]	6.96±0.79[ab]	8.39±0.63[b]	8.26±0.36[a]
F-test	ns	ns	*	*	*	ns
% C.V.	27.51	15.13	15.73	11.03	11.2	11.55

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 34 ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	11.97±0.44[a]	12.61±1.49[d]	8.91±0.14[b]	8.24±0.23[b]	7.84±0.36[c]	-
2% CMCW	11.97±0.44[a]	7.14±0.38[b]	7.75±0.47[a]	9.29±0.28[c]	7.30±0.14[b]	7.35±0.34[a]
2% CMCW + SA	11.97±0.44[a]	9.00±0.30[c]	8.70±0.27[b]	9.00±0.33[c]	8.33±0.39[c]	7.11±0.07[a]
SA	11.97±0.44[a]	5.27±0.00[a]	7.62±0.14[a]	6.17±0.30[a]	5.74±0.04[a]	9.46±0.27[b]
F-test	ns	*	*	*	*	*
% C.V.	3.64	9.22	3.49	3.53	3.74	3.65

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 35 กิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส (ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ หรือร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	**Storage time (days)**					
	0	2	4	6	8	10
Control	26.20±0.22[a]	28.75±2.83[a]	33.26±2.35[c]	20.20±2.01[a]	22.37±0.51[b]	-
2% CMCW	26.20±0.22[a]	31.24±4.21[a]	29.01±0.99[b]	19.79±1.60[a]	20.05±0.37[a]	25.75±2.21[b]
2% CMCW + SA	26.20±0.22[a]	27.97±1.51[a]	24.48±1.60[a]	21.79±1.29[a]	22.24±0.59[b]	25.94±4.65[b]
SA	26.20±0.22[a]	25.99±3.76[a]	21.05±2.17[a]	23.90±2.13[b]	20.05±0.37[a]	19.20±1.69[a]
F-test	ns	ns	*	*	*	*
% C.V.	0.85	11.39	6.88	8.35	2.21	15.28

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 36 กิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน) ของผลเงาะที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสจากผักตบชวา ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดซาลิไซลิค และกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

Treatments	Storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
Control	19.80±5.43^{a}	19.06±10.45^{a}	26.34±4.97^{b}	54.48±15.09^{a}	62.57±16.91^{ab}	-
2% CMCW	19.80±5.43^{a}	12.27±3.34^{a}	25.87±6.70^{b}	59.72±9.69^{a}	86.20±5.91^{c}	51.39±11.91^{ab}
2% CMCW + SA	19.80±5.43^{a}	13.03±4.57^{a}	19.17±4.57^{ab}	56.77±16.59^{a}	57.32±10.72^{a}	41.73±9.96^{a}
SA	19.80±5.43^{a}	15.27±1.43^{a}	8.14±8.89^{a}	49.46±13.31^{a}	79.52±0.62^{bc}	59.67±4.10^{b}
F-test	ns	ns	*	*	*	*
% C.V.	27.45	40.15	32.75	25.24	14.62	21.02

หมายเหตุ ตัวพยัญชนะภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

% C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	เกศินี เสาวคนธ์
วัน เดือน ปีเกิด	20 กรกฎาคม 2535
ที่อยู่	13/1 หมู่ 4 ต. ห้วยยาง อ. แกลง จ. ระยอง 21110
ประวัติการศึกษา	2557 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2562 นักศึกษาในโครงการแลกเปลี่ยนทางวิชาการ ระหว่าง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกับ Tokai University, Kyushu Campus ประเทศญี่ปุ่น ระยะเวลา 1 เดือน
รางวัล	รางวัลนักวิจัยดีเด่น ใน การนำเสนอผลงานวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาโครงการภาคีบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก ระหว่างสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยกับสถาบันการศึกษา ประจำปี 2561
ผลงานตีพิมพ์	
2017	Effect of Carboxymethyl Cellulose as Edible Coating on Postharvest Quality of Rambutan Fruit under Ambient Temperature. International Journal of Agricultural Technology. 13(7.1) : 1449-145.