ผลของรูปแบบการตัดแต่ง และการใช้สารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อการชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

EFFECT OF CUTTING STYLES AND SODIUM CHLORIDE COMBINED WITH CALCIUM ASCORBATE ON DELAYING BROWNING OF FRESH–CUT MANGO FRUIT CV. KHAI TUEK

ปพนธีร์ บัวภารังษี

PAPONTEE BUAPHARANGSI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2566

KMITL-2023-AG-M-065-385

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF CUTTING STYLES AND SODIUM CHLORIDE COMBINED WITH CALCIUM ASCORBATE ON DELAYING BROWNING OF FRESH–CUT MANGO FRUIT CV. KHAI TUEK

PAPONTEE BUAPHARANGSI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2023

KMITL-2023-AG-M-065-385

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของรูปแบบการตัดแต่ง และการใช้สารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อการชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง
ชื่อนักศึกษา	นายปพนธีร์ บัวภารังษี
รหัสประจำตัว	63604009
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร.สมศักดิ์ ครามโชติ

บทคัดย่อ

มะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นที่นิยมของผู้บริโภคอย่างมาก แต่ภายหลังการตัดแต่งผลมะม่วงจะเกิดการสูญเสียคุณภาพ โดยแสดงอาการสีน้ำตาลในระหว่างการจัดจำหน่าย และส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่ง และการใช้สารโซเดียมคลอไรด์ และการใช้สารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อคุณภาพและการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกในระหว่างการเก็บรักษา การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพ และการเกิดอาการสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 6 ซ้ำ นำมะม่วงมาตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) ตัดแต่งตามขวาง ตัดแต่งตามยาว และตัดแต่งแบบฝาน จากนั้นบรรจุใส่กล่องพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่ามะม่วงตัดแต่งรูปแบบตามยาวสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่งได้ โดยช่วยรักษาการเปลี่ยนแปลงสี ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และกิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่มีค่าต่ำที่สุด รวมทั้งสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ส่วนรูปแบบการตัดแต่งตามขวางส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และ Hydrogen peroxide (H_2O_2) เพิ่มขึ้นมากที่สุด รวมถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA อย่างฉับพลันแล้วลดลง นอกจากนี้การตัดแต่งยังกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และเอนไซม์ CAT ให้สูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยรูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาคุณภาพ และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้นานถึง 6 วัน ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งแบบอื่นมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 4 วัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% บรรจุใส่กล่องพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 6 ซ้ำ พบว่าการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.5% สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ โดยช่วยรักษาการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การใช้สารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.5% สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงตัดแต่งได้ โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และกิจกรรมของเอนไซม์ POD ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงสีที่มีค่าต่ำกว่าทุกกรรมวิธี ส่วนปริมาณ MDA ของทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นตามการเก็บรักษาโดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2) ของชุดควบคุมเพิ่มขึ้นสูงสุด ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ SOD และเอนไซม์ CAT ของผลมะม่วงตัดแต่งที่ใช้สารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีค่ามากที่สุด ซึ่งจากผลการทดลอง ได้เลือกสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 % ที่เป็นความเข้มข้นที่ดีที่สุด เพื่อศึกษาต่อในการทดลองต่อไป

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของสารแคลเซียมแอสคอร์เบทร่วมกับสารโซเดียมคลอ-ไรด์ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง โดยการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0 และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท (CaAs) ความเข้มข้น 0 2 และ 4% จากนั้นบรรจุใส่กล่องพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 6 ซ้ำ จากการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงสี ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และการสูญเสียน้ำหนัก พบว่าการจุ่มด้วย NaCl + CaAs สามารถช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นได้ดีที่สุด พร้อมทั้งสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO กิจกรรมของเอนไซม์ POD และปริมาณสารประกอบฟีนอล นอกจากนี้การจุ่มด้วย NaCl + CaAs สามารถช่วยรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี ในขณะที่ปริมาณ MDA และปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2) เพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธีตามอายุการเก็บรักษาโดยที่ชุดควบคุมมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด และการจุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ คือ กิจกรรมของเอนไซม์ SOD และเอนไซม์ CAT ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพ และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: คุณภาพการเก็บรักษา สารประกอบฟีนอล อนุมูลอิสระ อายุการวางจำหน่าย อาหารแปรรูปต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effect of Cutting Styles and Sodium Chloride Combined with Calcium Ascorbate on Delaying Browning of Fresh-Cut Mango Fruit cv. Khai Tuek
Student Name	Mr. Papontee Buapharangsi
Student ID	63604009
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Somsak Kramchote

Abstrsct

Fresh-cut mango is highly popular among consumers; however, quality deterioration and browning symptoms often occur after cutting, affecting consumer acceptance. This study aimed to investigate the effects of cutting styles and the efficacy of sodium chloride and calcium ascorbate treatments on quality maintenance and browning prevention in fresh-cut mangoes during storage. This study consisted of 3 experiments:

The first experiment examined the impact of cutting styles on the quality and browning of fresh-cut mangoes. The study followed a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and six replications. Mangoes were cross-cut, longitudinal-cut, sliced, or left whole (control), then packed in polypropylene (PP) plastic trays and stored at 8±2°C for 10 days. Longitudinal-cut fruit displayed the most effective browning delay, maintaining color changes, browning index, and browning scores while also exhibiting the lowest polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) activities. This cutting style also reduced weight loss, carotenoid content, and antioxidant properties, while increasing total phenolic content, hydrogen peroxide (H_2O_2) content, and malondialdehyde (MDA) content. Furthermore, it induced higher superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) enzyme activities, though it did not affect total soluble solids and titratable acidity changes. Longitudinal-cut fruit maintained quality and delayed browning for up to 6 days, whereas other cutting styles had a 4-day shelf life.

In the second experiment, the efficacy of sodium chloride in delaying browning of fresh-cut 'Khai Tuek' mango fruit was studied. Mangoes were dipped in concentrations of 0 (control), 0.05, 0.1, 0.3, and 0.5% sodium chloride, packed in PP plastic boxes, and stored at 8±2°C for 10 days. The study followed a CRD with six replications. Sodium chloride dipping maintained fresh-cut mango quality by preserving weight loss, carotenoid content, and antioxidant properties without affecting total soluble solids and titratable acidity changes. Dipping in 0.5% sodium chloride notably

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

slowed browning, with the lowest phenolic compound amounts, PPO and POD activities, browning index, browning score, and color changes. All treatments exhibited increasing MDA content and H_2O_2 amounts, with the highest SOD and CAT enzyme activities observed in mangoes dipped in 0.3 and 0.5% sodium chloride concentrations. Consequently, the optimal concentration of 0.5% sodium chloride was selected for further study.

In the final experiment, the effectiveness of combining calcium ascorbate with sodium chloride in controlling fresh-cut 'Khai Tuek' mango browning was studied. Mangoes were dipped in 0 or 0.5% sodium chloride along with 0, 2, or 4% calcium ascorbate, packed in PP boxes, and stored under the same conditions. The combined sodium chloride and calcium ascorbate treatment most effectively slowed the increase in browning index, browning score, and weight loss. This combination also inhibited PPO and POD enzyme activities and phenolic compound content, maintained carotenoid content, and preserved antioxidant properties. However, no significant effect was observed on total soluble solids and titratable acidity changes. The combined treatment of 0.5% sodium chloride and 4% calcium ascorbate demonstrated the highest antioxidant enzyme activities (SOD and CAT) and most effectively maintained quality and delaying the flesh browning of fresh-cut mango.

Keyword: Quality preservation, Phenolic compounds, Reactive oxygen species (ROS), Shelf life, Minimally process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างมากจาก รศ. ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา ประธานหลักสูตร โดยกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือสนับสนุนในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.พิษณุ แก้วตะพาน ที่ช่วยเหลือด้านการจัดหาผลิตผลในการทำวิจัย และช่วยเหลือด้านต่างๆ เป็นอย่างดีเสมอมา ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.พรชัย หาระโคตร รศ. ดร.มณทินี ธีรารักษ์ ผศ. ดร.พัชราภรณ์ สุวอ และ ผศ. ดร.สมศักดิ์ ครามโชติ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.ปรียานุช แสงประยูร นางสาวมธุรส ขุมทองวัฒนา และ ดร.ณภัทร โสมาลา ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และให้ข้อเสนอแนะในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์การยืมใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัยจากห้องปฏิบัติการอัลลีโลพาที ผศ. ดร.วัลย์ลดา กลางนุรักษ์ และคุณบุปผา จงพัฒน์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเงินทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาแก่ผู้วิจัย และให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณสำนักการเรียนรู้ตลอดชีวิตพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KLLC) และโรบินสัน ไลฟ์สไตล์ ลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความช่วยเหลือ และกำลังใจจากครอบครัว พระอาจารย์ คณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช และเพื่อน โดยเฉพาะนางสาวรัตติยากร กันจนะ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดงานวิจัย โดยเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความรัก และความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณ และขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยกราบขออภัยเป็นอย่างสูง

นายปพนธีร์ บัวภารังษี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญตารางภาคผนวก ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฐ
สารบัญรูปภาคผนวก ..... ด
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 มะม่วง 3
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึก 3
2.3 คุณค่าทางอาหารมะม่วง 4
2.4 ผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค 5
2.5 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะม่วงสดตัดแต่ง 5
2.5.1 การผลิตเอทิลีนและการหายใจ 6
2.5.2 การเสียสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ 8
2.5.3 การสูญเสียน้ำ 8
2.5.4 การเปลี่ยนแปลงรสชาติ 9
2.6 ชีวเคมีของการเกิดสีน้ำตาล 10
2.7 การป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ 14
2.8 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้สารโซเดียมคลอไรด์ 15
2.9 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้สารแคลเซียมแอสคอร์เบท 18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 21
3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 21
3.2 การเตรียมผลิตผล 21
3.3 วิธีการดำเนินงาน 22
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 28
3.5 สถานที่ทำการวิจัย 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล..... 29

4.1 ผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพ และการเกิดอาการสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง..... 29

4.2 ประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา..... 44

4.3 ประสิทธิภาพของสารแคลเซียมแอสคอร์เบทร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง..... 58

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 74

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 74

5.1.1 ผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพ และการเกิดอาการสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง..... 74

5.1.2 ประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา..... 74

5.1.3 ประสิทธิภาพของสารแคลเซียมแอสคอร์เบทร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง..... 74

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 75

เอกสารอ้างอิง..... 76

ภาคผนวก..... 86

ภาคผนวก ก..... 87

ภาคผนวก ข..... 88

ประวัติผู้เขียน..... 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงดิบ มะม่วงห่าม และมะม่วงสุกในส่วนที่กินได้ 100 กรัม.....	5
2.2	ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่เป็นสารตั้งต้นของ PPO ในผักและผลไม้บางชนิด.....	14
2.3	ชนิดของสารลดการเกิดสีน้ำตาล.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ข.1	การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	88
ข.2	ค่าความสว่างของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	88
ข.3	ค่าเฉดสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	89
ข.4	ค่าความเข้มสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	89
ข.5	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	90
ข.6	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	90
ข.7	ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	91
ข.8	คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	91
ข.9	ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	92
ข.10	ปริมาณสารประกอบฟีนอลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	92
ข.11	ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	93
ข.12	ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	93
ข.13	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	94
ข.14	กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	94
ข.15	กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	95
ข.16	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	95
ข.17	กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

ข.18 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 96

ข.19 ค่าความสว่างของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 97

ข.20 ค่าเฉดสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 97

ข.21 ค่าความเข้มสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 98

ข.22 ปริมาณกรดที่ไทเทรตของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 98

ข.23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 99

ข.24 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา10 วัน..... 99

ข.25 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 100

ข.26 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 100

ข.27 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 101

ข.28 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

ข.29 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 102

ข.30 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 102

ข.31 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 103

ข.32 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 103

ข.33 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 104

ข.34 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 104

ข.35 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 105

ข.36 ค่าความสว่างของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 105

ข.37 ค่าเฉดสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 106

ข.38 ค่าความเข้มสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 106

ข.39 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 107

ข.40 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

ข.41 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 108

ข.42 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 108

ข.43 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 109

ข.44 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 109

ข.45 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 110

ข.46 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 110

ข.47 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 111

ข.48 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 111

ข.49 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 112

ข.50 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 112

ข.51 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะต้น ใบ และผลแก่ของมะม่วงพันธุ์ขายตึก	4
2.2	อัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนของผลไม้ประเภท climacteric fruit	6
2.3	สูตรโครงสร้างทางเคมีของเอทิลีน	7
2.4	สมการการหายใจของผลิตผลที่สะสมอาหารในรูปแบบคาร์โบไฮเดรต	7
2.5	กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน	8
2.6	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	10
2.7	ขั้นตอนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล และกลไกการเกิดสีน้ำตาล	11
2.8	ปฏิกิริยา Maillard จากน้ำตาล glucose ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน	11
2.9	ตำแหน่งที่พบสารประกอบฟีนอล เอนไซม์ PPO และเอนไซม์ POD ภายในเซลล์พืช	12
2.10	ปฏิกิริยา polyphenol oxidase ประกอบด้วย 2 ปฏิกิริยาย่อย	13
2.11	D value ของเอนไซม์ที่พบในผักและผลไม้สด	15
2.12	สูตรโครงสร้างของโซเดียมคลอไรด์	17
2.13	สูตรโครงสร้างของกรดแอสคอร์บิก	18
2.14	กลไกการทำงานของกรดแอสคอร์บิกในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล	19
2.15	สูตรโครงสร้างของแคลเซียมแอสคอร์เบท	20
3.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	21
3.2	รูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (A) ตัดแต่งตามขวาง (B) ตัดแต่งตามยาว (C) และ ตัดแต่งแบบฝาน (D)	22
3.3	เกณฑ์คะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score)	26
4.1	การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน	29
4.2	ค่าความสว่าง (A) ค่าเฉดสี (B) และค่าความเข้มสี (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน	31
4.3	ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของรูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งพร้อมบริโภค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นเวลา 10 วัน	32
4.4	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (A) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน	34
4.5	ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (A) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (A) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	37
4.7	ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (A) และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	38
4.8	กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	39
4.9	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (A) กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (B) และปริมาณสารประกอบฟีนอล (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	41
4.10	การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	44
4.11	ค่าความสว่าง (A) ค่าเฉดสี (B) และค่าความเข้มสี (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	46
4.12	ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นเวลา 10 วัน	47
4.13	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (A) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	48
4.14	ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (A) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	49
4.15	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (A) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.16	ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (A) และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	52
4.17	กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	54
4.18	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (A) กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (B) และปริมาณสารประกอบฟีนอล (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	56
4.19	การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	58
4.20	ค่าความสว่าง (A) ค่าเฉดสี (B) และค่าความเข้มสี (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	60
4.21	ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นเวลา 10 วัน.....	61
4.22	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (A) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	63
4.23	ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (A) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	64
4.24	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (A) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.25	ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (A) และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	67
4.26	กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	69
4.27	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (A) กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (B) และปริมาณสารประกอบฟีนอล (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาคผนวก

รูปภาคผนวกที่		หน้า
ก.1	กราฟมาตรฐาน Gallic acid	87
ก.2	กราฟมาตรฐาน Hydrogen peroxide	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะม่วง (*Mangifera indica*) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยปัจจุบันไทยผู้ส่งออกมะม่วงอันดับ 2 ของอาเซียน และเป็นอันดับ 7 ของโลก โดยในปี 2564 ประเทศไทยส่งออกมะม่วงสู่ตลาดโลก มูลค่ารวมถึง 95 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 52 จากปีก่อนหน้า สำหรับตลาดส่งออกสำคัญ ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และประเทศในกลุ่มอาเซียน (National New Bureau of Thailand, 2022) โดยมะม่วงเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคทั้งแบบผลสุกและผลดิบ มะม่วงขายตึกก็เป็นสายพันธุ์หนึ่งที่สามารถรับประทานได้แบบผลสุกและผลดิบ ซึ่งปัจจุบันกำลังเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากมีรสชาติดี หวานอมเปรี้ยว ผลแก่มีรสมัน เป็นมะม่วงเศรษฐกิจสายพันธุ์หนึ่งของจังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ปลูกกว่า 1000 ไร่ (Palangkaset, 2021) และปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มสูงขึ้น โดยมีความต้องการอาหารที่มีโภชนาการสูง การบริโภคผลไม้ตัดแต่งจึงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสะดวกสบายต่อการบริโภค และมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มะม่วงถือเป็นผลไม้ตัดแต่งที่นิยมอย่างมาก เนื่องด้วยมะม่วงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร วิตามินซี วิตามินเอ สารต้านอนุมูลอิสระ รวมไปถึงแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม และโพแทสเซียม (USDA, 2008)

อย่างไรก็ตามปัญหาของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่สำคัญ คือ ภายหลังจากที่ผลมะม่วงผ่านกระบวนการตัดแต่ง เช่น การปอกเปลือก การนำเมล็ดออก หรือการหั่นชิ้น จะทำให้เนื้อเยื่อเกิดบาดแผล ซึ่งเป็นการทำให้เซลล์ถูกทำลาย ส่งผลต่อการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มสูงขึ้น โดยอาจส่งผลให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน (Ergun, 2006) ปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มสูงขึ้นยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลไม้ตัดแต่งพร้อมพร้อมบริโภคมากกว่าผลไม้ทั้งผล รวมไปถึงผลกระทบอื่น ๆ ที่เกิดจากการสะสมของเอทิลีน เช่น การอ่อนตัวของผลที่เร็วขึ้น (Laurila & Ahvenainen, 2002) การถูกทำลายของเซลล์นอกจากจะส่งผลต่อการผลิตเอทิลีนและการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นแล้ว อาจส่งผลต่อการรั่วไหลของสารต่างๆ รวมไปถึงสารประกอบฟีนอลเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้น โดยมีเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิต ได้แก่ การเกิดอาการสีน้ำตาลในผลไม้ตัดแต่ง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่งทุกชนิด เนื่องด้วยทำให้ไม่เป็นที่ต้องการซื้อของผู้บริโภค โดยอาจส่งผลให้เกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ และการสูญเสียด้านทรัพยากรอาหาร

การลดการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคหลากในปัจจุบันพบว่ามีการใช้หลากหลายวิธี โดยการจุ่มสาร หรือกรดต่างๆ ถือเป็นวิธีที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งหนึ่งในสารที่ได้รับความนิยมที่นำมาใช้ในการจุ่ม คือ สารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สามารถช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ที่เป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดอาการสีน้ำตาลของผลิตผล และจัดเป็นสารเคมีที่ผ่านการรับรองจากองค์การอาหารและยา (FAD) สามารถใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยพบว่ามีงานวิจัยรายงานว่าโซเดียมคลอไรด์ ช่วยชะลอการเกิดน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ของชมพู่ตัดแต่ง (Mola, Uthairatanakij,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Srilaong, Aiamia-or, & Jitareerat, 2016) และ Intarasit, Chanapimuk, Chumyam, Uthaibutra, & Saengnil (2015) รายงานว่าการจุ่มฝรั่งพันธุ์กิมจูตัดแต่งในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ สามารถลดการเกิดอาการสีน้ำตาลได้โดยมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ตลอดจนการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเนื้อผลได้ดี รวมถึงมีความสามารถในการช่วยลด *E. coil* และ coliform ในผักสลัดกรีนโอ๊คตัดแต่งได้อีกด้วย (Hengphum, Uthairatanakij, Boonyaritthongchai, Pongprasert, & Jitareerat, 2015) และสารแคลเซียมแอสคอร์เบทสามารถช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ส่งผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่ง (Boonyaritthongchai and Keawmanee, 2020) นอกจากนี้รูปแบบการตัดแต่งมีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาล โดยไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากนัก แต่กระตุ้นการสังเคราะห์ทางชีวเคมีของฟีนอลิก และช่วยให้สารต้านอนุมูลอิสระทำงานได้ดียิ่งขึ้น (Li et al., 2017) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงรูปแบบการตัดแต่งต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษารูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วง การจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ และสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยลดปัญหาการสูญเสียผลิตผลมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษารูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วงต่อคุณภาพ และการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพ และการชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารแคลเซียมแอสคอร์เบทร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพและการชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่ง และประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อคุณภาพ และการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง โดยทำการทดสอบทางเคมี และทางกายภาพของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการนำสารโซเดียมคลอไรด์ และสารแคลเซียมแอสคอร์เบทมาใช้เพื่อรักษาคุณภาพและชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงตัดแต่ง และผักผลไม้ตัดแต่งชนิดอื่น
2. เป็นวิธีการหรือแบบอย่างในการจัดการรูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วงและผลไม้ชนิดอื่น โดยเป็นการจัดการคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ซับซ้อนซึ่งเป็นประโยชน์ในทางการค้าเชิงพาณิชย์ต่อไป
3. เป็นแนวทางเพื่อใช้ต่อยอดในการนำไปใช้จริง รวมถึงการศึกษากลไกของสารโซเดียมคลอไรด์และสารแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) จัดอยู่ในอันดับ Sapindales และอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae โดยเป็นหนึ่งในผลไม้เมืองร้อนที่ได้รับความนิยมมากที่สุดและเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศเขตร้อน เช่น อินเดีย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย จีน ฟิลิปปินส์ บังคลาเทศ ปากีสถาน เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา และบราซิล (Mukherjee, 1997) ด้วยสีสันที่น่าดึงดูด น่ารับประทาน และรสชาติที่ดี ตลอดจนมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพสูง มีรายงานว่ามีรงค-วัตถุจำนวนมาก เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ (Grundhofer, Niemetz, Schilling, & Gross, 2001) แคโรทีนอยด์มะม่วงจะอยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีนมากที่สุด โดยมีถึงร้อยละ 60 ของแคโรที-นอยด์ทั้งหมด (Niyomwit, 1986) ซึ่งเบต้าแคโรทีนสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ดีที่สุด นอกจากนี้ เบต้าแคโรทีนยังเป็นสารต้านออกซิเดชั่น คอยกำจัดอนุมูลอิสระ ทำให้เซลล์ในร่างกายทำงานได้เป็นปกติ (Daengprok, 2013) โดยสำนักงานอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จัดเบต้าแคโรทีนให้อยู่ในกลุ่มอาหารปลอดภัย ซึ่งแนะนำให้รับประทานบีทา-แคโรทีน วันละ 5.2 มิลลิกรัมที่ควรได้รับจากอาหาร (Block & Langseth, 1994) นอกจากนี้มะม่วงยังมีสารประกอบฟีนอล เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และเทอร์ปีน เป็นต้น โดยสารประกอบฟีนอลมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน ช่วยป้องกันการอนุมูลอิสระ ที่มีส่วนช่วยลดต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น (Scalbert, Johnson, & Saltmarsh, 2005) และมะม่วงยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร วิตามินซี วิตามินเอ รวมไปถึงแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม และโพแทสเซียม (USDA, 2008)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึก

ลักษณะทรงพุ่ม : พุ่มขนาดปานกลาง เปลือกต้นขรุขระ ใบรูปใบหอก ขอบขนาน ปลายเรียวแหลม ฐานใบมน ขอบใบเรียบ (Posomboon & Rudcharate, 2013)

รูปร่างและสีผิวผล : รูปร่างกลมมน ส่วนหัวใหญ่ ปลายผลด้านท้องสอบเข้า คล้ายรูปหัวใจ ผลดิบสีเขียว มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ผลแก่สีเหลือง ผลแก่จัดมีกระเป็นจุดดำขึ้นทั่วผล ผลสุกสีเหลืองเข้ม เปลือกหนา เรียบ (Posomboon & Rudcharate, 2013) (รูปที่ 2.1)

ขนาดผล : น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 230 กรัม ความกว้าง 6.6 เซนติเมตร ความยาว 10.3 เซนติเมตร ความหนา 5.5 เซนติเมตร เปลือกหนา 0.13 เซนติเมตร เมล็ดลีบ (Plant Varieties Protection Office, 2001)

สีเนื้อ : ผลแก่สีเหลืองเข้ม ผลสุกสีเหลืองอมส้มคล้ายขมิ้น เนื้อละเอียด ไม่มีเสี้ยน

รสชาติ : ผลดิบรสชาติหวานมันปนเปรี้ยว ผลแก่รสชาติกรอบมันอมเปรี้ยวเล็กน้อย (ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคระยะนี้) ผลสุกรสชาติหวานอยู่ที่ระดับ 18 – 20 องศาบริกซ์ (Saensuk, 2011) กลิ่นหอม เนื้อสุกเต็มที่ไม่เละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการเก็บเกี่ยว : ระยะตั้งแต่เริ่มติดผลจนถึงผลแก่ประมาณ 100 วัน (Saensuk, 2011)

ข้อมูลด้านการปลูก : มีถิ่นกำเนิดที่จังหวัดฉะเชิงเทรา (Saensuk, 2011) และถือเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญในปัจจุบัน นอกจากนั้นยังพบว่ามีพื้นที่ปลูกที่สำคัญอีก 2 แห่ง คือ นนทบุรี และกรุงเทพฯ ฝั่งธนบุรี (Kusuma na Ayudhya, 2012) มะม่วงขายตึกเป็นมะม่วงที่ออกดอกติดผลง่าย และให้ผลดกมาก

รูปที่ 2.1 ลักษณะต้น ใบ และผลแก่ของมะม่วงพันธุ์ขายตึก
ที่มา: Technologychaoban (2018)

2.3 คุณค่าทางอาหารมะม่วง

คุณค่าทางอาหาร (nutritional values) ของมะม่วงขึ้นกับสายพันธุ์ พื้นที่ปลูก และความสุกแก่ของมะม่วง เนื้อมะม่วงประกอบด้วย น้ำ คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ แร่ธาตุ สารสี แทนนิน สารประกอบที่ให้กลิ่นและรสสัมผัส เป็นต้น มะม่วงมีไขมันและโปรตีนในปริมาณน้อยมาก และคาร์โบไฮเดรตที่พบในมะม่วงส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลและใยอาหาร เมื่อมะม่วงสุกจะมีปริมาณวิตามินเอเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่วิตามินเอในมะม่วงอยู่ในรูปของแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นของวิตามินเอ วิตามินเอมีความสำคัญต่อสายตาและการมองเห็น รวมไปถึงกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ของร่างกาย มะม่วงสุกจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น และปริมาณของกรดเมวาโลนิค (mevalonic acid) ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นของแคโรทีนอยด์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ความเป็นกรดลดลงและมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มะม่วงยังอุดมไปด้วยวิตามินซี โดยมะม่วงสุกจะมีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่ามะม่วงดิบ มะม่วงดิบ และให้พลังงานน้อยกว่ามะม่วงสุก การให้พลังงานของมะม่วงดิบจะอยู่ในช่วง 54-86 แคลอรี่ต่อส่วนที่กินได้ 100 กรัม ส่วนมะม่วงสุกให้พลังงานอยู่ในช่วง 62-114 แคลอรีต่อส่วนที่กินได้ 100 กรัม ขึ้นกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาลที่มีอยู่ (Daengprok, 2013) (ตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงดิบ มะม่วงห่าม และมะม่วงสุกในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	มะม่วงดิบ	มะม่วงห่าม	มะม่วงสุก
พลังงาน (แคลอรี่)	60	69	62
ความชื้น (กรัม)	82.9	81.1	82.6
โปรตีน (กรัม)	0.6	0.4	0.6
ไขมัน (กรัม)	0.4	0.6	0.3
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	15.3	17.5	15.9
ใยอาหาร (กรัม)	0.4	0.2	0.5
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	10	10	10
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	15	15	15
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.2	0.3	0.3
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	183	392	3,133
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.06	0.06	0.06
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.05	0.05	0.05
ไนอะซิน	0.6	0.6	0.6
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	62	48	36

ที่มา: Bureau of Nutrition (1978)

2.4 ผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค

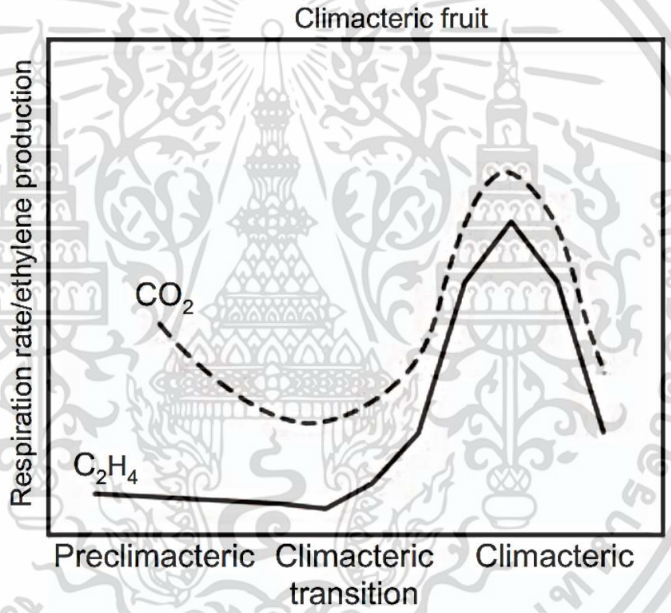
ผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค หมายถึง ผลไม้สดที่ผ่านการคัดเลือก ปอกเปลือก ตัดแต่ง หรือหั่นเป็นชิ้น และบรรจุในบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับคุณค่าทางโภชนาการสูง รสชาติดี สะดวกสบาย ในขณะที่ยังคงความสดของผลไม้ (IFPA, 2001) ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญ และสนใจด้านอาหารสดที่ดีต่อสุขภาพ สะดวก สะอาด และมีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะผักและผลไม้สดส่งผลให้การบริโภคผักและผลไม้สดได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น และผู้บริโภคยังต้องการความสะดวกสบาย รวมถึงความปลอดภัยในการบริโภค ความสนใจของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น และมีปริมาณการจัดจำหน่ายเพิ่มขึ้นทั้งในตลาดสด และห้างสรรพสินค้า ตลอดจนกระตุ้นการเติบโตในการค้าระหว่างประเทศของผลไม้สดตัดแต่ง ผลไม้เมืองร้อนสดตัดแต่งในตลาดปัจจุบัน ได้แก่ แคนตาลูป แตงโม มะม่วง ขนุน ส้มโอ มะละกอ สับปะรด และผักสลัด เป็นต้น (Rattanapanone, Chongsawat, & Chaiteep, 2000; James & Ngarmsak, 2010)

2.5 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะม่วงสดตัดแต่ง

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีการหายใจแบบ climacteric fruit คือ ผลมะม่วงมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างกระบวนการสุก ภายใต้การกระตุ้นของแก๊สเอทิลีนที่ผลมะม่วงปล่อยออกมามากขึ้นในระยะการสุก (รูปที่ 2.2) และเมื่อผลมะม่วงผ่านกระบวนการตัดแต่ง เนื้อเยื่อที่เกิดบาดแผลจากกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การปอกเปลือก การนำเมล็ดออก และรูปแบบการหั่น เป็นต้น ซึ่งทำให้เซลล์ถูกทำลาย ของเหลวและองค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ที่ถูกทำลายจะไหลออกมาภายนอกเซลล์ การเสียหายของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ จากกระบวนการแปรรูปนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรีรวิทยาที่แตกต่างจากมะม่วงทั้งผล เมื่อเซลล์เกิดบาดแผลจากแรงกลภายนอก เซลล์จะส่งสัญญาณทั้ง เคมี ไฟฟ้า และฮอร์โมน จากบริเวณที่เกิดบาดแผลออกไปยังเซลล์ข้างเคียง ซึ่งจะขยายสัญญาณดังกล่าวนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจและการผลิตแก๊สเอทิลีน การสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล และการกระตุ้นให้เกิดกลไกการซ่อมแซมของเซลล์พืช นอกจากนี้เนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของเซลล์ (epidermis) ซึ่งถูกทำลายและสูญเสียไปเนื่องจากกระบวนการตัดแต่งยังส่งผลให้เนื้อเยื่อของผลไม้สดตัดแต่งนั้นสูญเสียน้ำ และเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย การเปลี่ยนแปลงที่กล่าวมาข้างต้นนั้นก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ การสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นและรสชาติ และเนื้อสัมผัส รวมถึงการปนเปื้อนและการเจริญของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามความไวต่อการเกิดบาดแผลของเนื้อเยื่อพืชนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่สำคัญด้วย ได้แก่ พันธุ์ (cultivar) ความบริบูรณ์ (maturity) ระยะการสุก (ripening) ความรุนแรงของแรงกลที่ได้รับ สภาวะการเก็บรักษา (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และส่วนประกอบของบรรยากาศ) และสารเคมีที่ใช้ร่วมในกระบวนการแปรรูป (Ngamchuachit, 2017)



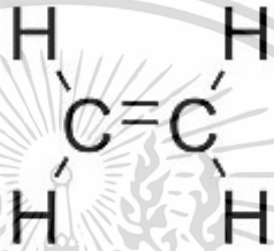
รูปที่ 2.2 อัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนของผลไม้ประเภท climacteric fruit
ที่มา: Alós, Rodrigo, & Zacarias (2019)

2.5.1 การผลิตเอทิลีนและการหายใจ

บาดแผลที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปผลิตผลสดอาจเร่งการผลิตเอทิลีน (รูปที่ 2.3) และการหายใจในผลไม้ตัดแต่งโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เก็บรักษา ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความเสียหายระหว่างกระบวนการผลิต การผลิตเอทิลีนที่สูงขึ้นเนื่องจากการกระทบกระแทกหรือทำให้เกิดบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออาจส่งผลให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Ergun, 2006) ปริมาณเอทิลีนที่สูงขึ้นนี้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลไม้สดตัดแต่งมากกว่าในผลไม้ทั้งผล แต่มะม่วงเป็นผลิตผลที่มีการผลิตเอทิลีนได้ในปริมาณต่ำ (0.1–2 μl/kg/h) จึงพบการเปลี่ยนแปลงได้ค่อนข้างยากในระหว่างการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจของผลไม้สดตัดแต่งเป็นผลมาจากปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นของเนื้อเยื่อเกิดบาดแผล การตอบสนองของเนื้อเยื่อต่ออัตราการหายใจนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างล่าช้ากว่าอัตราการผลิตเอทิลีน นอกจากนี้อัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากความสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สของเนื้อเยื่อที่เพิ่มขึ้นในผลไม้สดตัดแต่งเนื่องจากคิวติเคิล (cuticle) และเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดถูกตัดออกไป ทำให้เนื้อเยื่อมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรในการแลกเปลี่ยนแก๊สเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลให้เซลล์นำน้ำตาล กรดอินทรีย์ และสารอาหารไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์มากขึ้น ดังสมการการหายใจ ในรูปที่ 2.4 และนำไปสู่การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น รวมไปถึงรสชาติของผลิตภัณฑ์ อัตราการหายใจจะผกผันกับอายุการเก็บรักษาของผลิตผล ดังนั้นหากมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นจาก กระบวนการตัดแต่งจึงส่งผลทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นลง (Ngamchuachit, 2017)



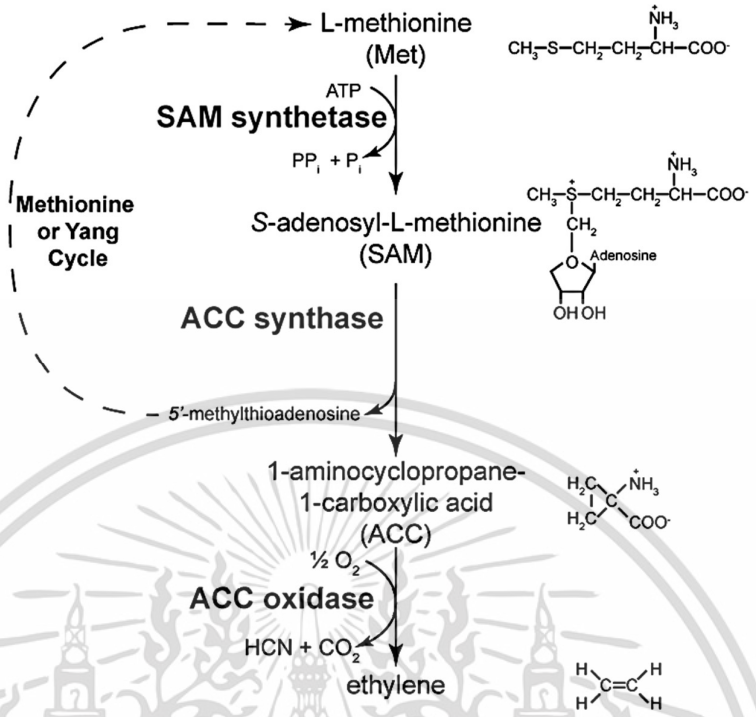
รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างทางเคมีของเอทิลีน
ที่มา : Marspedia (2022)

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

รูปที่ 2.4 สมการการหายใจของผลิตผลที่สะสมอาหารในรูปแบบคาร์โบไฮเดรต
ที่มา : Bunnag (1999)

การสังเคราะห์เอทิลีนเกิดขึ้นจากกรดอะมิโนเมทไทโอนีน (methionine) ผ่าน S-adenosyl-L-methionine synthetase (Adomet หรือ SAM) และกรดอะมิโนวงแหวนที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบของโปรตีน 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาสังเคราะห์เอทิลีน ได้แก่ SAM synthetase, ACC synthase และ ACC oxidase โดยเอนไซม์ ACC synthase ซึ่งอยู่ใน ไซโทพลาซึมนอกจากจะสร้าง ACC แล้วยังสร้าง 5-methylthioadenosine ซึ่งจะถูกนำไปใช้สร้างเมทไทโอนีนขึ้นมาใหม่ผ่าน methionine cycle หรือ Yang cycle โดยในวัฏจักรนี้คาร์บอนของน้ำตาลไรโบส (ribose) จะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนหลักของเมทไทโอนีนซึ่งจะถูกนำไปสร้างเอทิลีน ดังนั้นคาร์บอนอะตอมของโมเลกุลเอทิลีนที่ถูกสร้างขึ้นแท้จริงแล้วได้มาจาก adenosine ซึ่งมาจากจาก ATP ส่วนกลุ่ม methylthio จะถูกนำกลับไปใช้ในการสร้างเมทไทโอนีนอยู่เรื่อย ๆ ดังนั้นพืชจึงสามารถผลิตเอทิลีนได้ในปริมาณมาก ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณกรดอะมิโนเมทไทโอนีนเพียงเล็กน้อย (Siriphanich, 2006) ขั้นตอนสุดท้ายของการสังเคราะห์ ACC จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นเอทิลีนโดยมี ACC oxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ต้องการออกซิเจน และจะถูกยับยั้งเมื่อมีสภาพความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ (Yang & Hoffman, 1984) (รูปที่ 2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน
ที่มา : Bakshi, Shemansky, Chang, & Binder (2015)

2.5.2 การเสียสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์

การเสียสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์จากกระบวนการตัดแต่ง ทำให้การจัดแบ่งส่วนต่าง ๆ ของเซลล์และออแกเนลล์ถูกทำลาย และไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ ส่งผลกระทบที่สำคัญ คือ เอนไซม์และสารตั้งต้นที่เคยแยกจากกันอยู่ภายในเซลล์ถูกหลั่งออกมาและทำปฏิกิริยากัน และส่งผลให้เกิดการเสื่อมคุณภาพด้านต่าง ๆ เช่น ลักษณะปรากฏ (การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์) เกิด กลิ่น รสชาติไม่พึงประสงค์ และลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มลง นอกจากนี้ยังลดสมบัติการเป็นเยื่อเลือกซึมผ่านได้ของเยื่อหุ้มเซลล์ และลดการสังเคราะห์ฟอสฟอลิพิดอีกด้วย เนื้อเยื่อที่เกิดบาดแผลสามารถกระตุ้นให้เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ จากการทำงานของเอนไซม์ phospholipase D และ lipid acylhydrolases เกิดเป็น กรดไขมันอิสระ ซึ่งกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นนี้เป็นพิษต่อเซลล์และยังก่อให้เกิดการย่อยออร์แกเนลล์ อีกทั้งกรดไขมันอิสระดังกล่าวสามารถจับและยับยั้งการทำงานของโปรตีนได้และยังสามารถเกิดปฏิกิริยา α-oxidation หรือทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ลิพอกซิจีเนส (lipoxygenase) เกิดอนุมูลอิสระซึ่งทำลายเยื่อหุ้มเซลล์มากยิ่งขึ้นอีกด้วย (Ngamchuachit, 2017)

2.5.3 การสูญเสียน้ำ

พืชและผลิตผลสดต่าง ๆ ต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมักมีอยู่สูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงมีศักยภาพที่จะสูญเสียออกจากผลิตผลอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ผลิตผลจะมีเนื้อเยื่อโครงสร้างต่าง ๆ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ได้แก่ชั้นของ epidermis รวมทั้งไข (wax) และ cutin ที่เคลือบผิวอยู่ แต่ผลิตผลก็จำเป็นต้องมีช่องเปิดต่าง ๆ เช่น ปากใบ และ lenticel เพื่อถ่ายเทอากาศนำเอาอกซิเจนเข้าไปสำหรับการหายใจ และระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การสูญเสียน้ำออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลิตผลจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลนอกจากจะทำให้น้ำหนักที่จะขายได้ลดลงแล้ว ยังทำให้รสชาติของผลิตผลลดลงด้วยโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) และยังทำให้ผิวเหี่ยวย่นไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค โดยบาดแผลเป็นอีกช่องทางสูญเสียน้ำออกไปจากผลิตผลได้ง่ายและสะดวกกว่าช่องทางอื่น ๆ เพราะสิ่งกีดขวางการเข้าออกของน้ำถูกทำลายลงไปหมด แต่ผลิตผลโดยทั่ว ๆ ไปมักจะมีความสามารถในการสมานแผลที่เกิดขึ้น เช่น ในมันฝรั่งจะมีการสร้างเนื้อเยื่อ periderm ขึ้นมาปิดบาดแผลเซลล์ของเนื้อเยื่อ periderm นี้มีสารพวก suberin ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับ wax สะสมในผนังเซลล์อยู่มาก ทำให้การสูญเสียน้ำเกิดขึ้นได้น้อย และช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคด้วยนอกจากบาดแผลที่เป็นช่องเปิดโดยตรงแล้วรอยช้ำที่เกิดจากการกระทบกระเทือนจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำได้มากขึ้นเช่นกัน เพราะเมื่อเซลล์ถูกทำลายจุลินทรีย์จะเข้าเจริญเติบโต และทำลายโครงสร้างในการป้องกันการสูญเสียน้ำให้หมดไปเกิดเป็นช่องเปิดให้สูญเสียน้ำได้ (Siriphanich, 2006) การสูญเสียน้ำในผลไม้สดตัดแต่งนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการสูญเสีย cuticle และเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของผลไม้จากกระบวนการตัดแต่ง เช่น การปอกเปลือก การตัดแต่ง หรือการหั่นชิ้น การเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของผลไม้จะส่งผลให้น้ำสามารถระเหยออกได้ง่าย และส่งผลโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำหนัก การเหี่ยวหรือการหดตัวของผลิตภัณฑ์ (Ngamchuachit, 2017) จากผลงานวิจัยพบว่าวิธีการปอกเปลือกมีผลต่อการสูญเสียน้ำในแครอทเป็นอย่างมาก การปอกเปลือกแบบการขูดโดยใช้เครื่องจักรมีอัตราการสูญเสียน้ำสูงกว่าการปอกเปลือกแครอทด้วยมือโดยใช้ใบมีดที่คมมากถึง 3 เท่า (Barry-Ryan & O'Beirne, 1998) การสูญเสียน้ำของผลมะม่วงสดตัดแต่งส่งผลให้เกิดการแสดงลักษณะที่ส่งผลต่อคุณภาพ โดยจากงานวิจัยพบว่าผลมะม่วงตัดแต่งพันธุ์ Keitt, Kensington, Palmer และ Tommy Atkins มีลักษณะของผิวผลิตผลที่แห้งซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดคุณภาพของผลไม้ตัดแต่ง (Beaulieu & Lea, 2003; De Souza, O'Hare, Durigan, & De Souza, 2006; Ngamchuachit, Mitcham, & Barrett, 2016)

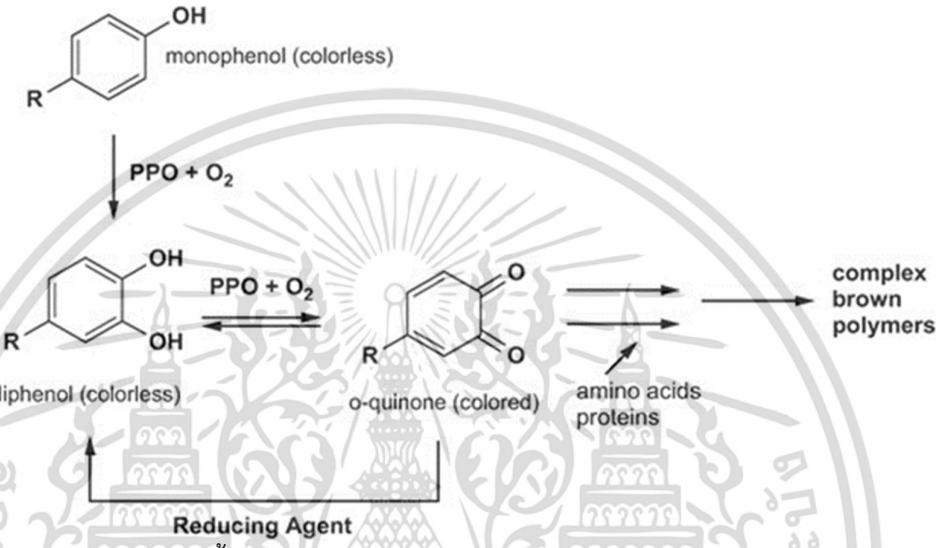
2.5.4 การเปลี่ยนแปลงรสชาติ

องค์ประกอบทางเคมีที่มีความสำคัญต่อรสชาติของผลไม้นั้น ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแป้ง ปริมาณกรดอินทรีย์ สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับกรดอินทรีย์ เป็นต้น โดยในผลไม้ประเภท climacteric การเพิ่มของปริมาณน้ำตาลมักมาจากการย่อยสลาย อาหารสะสมพวกแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตภายในเนื้อเยื่อ การเพิ่มของปริมาณน้ำตาลเหล่านี้เป็นผลมาจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรทที่สะสมอยู่ โดยเอนไซม์ α-amylase และเอนไซม์ β-amylase หรือเอนไซม์ Starch phosphorylase ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์เหล่านี้จะเพิ่มขึ้นอย่างมากในระหว่างการสุก การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดมีความสำคัญต่อการพัฒนาของรสชาติของผลไม้ในระหว่างการสุก ปริมาณกรดในผลไม้ส่วนใหญ่จะลดลงจากการถูกใช้ไปเป็นสารประกอบของการหายใจ (respiratory substrates) และการนำไปเป็นโครงสร้างคาร์บอน (carbon skeleton) ของการสังเคราะห์สารชนิดอื่น ๆ ในระหว่างการสุก (Techawongstien, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ชีวเคมีของการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดอาการสีน้ำตาลในผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ถือเป็นปัญหาสำคัญอย่างมากเนื่องจากส่งผลต่อความต้องการซื้อของผู้บริโภค ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลผลิตสด โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องเอนไซม์ (enzymatic browning) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องเอนไซม์ (non-enzymatic browning) ได้แก่ maillard reaction, ascorbic acid oxidation และ caramelization (Moon, Kwon, Lee, & Kim, 2020)

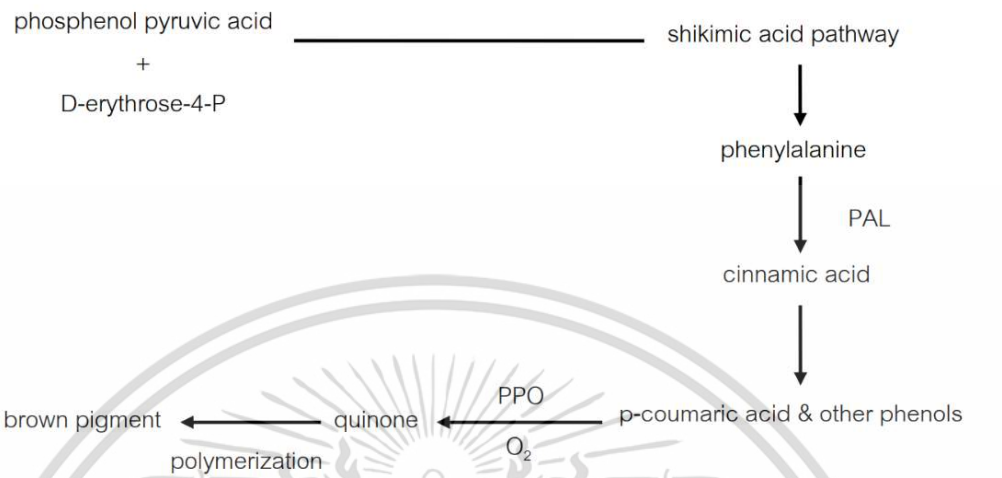


รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส
ที่มา : Walker (1977)

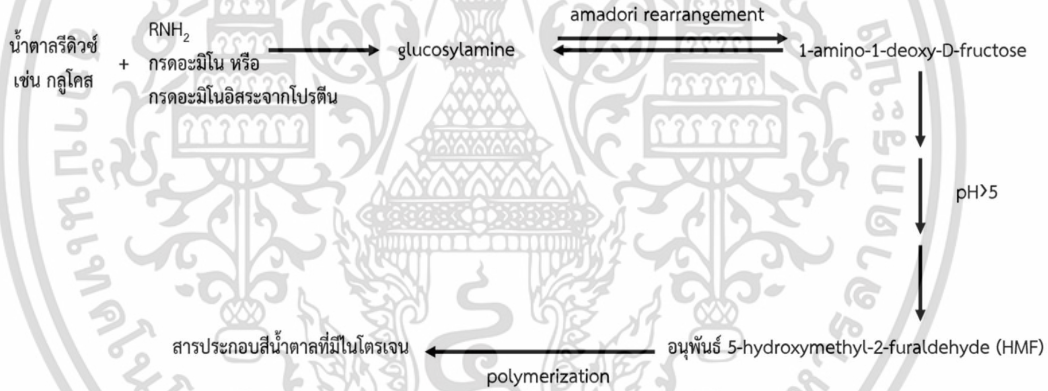
กลไกการเกิดสีน้ำตาลเริ่มต้นจากการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล เช่น cinnamic acid tyrosine และ phynylalanine โดยได้จากการรวมตัวกันของโมเลกุล phosphoenol pyruvate จาก glycolysis และ erythrose-4-phosphate จาก calvin cycle หรือ pentose phosphate pathway เข้าสู่ shikimic acid pathway เพื่อสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล โดยทำงานของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ซึ่งดึงเอา amino group ออกจาก phenylalanine ได้เป็นกรด cinnamic ต่อมาเมื่อพืชได้รับความเสียหายทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่ม oxidoreductase ทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับสารประกอบอะโรมาติกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นซับสเตรท ทำปฏิกิริยากันโดยมีออกซิเจนในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เป็น monophenol จากนั้นถูกออกซิไดซ์เป็น diphenol และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และสุดท้ายจะรวมตัวกันเป็นสารโมเลกุลใหญ่ได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาลที่เป็นพอลิเมอร์ (รูปที่ 2.6) ที่มีโครงสร้างซับซ้อนเรียกว่า melanin และปรากฏสีน้ำตาลออกมา (Siriphanich, 2006) (รูปที่ 2.7) โดยสารเมลานินนี้ยังสามารถทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโนและโปรตีนเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ทำให้เกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นได้อีกด้วย (Beaulieu & Gorny, 2016) เช่น เมื่อโมเลกุลของน้ำตาลได้รับความร้อนก็จะเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นที่มีกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

amino (-NH_2) เรียกปฏิกิริยานี้ว่าปฏิกิริยา Maillard เปลี่ยนเป็นสารสีน้ำตาลได้โดยไม่ต้องถูกกระตุ้นด้วยเอนไซม์ (Siriphanich, 2006) (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล และกลไกการเกิดสีน้ำตาล
ที่มา : Rakwong (2013)

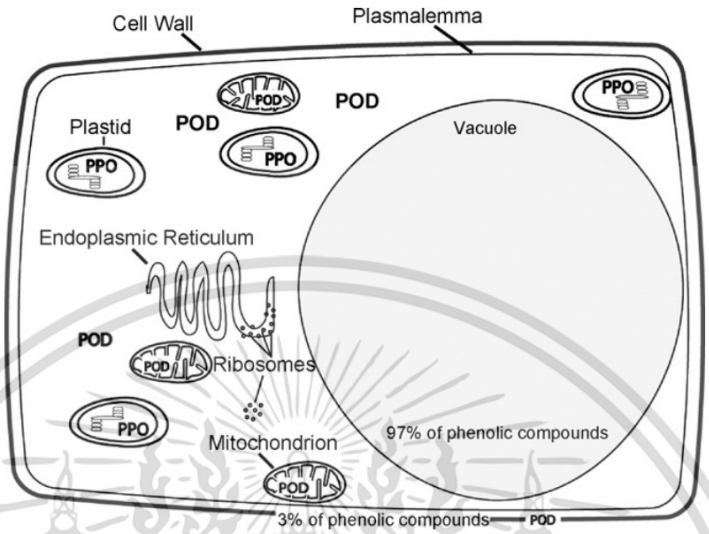


รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยา Maillard จากน้ำตาลกลูโคสทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Siriphanich (2006)

โดยปกติในพืช เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) จะอยู่ในคลอโรพลาสต์หรือในพลาสทิดอื่นๆ แยกต่างหากจากสารประกอบฟีนอล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นและสะสมอยู่ภายในแวคิวโอล (รูปที่ 2.9) เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย เอนไซม์และสารตั้งต้นจะสัมผัสกันและเกิดปฏิกิริยา นอกจากการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดบาดแผลจากสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ การเกิดสีน้ำตาลอาจเกิดขึ้นภายในพืชก็ได้ เช่น เมื่อเกิดการช้ำภายในเนื้อเยื่อของผลไม้เนื่องจากผลกระทบ นอกจากนั้นการเกิดสีน้ำตาลยังอาจเกิดได้ในสภาพอุณหภูมิสูงหรือต่ำจนเกินไป ตัวอย่างเช่น การเก็บรักษาสับปะรดไว้ภายใต้บรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจนเกินไปจะส่งผลให้เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) การเก็บมันฝรั่งหรือผลไม้ชนิดอื่นๆ ไว้ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ หรือมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปก็อาจส่งผลให้เกิดอาการสีน้ำตาลขึ้นภายในได้เช่นกัน ซึ่งสภาพแวดล้อมดังกล่างไม่เอื้อต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จึงทำให้เซลล์ภายในพืชตายลง และส่งผลต่อเยื่อหุ้มต่างๆ เสื่อมคุณภาพ เอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

polyphenol oxidase (PPO) จึงมีโอกาสสัมผัสกับสารประกอบฟีนอลและก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ (Siriphanich, 2006)

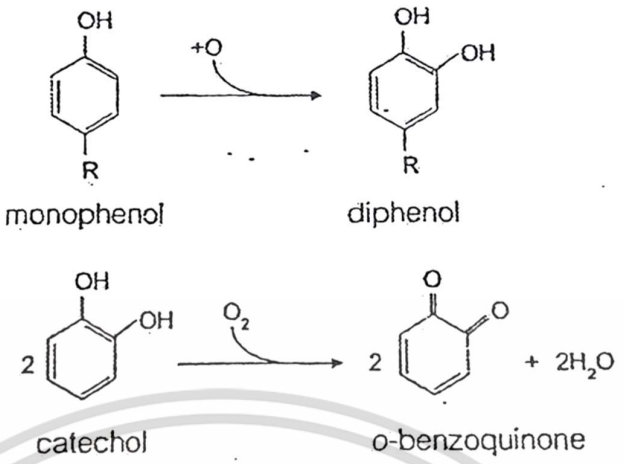


รูปที่ 2.9 ตำแหน่งที่พบสารประกอบฟีนอล เอนไซม์ PPO และเอนไซม์ POD ภายในเซลล์พืช
ที่มา : Toivonen & Brummell (2007)

เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO)

เป็นโปรตีนที่มีโลหะทองแดงเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่กระตุ้นปฏิกิริยาพื้นฐาน 2 อย่าง คือ hydroxylation สารประกอบฟีนอล ณ ตำแหน่ง ortho โดยใช้ออกซิเจนเป็นสารตั้งต้นร่วม ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบ diphenol ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เรียกปฏิกิริยานี้ว่า monophenol oxidase activity ส่วนอีกปฏิกิริยา ได้แก่ การออกซิไดส์สารประกอบ diphenol โดยใช้ออกซิเจนเป็นสารตั้งต้นร่วมเช่นเดียวกัน ได้เป็น o-benzoquinone (รูปที่ 2.10) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า diphenol oxidase activity โดยทั่วไปในพืชพบทั้งสองปฏิกิริยา แต่ปฏิกิริยาแรกเกิดขึ้นก่อนค่อนข้างช้ากว่าปฏิกิริยาหลังค่อนข้างมาก ส่วนใหญ่พบว่าสัดส่วนระหว่างอัตราของปฏิกิริยาแรกกับปฏิกิริยาหลังอยู่ระหว่าง 1:10 ถึง 1:40 ในเห็ดพบว่า PPO ประกอบด้วย 2 subunit ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการมีปฏิกิริยาทั้งสอง อย่างไรก็ตาม ในมะม่วงพบว่ามี PP0 2 Isozyme แต่ทั้ง 2 Isozyme กระตุ้นปฏิกิริยา diphenol oxidation ในกล้วยหอมพันธุ์ Gros Michel พบว่าเอนไซม์นี้กระตุ้นเฉพาะปฏิกิริยา diphenol oxidation แต่ในกล้วยหอมพันธุ์อื่น ๆ พบทั้ง 2 ปฏิกิริยา จากการที่ PPO กระตุ้นปฏิกิริยาทั้งสองได้ดังกล่าว ทำให้มีชื่อเรียกเอนไซม์นี้ได้หลายชื่อ คือ monophenol oxidase, diphenol oxidase, phenol oxidase, phenolase, tyrosine oxidase, cresolase, และ catecholase ตามสารตั้งต้นของปฏิกิริยานั้น ๆ เช่น tyrosine cresol และ catechol (Siriphanich, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยา polyphenol oxidase ประกอบด้วย 2 ปฏิกิริยาย่อย
ที่มา : Marshall, Kim, & Wei (2000)

เอนไซม์ peroxidase (POD)

เป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพของผลิตผล เช่น การสูญเสียรสชาติและปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพต่างๆ ยังเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์ เนื่องจากไดฟีนอลอาจทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาของเอนไซม์ลดลง และอาจส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้มีสีคล้ำขึ้นในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา แม้ว่า POD จะถูกจำกัดโดยสารประกอบตัวรับอิเล็กตรอน เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แต่ก็มีรายงานความเกี่ยวข้องในการทำให้เป็นสีน้ำตาลของผักและผลไม้ต่างๆ (Jang & Mood, 2011) พบว่ามีงานวิจัยของมะม่วงพันธุ์ 'Pairi' รายงานว่าเปลือกมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่าเนื้อมะม่วง (Abou Aziz, Abdel-Wahab, & El- Ghandour, 1976) ดังนั้นจึงควรปอกเปลือกมะม่วงด้วยใบมีดที่คมเพื่อลดการปนเปื้อนของสารประกอบฟีนอลจากเปลือกสู่เนื้อมะม่วง นอกจากนี้ปริมาณเอนไซม์ PPO และสารประกอบฟีนอลยังพบมากบริเวณเนื้อเยื่อมะม่วงสดตัดแต่งบริเวณที่ติดกับเมล็ดมากกว่าบริเวณอื่น ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมากกว่าบริเวณอื่น (Ngamchuachit, 2017)

สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds)

พบในพืชมีมากมายหลายชนิด โดยมีชนิดและปริมาณแตกต่างกันไปในแต่ละส่วนของพืชและชนิดของพืช รวมทั้งขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม โครงสร้างทางเคมีหลักของสารประกอบฟีนอลประกอบด้วยวงแหวนเบนซีนซึ่งมีกลุ่มไฮดรอกซิล (OH) เกาะอยู่กับคาร์บอนตำแหน่งที่หนึ่งหรือมากกว่า และอาจมีกลุ่มเคมีอื่นๆเกาะกับคาร์บอนอื่นๆด้วย โดยสารฟีนอลพื้นฐานที่เป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO ได้แก่ ฟีนอล แคติคอล และครีซอล สำหรับแคติคอลนั้นนิยมใช้เป็นสารตั้งต้นในการศึกษาเกี่ยวกับกลไกการเกิดอาการสีน้ำตาล หรือศึกษาเอนไซม์ PPO ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของฟีนอล (diphenol oxidation) อื่นๆ เพราะสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO ในพืชต่างๆ มักมีโครงสร้างบางส่วนคล้ายแคติคอล ตัวอย่างสารประกอบฟีนอลในมะม่วง เช่น catechin, tyrosine, 3,4-dihydroxyphenylalanine, caffeic acid, chlorogenic acid เป็นต้น (Siriphanich, 2006; Marshall, Kim, & Wei, 2000) ถึงแม้ว่าสารประกอบฟีนอลเหล่านี้จะพบมากในพืช แต่มีเพียงสารประกอบบางอย่างเท่านั้นที่ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นให้กับเอนไซม์ PPO ในพืชแต่ละชนิด (ตารางที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) สารประกอบฟีนอลบางอย่างเป็นสารตั้งต้นให้กับเอนไซม์ PPO เช่น catechol แต่บางอย่างก็เป็นสารตั้งต้นในพืชบางชนิดเท่านั้น เช่น tyrosine นอกจากนี้ยังพบว่าเอนไซม์ PPO มีความเฉพาะเจาะจงกับชนิดของสารตั้งต้นในพืชแต่ละชนิด ในขณะที่สารประกอบฟีนอลบางตัวทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO เองได้อีกด้วย การเกิดสีน้ำตาลในพืชจึงขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบฟีนอล และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (Siriphanich, 2006)

ตารางที่ 2.2 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่เป็นสารตั้งต้นของ PPO ในผักและผลไม้บางชนิด

แหล่งที่มา	ชนิดของสารประกอบฟีนอล
โกโก้	catechins, leucoanthocyanidins, anthocyanins, complex tannins
กล้วยหอม	3,4-dihydroxyphenythylamine (Dopamine), leucodelphinidin, leucocyanidin
ท้อ	chlorogenic acid, pyrogallol, 4-methyl catechol, catechol, caffeic acid, gallic acid, catechin, dopamine
ใบชา	flavonols, catechins, tannins, cinnamic acid derivatives
ผักกาดหอม	tyrosine, caffeic acid, chlorogenic acid derivatives
เมล็ดกาแฟ	chlorogenic acid, caffeic acid
มะเขือม่วง	chlorogenic acid, caffeic acid, coumaric acid, cinnamic acid derivatives
มะม่วง	dopamine-HCl, 4-methyl catechol, caffeic acid, catechin, chlorogenic acid, tyrosine, 3,4-dihydroxy-phenylalaninine (DOPA), *p*-cresol
มันเทศ	chlorogenic acid, caffeic acid, caffeylamide
มันฝรั่ง	chlorogenic acid, caffeic acid, DOPA, *p*-cresol, *p*-hydroxyphenyl propionic acid, *p*-hydroxyphenyl, pyruvic acid, *m*-cresol

ที่มา : ดัดแปลงจาก Marshall, Kim, & Wei (2000)

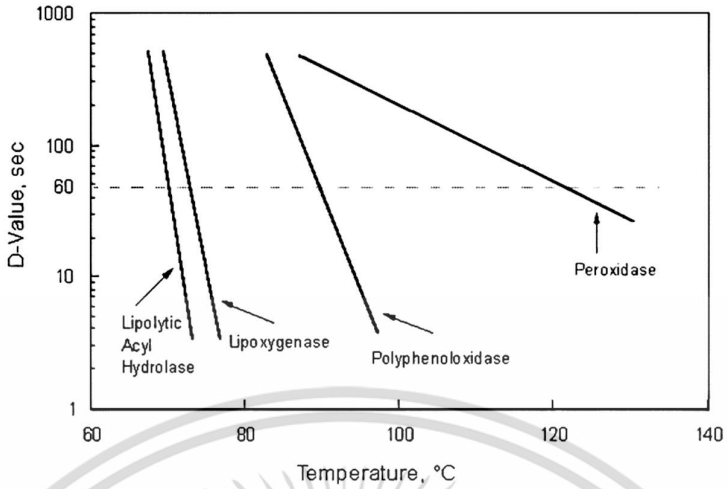
2.7 การป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์

2.7.1 การทำให้เอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation)

การใช้ความร้อน

การใช้วิธีการลวกเป็นการให้ความร้อนระยะเวลาสั้นๆ เพื่อทำให้เอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนเสื่อมสภาพธรรมชาติ โดยกราฟแสดงค่า D value (Decimal destruction time) คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการลดปริมาณของเอนไซม์ชนิดต่างๆในผักและผลไม้ ซึ่งลดลงร้อยละ 90 จากปริมาณเริ่มต้น เอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) มีค่า D value ที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส เท่ากับ 60 วินาที (รูปที่ 2.11) (Pornchaloempong & Rattanapanone, 2023) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยรายงานว่าการลวกแครอทที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 นาที ช่วยหยุดยั้งการทำงานของเอนไซม์ peroxidase (POD) อีกด้วย (Shivhare, Gupta, Basu, & Raghavan, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 D value ของเอนไซม์ที่พบในผักและผลไม้สด
ที่มา : Pornchaloempong & Rattanapanone (2023)

การปรับ pH ให้เป็นกรด

เมื่อค่า pH ลดลง หรือมีค่า pH ประมาณ 3 หรือต่ำกว่า เอนไซม์จะถูกยับยั้งการทำงาน เพราะสูญเสียสภาพธรรมชาติ เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ phenolasd จะทำงานได้ดีเมื่อค่า pH อยู่ระหว่าง 5-7 ดังนั้นการปรับค่า pH ของอาหารสามารถปรับได้โดยกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟอสฟอริก ทำให้มี pH เท่ากับ 3 หรือต่ำกว่า สามารถช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ (Pornchaloempong & Rattanapanone, 2023)

2.7.2 การใช้สารรีดิวซ์ (reducing agent)

โดยการรีดิวซ์ o-quinone กลับไปเป็น diphenol ที่ไม่มีสี หรือทำปฏิกิริยากับ o-quinone เปลี่ยนเป็นสารอื่นซึ่งไม่มีสี และค่อนข้างเสถียร ตัวอย่างสาร reducing agent เช่น ascorbic acid, erythrobic acid, cysteine และสารซัลไฟต์ต่างๆ (Siriphanich, 2006)

2.7.3 การใช้สารชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาล

การชะลอการเกิดสีน้ำตาลโดยการใช้สารเคมี สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ carboxylic acid, ascorbic acid, sulfur-containing, phenolic acid และอื่นๆ ดังแสดงในตาราง (ตารางที่ 2.3)

2.8 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้สารโซเดียมคลอไรด์

สารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นสารประกอบอนินทรีย์จำพวก Halide สามารถช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) อันเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดอาการสีน้ำตาลของผลิตผล (ตารางที่ 2.3) โดยสารโซเดียมคลอไรด์เป็นสารที่ได้รับรองว่าเป็น GRAS (Generally recognized as safe) คือ สารเคมีที่ผ่านการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FAD) ว่าสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารได้อย่างปลอดภัย และสารโซเดียมคลอไรด์ถือเป็นสารเคมีอีกหนึ่งชนิดที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้และผักบางชนิดที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำโดยช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ซึ่งในสภาพที่เป็นกรดสารโซเดียมคลอไรด์จะปลดปล่อยก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีสามารถนำมาใช้ทำความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะอาดล้างผักและผลไม้ รวมทั้งควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร และเครื่องดื่ม (Sussman, 1983; Mullerat, Klapes, & Sheldon, 1994; Zhang, Lu, & Levin, 2003; Gonzalez, Luo, Ruiz-Cruz, & McEvoy 2004) ซึ่งได้รับการรับรองจากสำนักงานอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) ว่าการใช้สารโซเดียมคลอไรด์สามารถนำมาใช้ในการทำความสะอาดล้างผักและผลไม้ได้อย่างปลอดภัย (Ruiz-Cruz, Luo, Gonzalez, Tao, & Gonzalez, 2006; FDA, 2010)

ตารางที่ 2.3 ชนิดของสารลดการเกิดสีน้ำตาล

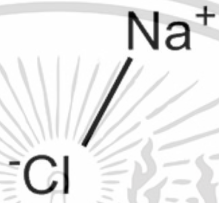
Carboxylic acid	Ascorbic acid	Sulfur-containing	Phenolic acid	Other
Acetic	Ascorbic	Cysteine	Caffeic	4-Hexyl
Citric	Ca-ascorbic	Histidine	Chlorogenic	resorcinol
Formic	Fe-ascorbic	Glutathione	Cinnamic	Honey
Fumaric	Mg- ascorbic	Methionine	Coumatic	NaCl
Lactic	Na- ascorbic		Ferulic	
Malic	Erythorbic		Gallic	
Malonic	Na-erythorbate		Kojjic	
Pyruvic				
Oxalic				
Oxalacetic				
Succinic				

ที่มา : Son, Moon, & Lee (2001)

สารโซเดียมคลอไรด์ (รูปที่ 2.12) และสารอนุพันธ์ถูกนำมาใช้ควบคุมและชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผลิตผลที่เก็บรักษาที่ระกับอุณหภูมิต่ำ โดยประสิทธิภาพการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของสารนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล ระดับอุณหภูมิการเก็บรักษา และระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ดังรายงานของผลแอปเปิลพันธุ์ Red Delicious ตัดแต่งที่เก็บรักษาในถุง polyethylene (PE) ที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าโซเดียมคลอไรด์สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี โดยสามารถควบคุมลดลงของค่า L* value ได้ดีกว่าชุดควบคุม ซึ่งระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของโซเดียมคลอไรด์ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล คือ ระดับ 0.05 % (w/v) จุ่มสารนาน 1 นาที (Lu, Luo, & Feng, 2006) และในผลแอปเปิลพันธุ์ Granny Smith ตัดแต่งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกฟิล์ม เก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 3 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ระดับความเข้มข้น 0.05 % (w/v) เป็นเวลา 5 นาที สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยมีค่า L* และ b* value ลดลงน้อยกว่าชุดควบคุม (Guan & Fan, 2009) นอกจากนี้ในรากบัวพันธุ์ BaiHua หั่นชิ้นที่จุ่มสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 0.01% (w/v) เป็นเวลา 15 นาที มีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่บรรจุในถุง polyethylene (PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน (Du, Fu, & Wang, 2009) และจากรายงานของผลลำไยที่นำสารโซเดียมคลอไรด์มาใช้ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล โดยการจุ่มผลลำไยพันธุ์ดอในสารโซเดียมคลอไรด์ระดับความเข้มข้น 0.01% (w/v) เป็นเวลา 10 นาที พบว่ามีประสิทธิภาพใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยได้มากถึงร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (Khunpon, Uthaibutra, Faiyue, & Saengnil, 2011) ถึงแม้ว่าสารโซเดียมคลอไรด์จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้ได้หลายชนิด แต่หากใช้ระดับความเข้มข้นที่ต่ำจนเกินไปก็จะมีผลต่อการกระตุ้นการเกิดสีน้ำตาลได้ดียิ่งขึ้น โดยจากรายงานของผลสาลี่พันธุ์ d'Anjou ตัดแต่ง เก็บรักษาระดับอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าการจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 และ 0.10% (w/v) สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่หากจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นที่ต่ำเกินไป คือ 0.03% (w/v) จะกระตุ้นให้เกิดสีน้ำตาลให้เร็วกว่าทุกกรรมวิธี



รูปที่ 2.12 สูตรโครงสร้างของโซเดียมคลอไรด์
ที่มา : GLPBIO (2023)

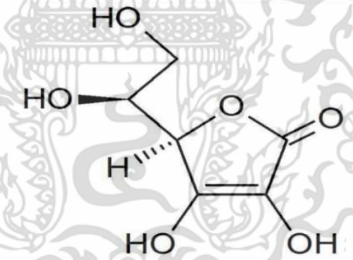
สารโซเดียมคลอไรด์ถือเป็นสารที่ปลอดภัย และมีราคาถูกจึงมีการนำมาใช้เพื่อลดการเกิดอาการสีน้ำตาลอย่างแพร่หลาย มีรายงานว่าการจุ่มแอปเปิลตัดแต่งในสารโซเดียมคลอไรด์ 0.1 โมลต่อลิตร พบว่าสามารถช่วยยั้งยังการเกิดอาการสีน้ำตาลของแอปเปิลตัดแต่ง และไม่ส่งผลต่อรสชาติของแอปเปิล (Li, Wills, & Golding, 2015) นอกจากนี้ยังพบว่าช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และลดกิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ของแอปเปิลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 14 วัน (Luo, Lu, Zhou, & Feng, 2011) Intarasit et al. (2015) รายงานว่าการจุ่มฝรั่งพันธุ์กิมจูตัดแต่งในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ สามารถลดการเกิดอาการสีน้ำตาลได้โดยมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL รวมไปถึงเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเนื้อผลได้ดี ทั้งนี้ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ให้ผลดีที่สุด สารโซเดียมคลอไรด์ยังมีความสามารถช่วยลด *E.coil* และ coliform ในผักสลัดกรีนโอ๊คตัดแต่งได้อีกด้วย (Hengphum et al., 2015) เมื่อไม่นานมานี้มีงานวิจัยที่ศึกษาการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ พบว่าการจุ่มโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 $mol.L^{-1}$ ร่วมกับการใช้ฟิล์มชนิดพอลิโพรไพลีน (PPO) ในผลผลิตขิงสดตัดแต่งช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ลดกิจกรรมของเอนไซม์ LOX และ MDA content นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO POD และ PAL ซึ่งช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้อีกด้วย (Zhang et al., 2020) และยังพบว่ามีการจุ่มมันฝรั่งด้วยสารละลาย NaCl ก่อนตัดแต่ง สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) (Ma et al., 2021) สำหรับกลไกในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของสารโซเดียมคลอไรด์ และสารอนุพันธ์นั้นสันนิษฐานว่าสารโซเดียมคลอไรด์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD โดยสันนิษฐานว่าสารโซเดียมคลอไรด์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO โดยไปออกซิไดซ์โคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ PPO คือ ทองแดง (Cu^{2+}) ทำให้เอนไซม์เปลี่ยนจากสภาพ active form ไปเป็น inactive form ส่งผลให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาต่อไปได้จึงไม่เกิดสารประกอบสีน้ำตาลขึ้น นอกจากนี้โซเดียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอไรด์ยังสามารถไปออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO และ POD ให้เปลี่ยนเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดอื่นหรือสารประกอบอื่นๆ เช่น caffeic acid หรือ quinic acid จึงส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลลดลงเช่นกัน (Whitaker, 1972; McEvily et al., 1992; Lu, Luo, Turner, & Feng, 2007; He, Luo, & Chen, 2008; Inrajsadon, 2012)

2.9 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้สารแคลเซียมแอสคอร์เบท

กรดแอสคอร์บิก (รูปที่ 2.13) เป็นกรดอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่เร่งโดยเอนไซม์ PPO และ POD โดยกรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติที่เป็นสาร reducing agent ทำการรีดิวซ์สาร *o* – quinone ให้เปลี่ยนเป็นสาร diphenol ก่อนปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล (Walker, 1977) โดยกรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์กลายเป็น monohydroascorbic acid แต่ monohydroascorbic acid ไม่เสถียรจึงถูกเปลี่ยนไปเป็น dehydroascorbic acid (DHA) ซึ่งเสถียรกว่าและ DHA สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกรดแอสคอร์บิกได้ กรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ PPO โดยทำหน้าที่เป็น chelating agent ซึ่งรวมตัวกับไอออนโลหะของเอนไซม์ PPO คือ ทองแดงที่บริเวณเร่งและเกิดการรีดิวซ์ cupric ion (Cu^{2+}) ของเอนไซม์ให้เปลี่ยนเป็น cuprous ion (Cu^{+}) ซึ่งเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยตรง (Marshall et al., 2000) นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกยังทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเจน (antioxidant) โดยถ่ายเทไฮโดรเจนอะตอมจากโมเลกุลของกรดแอสคอร์บิกให้กับออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเปลี่ยนรูปของเอนไซม์ POD ให้อยู่ในรูปสถานะพร้อมเร่งปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดสีน้ำตาลได้ (รูปที่ 2.14)

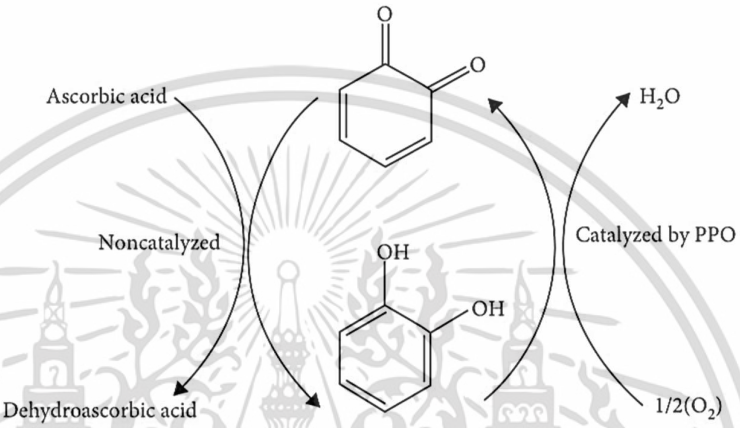


รูปที่ 2.13 สูตรโครงสร้างของกรดแอสคอร์บิก
ที่มา : Cheah et al. (2016)

กรดแอสคอร์บิก และสารอนุพันธ์ของกรดแอสคอร์บิกถูกนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลิตผล โดยระดับความเข้มข้นที่ทำการศึกษาจะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.5 - 5.0 ซึ่งมีงานวิจัยที่นำกรดแอสคอร์บิกมาใช้กับผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างแพร่หลายภายใต้สภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน โดยมีรายงานว่าผลแอปเปิลตัดแต่งที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้มากถึงร้อยละ 90-100 (Pizzocaro, F., Torrregiani, D., & Gilardi, G., 1993) และในผลลูกแพร์ตัดแต่งที่ใช้กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 2 แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 1 และ cysteine ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ที่ระดับ pH เท่ากับ 7 พบว่ามีประสิทธิภาพในยับยั้งเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดและมีการอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น (Gorny, Hess-Pierce, Cifuentes, &

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kader, 2002) และมีรายงานการศึกษาผลลำไยพันธุ์ดอที่จุ่มด้วยกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% (w/v) นาน 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล และชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้เป็นอย่างดี (Kabbua & Pankasemsuk, 2008) นอกจากนี้ในผลลำไยพันธุ์ดอที่เก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่าการจุ่มสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้น 5% (w/v) เป็นเวลา 5 นาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด (Whangchai, Saengnil, & Uthaibutra, 2005)

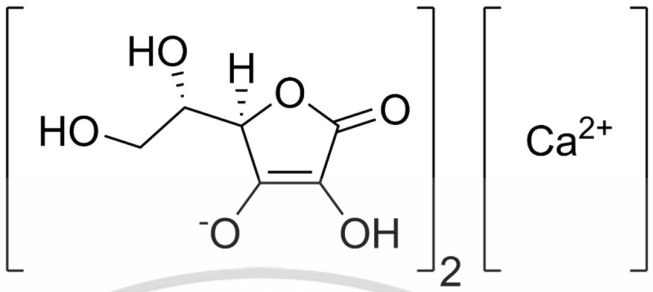


รูปที่ 2.14 กลไกการทำงานของกรดแอสคอร์บิกในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล
ที่มา : Marshall et al. (2000)

กรดแอสคอร์บิกถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และมีการปรับปรุงการทำงานของกรดแอสคอร์บิกโดยการเติมแคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแอสคอร์เบท (รูปที่ 2.15) เป็นสารที่มีความปลอดภัยต่อบริโภค และถูกนำมาใช้การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และรักษาคุณภาพของผลไม้ตัดแต่ง โดยจากงานวิจัยพบว่าสารแคลเซียมแอสคอร์เบทช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของแอปเปิลตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Gorny, 2004) และจากการศึกษาของ Aguayoa, Requejo-Jackman, Stanley, & Woolf (2010) พบว่าการจุ่มชิ้นแอปเปิลในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 6 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของแอปเปิลตัดแต่ง โดยช่วยรักษาคุณภาพ เพิ่มระดับสารต้านอนุมูลอิสระ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 21-28 วัน นอกจากนั้นยังพบว่าสารแคลเซียมแอสคอร์เบท มีคุณสมบัติในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย (Luo, 2007; He et al., 2008) และยังพบว่าการจุ่มแอลเปิลในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบท สามารถช่วยลดการอ่อนนุ่มได้ถึง 21 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Wang, Feng, & Luo, 2007) นอกจากนี้พบว่าการจุ่มมะม่วงตัดแต่งในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน ยังคงคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค และรักษาระดับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงสี รวมไปถึงช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ส่งผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่ง (Boonyaritthongchai & Keawmanee, 2020)



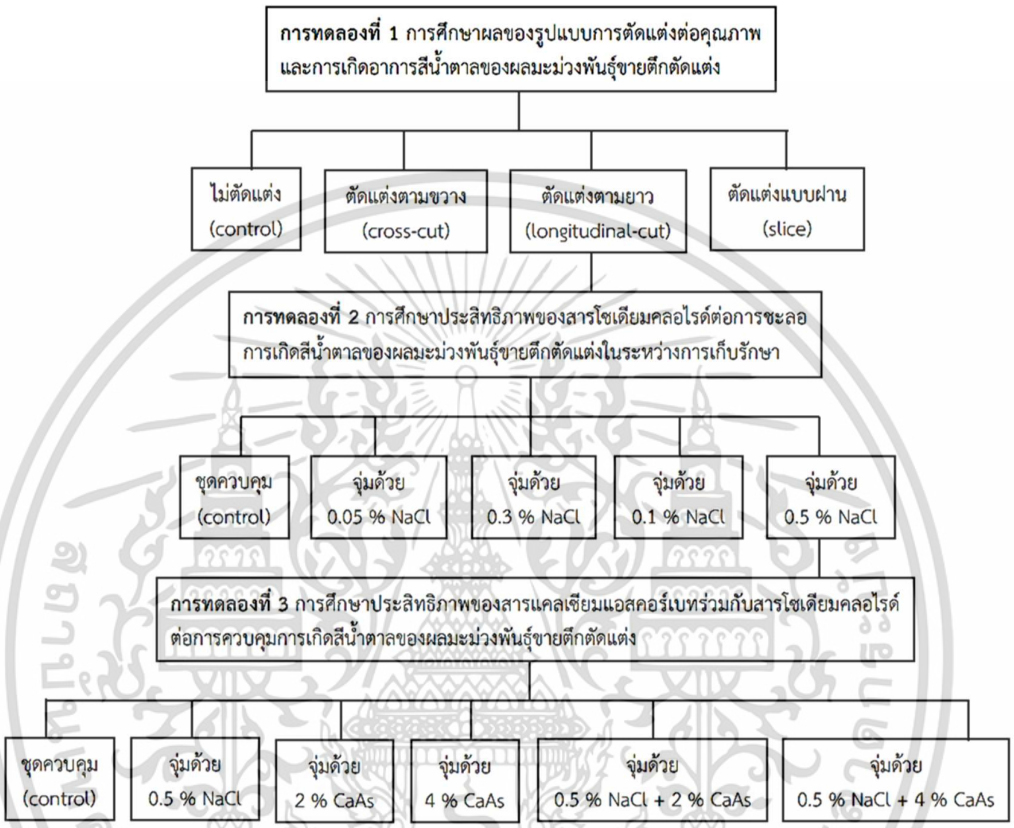
รูปที่ 2.15 สูตรโครงสร้างของแคลเซียมแอสคอร์เบท
ที่มา : Wikipedia (2022)

นอกจากวิธีการลดการเกิดอาการสีน้ำตาลด้วยการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมแอสคอร์เบทแล้ว ยังพบว่ามีวิธีการที่สามารถลดการเกิดอาการสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน โดยรูปแบบของการตัดแต่งของผลิตผลพร้อมบริโภคเป็นหนึ่งวิธีการที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ตัดแต่ง ซึ่งมีงานวิจัยรายงานว่ารูปแบบการตัดแต่งของแก้วมังกรไม่ได้ส่งผลเสียต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส แต่มีผลต่อกระตุ้นการสังเคราะห์ทางชีวเคมีของสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และช่วยให้สารต้านอนุมูลอิสระทำงานได้ดียิ่งขึ้น (Li et al., 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.2 การเตรียมผลิตผล

ใช้มะม่วงพันธุ์ขายตีกผลดิบ (mature-green) ซึ่งเป็นระยะสุกแก่ทางการค้า (อายุ 100 วันหลังดอกบาน) จากสวนมะม่วงอำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา มะม่วงถูกห่อด้วยตาข่ายโฟมแล้วบรรจุในลังพลาสติก ขนส่งโดยรถกระบะตู้ทึบมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

โดยทำการคัดเลือกผลมะม่วงขายตีกที่ปราศจากโรคและแมลง น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 300 กรัม (ขนาดผล 6×10×5.5 เซนติเมตร) จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาด และทำการวัดความถ่วงจำเพาะโดยการถ่วงน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 แล้วทำการฆ่าเชื้อที่ผิวผลโดยจุ่มด้วยสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการดำเนินงาน

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพ และการเกิดอาการสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

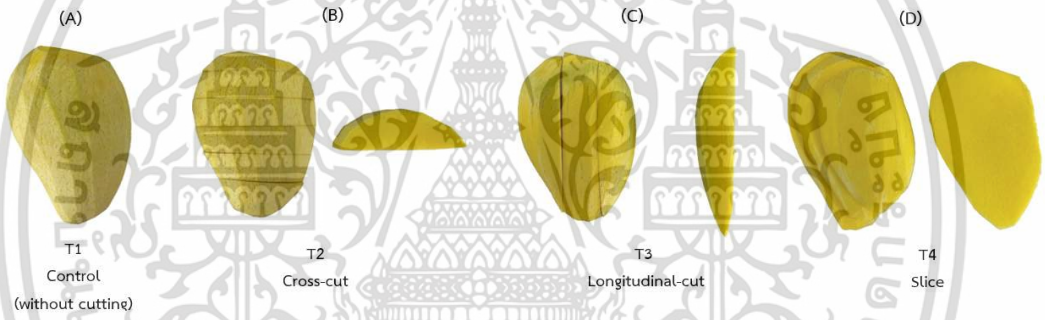
การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยนำมะม่วงมาปอกเปลือกออกให้หมด (ความหนา 2 มิลลิเมตร) แล้วตัดแต่ง กรรมวิธีประกอบด้วยรูปแบบการตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ตัดแต่งตามขวาง (cross-cut) ตัดแต่งตามยาว (longitudinal-cut) ตัดแต่งแบบฝาน (slice) และ ไม่ตัดแต่ง (control) (รูปที่ 3.2) หลังจากนั้นนำมะม่วงแต่ละกรรมวิธีน้ำหนักประมาณ 150 กรัม บรรจุใส่กล่องพลาสติกชนิด polypropylene (PP) และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน เก็บผลทุก 2 วัน จำนวนกรรมวิธีละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ตัดแต่ง (control)

กรรมวิธีที่ 2 ตัดแต่งตามขวาง (ขนาด 2×6×1.5 เซนติเมตร)

กรรมวิธีที่ 3 ตัดแต่งตามยาวของผล (ขนาด 2×10×1.5 เซนติเมตร)

กรรมวิธีที่ 4 ตัดแต่งแบบฝาน (ขนาด 6×10×0.5 เซนติเมตร)



รูปที่ 3.2 รูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (A) ตัดแต่งตามขวาง (B) ตัดแต่งตามยาว (C) และ ตัดแต่งแบบฝาน (D)

3.3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา

การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยนำมะม่วงมาปอกเปลือกออกให้หมด (ความหนา 2 มิลลิเมตร) และตัดแต่งผลมะม่วงรูปแบบตามยาว (longitudinal-cut) เนื่องจากเป็นรูปแบบการตัดแต่งที่สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 จากนั้นนำมาจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.1 0.3 และ 0.5 ระยะเวลา 5 นาที ปล่อยให้สารละลายส่วนเกินหยดออก นำชิ้นมะม่วงที่ผ่านกรรมวิธีน้ำหนักประมาณ 150 กรัม บรรจุใส่กล่องพลาสติกชนิด polypropylene (PP) และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน และนำออกมากระตุ้นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเกิดสีน้ำตาลในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง (Teixeira, Durigan, Mattiuz, Alves & Hare, 2006) บันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน จำนวนกรรมวิธีละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (Control)
กรรมวิธีที่ 2 จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 3 จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 4 จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 5 จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 นาน 5 นาที

3.3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารแคลเซียมแอสคอร์เบทร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยนำมะม่วงมาปอกเปลือกออกให้หมด (ความหนา 2 มิลลิเมตร) และตัดแต่งผลมะม่วงรูปแบบตามยาว (longitudinal-cut) เนื่องจากเป็นรูปแบบการตัดแต่งที่สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 จากนั้นนำมาจุ่มสารแคลเซียมแอสคอร์เบท (CaAs) ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 4 ระยะเวลา 5 นาที สำหรับกรรมวิธีร่วมกันของสาร ใช้ความเข้มข้นของสารแอสคอร์เบทร้อยละ 2 และ 4 ร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 จุ่มเป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วปล่อยให้สารละลายส่วนเกินหยดออก นำชิ้นมะม่วงที่ผ่านกรรมวิธีน้ำหนักประมาณ 150 กรัม บรรจุใส่กล่องพลาสติกชนิด polypropylene (PP) และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน และนำออกมากระตุ้นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเกิดสีน้ำตาลในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง (Teixeira, Durigan, Mattiuz, Alves & Hare, 2006) บันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน จำนวนกรรมวิธีละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (Control)
กรรมวิธีที่ 2 จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 3 จุ่มสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 4 จุ่มสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 5 จุ่มสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 + สารโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 6 จุ่มสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 + สารโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 นาน 5 นาที

3.3.4 การตรวจวัดทางกายภาพและทางเคมี

3.3.4.1 การตรวจวัดทางกายภาพ

(1) การสูญเสียน้ำหนัก

ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นมะม่วงก่อนและหลังเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นมะม่วงจากสูตร ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (L*, a*, and b* value)

วัดการเปลี่ยนแปลงบริเวณพื้นที่ติดเปลือกของชิ้นมะม่วง ด้วยเครื่องวัดสี Color Meter รุ่น WR 10 ยี่ห้อ FRU โดยรายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* value ซึ่งค่า ต่าง ๆ มีความหมายดังนี้

ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง โดย L* = 0 หมายถึง สีดำ L* = 100 หมายถึง สีขาว

ค่า a* หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีเขียว – สีแดง ถ้า a* เป็นลบ หมายถึง เข้าใกล้สีเขียว และค่า a* เป็นค่าบวก หมายถึง เข้าใกล้สีแดง

ค่า b* หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีน้ำเงิน – สีเหลือง ถ้าค่า b* เป็นค่าลบ หมายถึง เข้าใกล้สีน้ำเงิน และค่า b* เป็นค่าบวก หมายถึง เข้าใกล้สีเหลือง

จากนั้นนำค่า a* และ b* มาคำนวณเพื่อรายงานเป็นค่าเฉดสี (Hue angle, h°) ค่าความเข้มสี (Chroma, C) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color difference, ΔE*) จากสมการ

$$h° = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

h° เป็นค่าที่บ่งบอกตำแหน่งของสีในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา ถ้ามีค่า 0°=สีแดงถึงส้ม 90°=สีเหลือง 180°=สีเขียว 270°=สีน้ำเงิน และ 360°=สีม่วง

$$C = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$$

C เป็นการเปรียบเทียบความเข้มของสีในเฉดเดียวกัน ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 = สีมีความอิ่มตัวน้อย (วัตถุมีสีซีดจางหรือหม่น) และ ค่าเข้าใกล้ 60 = สีมีความอิ่มตัวมาก (วัตถุมีสีเข้มหรือสดใส)

3.3.4.2 การตรวจวัดทางเคมี

(1) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS)

นำเนื้อมะม่วงมาคั้นน้ำ และนำน้ำที่คั้นได้มาวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Digital Hand-held “Pocket” Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-1 (ATAGO Co., Ltd., Tokyo, Japan) และรายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

(2) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)

ดำเนินการตามวิธีของ AOAC (2000) โดยนำน้ำคั้นจากมะม่วง 1 mL ผสมกับน้ำกลั่น 5 mL มาไทเตรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH 0.1 N) โดยใช้สารละลาย phenolphthalein 1% เป็นอินดิเคเตอร์ น้ำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นปริมาณกรดซิตริกจากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (\%)} = \frac{(\text{ความเข้มข้น NaOH (0.1N)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้} \times 0.064^*)}{\text{ปริมาณน้ำคั้น (มิลลิลิตร)}} \times 100$$

หมายเหตุ: *milliequivalent weight of citric acid (anhydrous) = 0.064

(3) ปริมาณแคโรทีนอยด์

ตรวจวัดปริมาณแคโรทีนอยด์ตามวิธีการของ Arnon (1949) โดยบดเปลือกมะม่วง 1 กรัม ให้ละเอียดด้วย 80% Acetone 10 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Watchman

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ 1 แล้วชะด้วย 100% Aceton จนขาว จากนั้นปรับปริมาตรให้เท่ากันด้วย 80% Acetone นำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร และคำนวณจากสมการ

$$\text{Total Carotenoid } (\mu g/g) = OD_{470} / kg \text{ FW}$$

(4) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดตามวิธีการของ Slinkard & Singleton (1977) โดยบดเนื้อมะม่วง 5 กรัม ให้ละเอียดด้วย 99% Ethanol 5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Watchman เบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ 25% Folin's & ciocalteu's penol reagent 1 มิลลิลิตร และ Sodium carbonate 2 มิลลิลิตร เขย่าและทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 720 นาโนเมตร นำค่าไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid และแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในหน่วย µg gallic acid/g FW

(5) ปริมาณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ตรวจวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity ตามวิธีการของ Brand-Williams, Cuvelier, & Berset (1995) โดยบดเนื้อมะม่วง 2 กรัม ให้ละเอียดด้วย 60% Ethanol 10 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Watchman เบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ปริมาตร 0.10 มิลลิลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ DPPH reagent 3 มิลลิลิตร ในที่มืด จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร ที่เวลา 0 และ 5 นาที แล้วคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (\%)} = \left(\frac{A - B}{A}\right) \times 100$$

A คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 0 นาที
B คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 5 นาที

(6) กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

การเตรียมสารสกัดโดยบดเนื้อมะม่วง 5 กรัม ให้ละเอียดด้วย 50 mM Phosphate buffer pH 4 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 0.30 กรัม จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Watchman เบอร์ 1 และนำสารสกัดที่ได้ไปตรวจวัดผลต่อไป

(6.1) ตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase; SOD ตามวิธีการของ Stewart & Bewley (1980) โดยนำสารสกัดปริมาตร 0.10 มิลลิลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ Phosphate buffer pH 9 ปริมาตร 2.50 มิลลิลิตร 3 mM Xanthine 0.10 มิลลิลิตร XTT 0.10 มิลลิลิตร และ Xanthine oxidase 0.10 มิลลิลิตร จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร ที่เวลา 0 และ 20 นาที แล้วคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{Unit/g FW SOD} = \frac{(A-B)}{t} \times \frac{\text{vol (ml)}}{g}$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 0 นาที
B = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6.2) ตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase; CAT ตามวิธีการของ Aebi (1984) โดยนำสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ 0.036% Hydrogen peroxide 2 มิลลิลิตร จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 240 นาโนเมตร ที่เวลา 0 และ 5 นาที แล้วคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{Unit/g FW CAT} = \frac{(A-B)}{t} \times \frac{\text{vol (ml)}}{g}$$

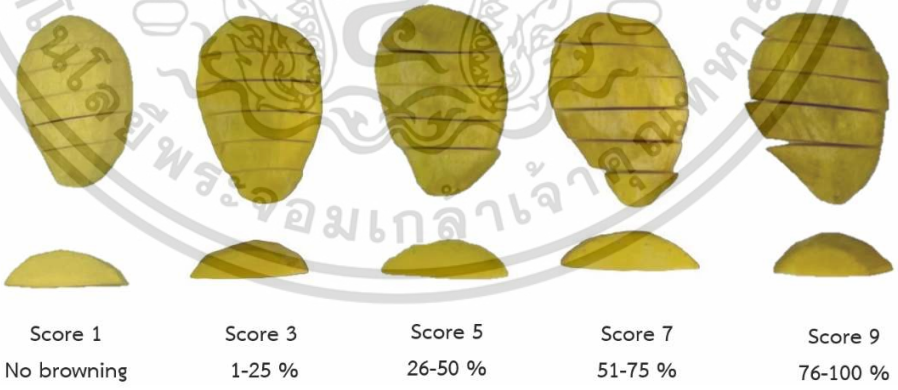
A = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 0 นาที
B = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 5 นาที

(7) ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล

ใช้เนื้อมะม่วงจำนวน 2 กรัม บดให้ละเอียดในสารละลายเอทานอล 20 มิลลิลิตร จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบกำหนดทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Watchman เบอร์ 1 นำสารสกัดมะม่วงที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร รายงานผลเป็น OD420/100 g FW

(8) คะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score)

แสดงการยอมรับของผู้บริโภค โดยการให้คะแนนมีหลักเกณฑ์ ตามวิธีการของ Chimvaree et al. (2019) ดังนี้
คะแนน 1 คือ ไม่เกิดสีน้ำตาล
คะแนน 3 คือ เกิดสีน้ำตาลอ่อน (ร้อยละ 1-25)
คะแนน 5 คือ เกิดสีน้ำตาลปลางกลาง (ร้อยละ 26-50)
คะแนน 7 คือ เกิดสีน้ำตาลเข้ม (ร้อยละ 51-75)
คะแนน 9 คือ เกิดสีน้ำตาลเข้มมาก (ร้อยละ 76-100)



รูปที่ 3.3 เกณฑ์คะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score)

(9) ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์

ตรวจวัดปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde; MDA) ตามวิธีการของ Suamuang (2019) โดยใช้เปลือก 1 กรัม บดรวมกับ 5% Trichloroacetic acid (TCA) 10 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Watchman เบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยากับ 0.5% Thiobarbituric acid (TBA) in 15% TCA ในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มให้เดือดประมาณ 30 นาที และลดอุณหภูมิทันทีเมื่อครบเวลา จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Visible Spectrophotometer รุ่น Genesys 30 (Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, USA) นำค่าที่อ่านได้ไปคำนวณด้วยสูตร

$$\text{ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (nmol/g FW)} = \frac{OD523 - OD600}{1.55}$$

(10) ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

ตรวจวัดปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตามวิธีการของ Sagiska (1976) ใช้เนื้อมะม่วง 2 กรัม บดรวมกับ 5% Trichloroacetic acid (TCA) 10 มิลลิลิตร หมุนเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ที่ 4 ℃ นำสารสกัดที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ 50% TCA 1 มิลลิลิตร 10 mM Ferrous ammonium sulfate 1 มิลลิลิตร และ 2.50 M Potassium thiocyanate 0.50 มิลลิลิตร จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Visible Spectrophotometer รุ่น Genesys 30 (Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, USA) นำค่าไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Hydrogen peroxide (H_2O_2) และแสดงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในหน่วย μg H_2O_2/g FW

(11) กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล (ดัดแปลงจาก Keawmanee, 2016)

การเตรียมสารสกัด: ใช้เนื้อมะม่วงจำนวน 4 กรัม มาทำให้เป็นเนื้อเดียวกันที่ 4 ℃ ด้วย Sodium phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.05 M ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่ประกอบด้วย Polyvinylpolypyrrolidone (PVP) 0.25 กรัม จากนั้นนำไปกรองและหมุนเหวี่ยงที่ 19,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่ 4 ℃ และนำส่วนลอยเหนือตะกอน (supernatant) ไปวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD และ PPO ต่อไป

(11.1) กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ทดสอบโดยนำสารสกัดที่เตรียมไว้ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายที่ประกอบด้วย Guaiacol ในสารละลาย Sodium acetate pH 7.0 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และ H_2O_2 ความเข้มข้น 0.1% ในสารละลาย Sodium acetate pH 7.0 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร โดยกำหนดให้ปริมาตรเอนไซม์ POD 1 หน่วย (unit) เท่ากับปริมาตรเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วยในเวลา 1 นาที

(11.2) กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) จะทดสอบโดยนำสารสกัดที่เตรียมไว้ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายที่ประกอบด้วย Catechol ในสารละลาย Sodium phosphate pH 6.2 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยกำหนดให้ปริมาตรเอนไซม์ PPO 1 หน่วย (unit) เท่ากับปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วยในเวลา 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SAS 9.0

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

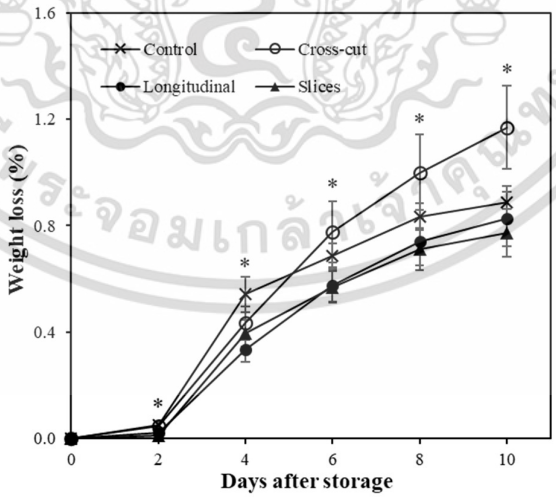
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพ และการเกิดอาการสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงตัดแต่งที่ผ่านการตัดแต่งในรูปแบบการตัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) ตัดแต่งตามขวาง ตัดแต่งตามยาว และตัดแต่งแบบฝาน จากการศึกษาพบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยพบว่ารูปแบบการแต่งตัดแบบขวางมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสะสมมากกว่าทุกกรรมวิธีในวันที่ 2 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.05 0.78 1.00 และ 1.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 4.1) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวและรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด โดยมีค่าสูญเสียน้ำหนักสะสมในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 0.83 และ 0.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีการสูญเสียน้ำหนักในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 1.17 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Somkaew (2009) พบว่ามะม่วงผลสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนกหั่นชิ้นรูปแบบการตัดแต่งตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบการตัดแต่งอื่น ๆ โดยทั่วไป



รูปที่ 4.1 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

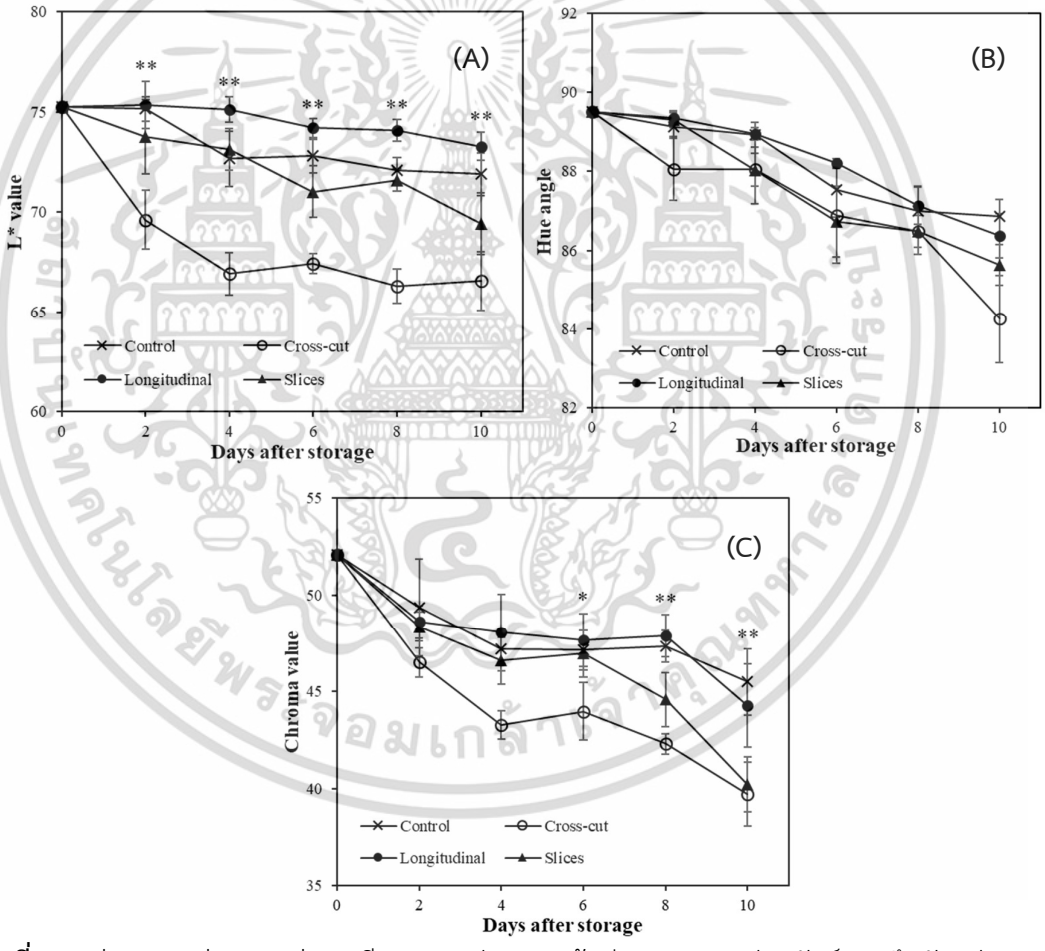
เมื่อผลมะม่วงเข้าสู่กระบวนการตัดแต่ง จะส่งผลให้เนื้อเยื่อผลเกิดบาดแผลจากกระบวนการปอกเปลือก การหั่นชิ้น หรือการตัดแต่งรูปแบบต่างๆ โดยทำให้เซลล์ของผลิตผลถูกทำลาย และเกิดการรั่วไหลขององค์ประกอบสำคัญต่างๆภายในเซลล์ นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลมะม่วงตัดแต่ง จากงานทดลองมะม่วงขายตึกตัดแต่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา และรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวมีบาดแผลและการช้ำมาก จึงส่งผลต่อการกระตุ้นการหายใจเพิ่มสูงขึ้น (Hodges & Toivonen, 2008) ซึ่งการตัดแต่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของผลิตผล ทำให้น้ำสามารถระเหยออกมาได้ง่ายและส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด การเหี่ยว และการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อผิวผล (Ngamchuachit, 2017)

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงสีของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่าความสว่าง (L* value) ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าความสว่าง (L* value) ต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษา ซึ่งความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีค่าความสว่าง (L* value) สูงกว่าทุกกรรมวิธี โดยตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา รูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถชะลอการลดลงของค่าความสว่าง (L* value) ได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษารูปแบบการตัดแต่งตามยาว มีค่าความสว่าง (L* value) เท่ากับ 73.27 ขณะที่ชุดควบคุม (ไม่ตัดแต่ง) รูปแบบการตัดแต่งตามขวาง และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน มีค่าเท่ากับ 71.88 66.55 และ 69.41 ตามลำดับ (รูปที่ 4.2A, รูปที่ 4.3) การเปลี่ยนแปลงค่าเฉดสี (Hue angle) จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีค่าเฉดสี (Hue angle) ลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าเฉดสี (Hue angle) ลดลงมากกว่าทุกกรรมวิธีโดยเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ลดลงจาก 89.50 เหลือเพียง 88.04 และลดลงตลอดจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 84.25 (รูปที่ 4.2B) ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาค่าเฉดสี (Hue angle) ได้เป็นอย่างดี โดยลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษารูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีค่าเฉดสีสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 88.20 (รูปที่ 4.2B) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่าเฉดสี (Hue angle) ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสี (Chroma value) จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีค่าความเข้มสี (Chroma value) ลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีแนวโน้มลดลงมากกว่าทุกกรรมวิธีตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าความเข้มสี (Chroma value) ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีค่าความเข้มสี (Chroma value) ลดลง และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แต่ไม่แตกต่างกับรูปแบบการตัดแต่งตามขวาง ขณะที่ชุดควบคุม และรูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีค่าความเข้มสีที่มากที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 8 และ 10 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.2C) การตัดแต่งทำให้เกิดการรั่วไหลของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล โดยปกติในพืชเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) จะอยู่ในคลอโร-พลาสต์หรือในพลาสทิดอื่นๆ แยกต่างหากจากสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้น และสะสมอยู่ภายในแวคิวโอล แต่เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย เอนไซม์และสารตั้งต้นจะสัมผัสกันและเกิดปฏิกิริยา จึงทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้บริเวณรอยตัดหรือหั่นชิ้นปรากฏสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Siriphanich, 2006) ซึ่งการตัดแต่งผลมะม่วงนั้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของบาดแผล ทำให้บาดแผลมีโอกาสในการสัมผัสกับออกซิเจนมากขึ้น จึงส่งผลให้มะม่วงตัดแต่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสี โดยแสดงอาการสีน้ำตาลบริเวณผิวผล ซึ่งส่งผลให้ค่าความสว่าง (L* value) ค่าเฉดสี (Hue angle) และค่าความเข้มสี (Chroma value) ลดลง เนื่องจากมะม่วงตัดแต่งทุกรูปแบบมีการทำลายของเนื้อเยื่อ แต่รูปแบบตามขวางมีการทำลายเนื้อเยื่อพยุง (supporting tissue) ที่เรียงตัวเป็นเส้นยาวและแบบเส้นใย (fiber) โดยลักษณะที่ปรากฏของมะม่วง คือ เสี้ยนตามแนวยาวของผล ดังนั้นรูปแบบการตัดแต่งตามขวางจึงมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีและการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้การเก็บรักษามะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นระยะเวลานานขึ้น ส่งผลให้เนื้อของมะม่วงมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนนานขึ้น จึงทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สีผิวของมะม่วงตัดแต่งที่เก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจึงมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น (Supphachuchai, 2018)



รูปที่ 4.2 ค่าความสว่าง (A) ค่าเฉดสี (B) และค่าความเข้มสี (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตีกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของรูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งพร้อมบริโภค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นเวลา 10 วัน

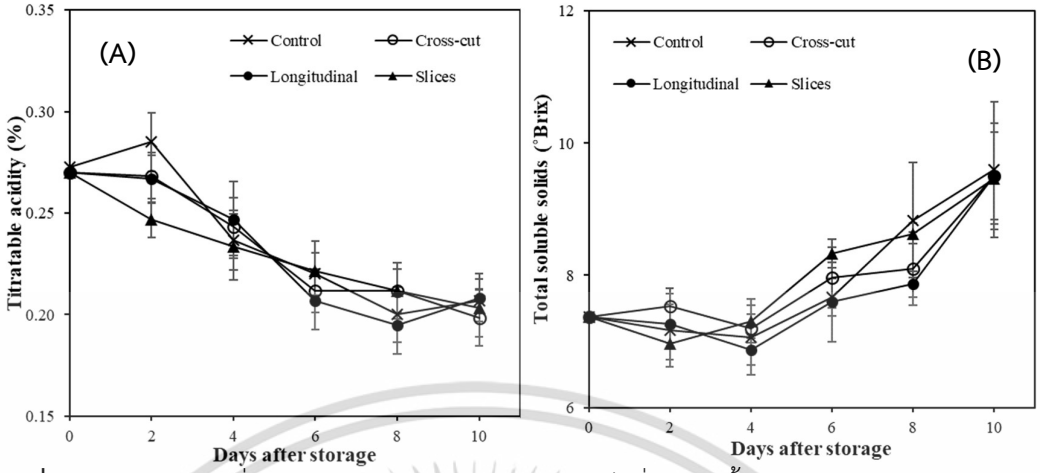
4.1.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งทุกรูปแบบแนวโน้มของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงตามอายุการเก็บรักษา จากค่าเริ่มต้นในวันแรกของของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.27 เปอร์เซ็นต์ แล้วลดลงเหลือ 0.20 – 0.21 เปอร์เซ็นต์ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.4A) และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าทุกกรรมวิธีโดยมีค่าเท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งอื่นมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อยู่ในช่วง 0.27-0.29 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.4A) แต่ภายหลังการเก็บรักษาได้ 4 วัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทุกรูปแบบการตัดแต่งมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณกรดที่ไทรเทรตได้ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา

ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 7.38 องศาบริกซ์ แต่เมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น พบว่ารูปแบบการตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าทุกกรรมวิธี ในวันที่ 4 6 และ 8 ของการเก็บรักษา แต่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุม รูปแบบการตัดแต่งตามขวาง รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกัน คือ 9.60 9.50 9.50 และ 9.47 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.4B) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการตัดแต่งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงขายตึกตัดแต่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ในแก้วมังกรตัดแต่ง และมะม่วงพันธุ์ทวายเดือนเก้าตัดแต่ง รายงานว่ารูปแบบการตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน (Li, et al., 2017; Supphachuchai, Jitareerat, Uthairatanakij, Laohakunjit & Renumarn, 2016) โดยการเปลี่ยนแปลงรสชาติของผลิตภัณฑ์มักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังกระบวนการตัดแต่ง สำหรับรสชาติของผลไม้สดนั้นมาจากน้ำตาล (รสหวาน) กรดอินทรีย์ (รสเปรี้ยว) สารประกอบฟีนอล (รสขม รสฝาด) และสารระเหยให้กลิ่นสำคัญ (Watada & Qi, 1999; Kader, 2002; Ngamchuachit, 2017) และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดส่งผลต่อการพัฒนาของรสชาติของผลไม้ในระหว่างการสุก ปริมาณกรดในผลไม้ส่วนใหญ่จะลดลงจากการถูกใช้ไปเป็นสารประกอบของการหายใจ (Respiratory substrates) และการนำไปเป็นโครงสร้างคาร์บอน (Carbon skeleton) ของการสังเคราะห์สารชนิดอื่น ๆ ในระหว่างการสุก (Techawongstien, 2004) ซึ่งเป็นเช่นเดียวกับการศึกษานี้ที่พบว่ามะม่วงขายตึกตัดแต่งมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ผกผันกัน โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มลดลงตามระยะการเก็บรักษา ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



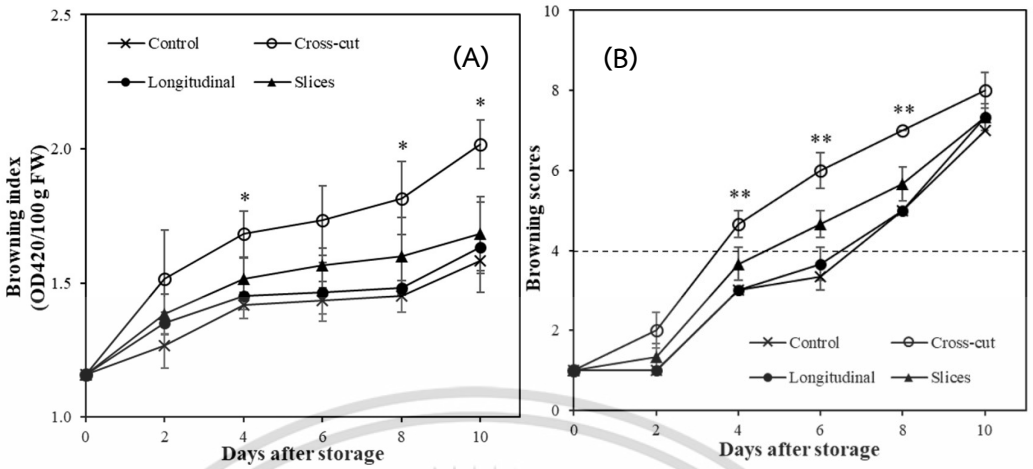
รูปที่ 4.4 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (A) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

4.1.4 การเกิดสีน้ำตาล

จากการศึกษาพบว่าค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลทุกรูปแบบการตัดแต่งมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุดตลอดระยะการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 4 8 และ 10 ของการเก็บรักษา และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา ขณะที่ชุดควบคุมและรูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษากับรูปแบบการตัดแต่งตามขวางและการตัดแต่งแบบฝาน และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 2.20 OD420/100gFW ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งอื่นมีค่าดัชนีการการสีน้ำตาลอยู่ในช่วง 1.58-1.68 OD420/100gFW (รูปที่ 4.5A)

ส่วนคะแนนการเกิดสีน้ำตาลพบว่ามะม่วงขายตึกตัดแต่งเมื่อมีระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะแสดงอาการสีน้ำตาลขึ้นบริเวณผิวผล โดยจะแสดงทั้งบริเวณรอยตัดและเนื้อผล ซึ่งบริเวณที่เกิดสีน้ำตาลปริมาณมากและปรากฏเห็นได้ชัด ได้แก่ บริเวณรอยตัด และบริเวณพื้นที่ติดเปลือก ซึ่งจากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากที่สุดตลอดการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 2 4 6 และ 8 ของการเก็บรักษา มีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 2.00 4.67 6.00 และ 7.00 คะแนน ตามลำดับ (รูปที่ 4.5B) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวและชุดควบคุมมีการเกิดอาการสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยเริ่มแสดงการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 5 คะแนน ทั้ง 2 กรรมวิธี อย่างไรก็ตามในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (A) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของดัชนีการเกิดน้ำตาลและคะแนนการเกิดสีน้ำตาล พบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่ารูปแบบการตัดแต่งอื่น เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม โดยโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์อาจถูกรวมเข้าในเยื่อหุ้มเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม เมื่อก่อตัวสารประกอบเหล่านี้จะถูกสะสม และรวมเข้าไปในถุงลำเลียงที่เกิดจากเยื่อหุ้มเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ถุงเหล่านี้เป็นตัวกลางในการขนส่งสารประกอบฟีนอลิกไปยังแวคิวโอล หรือลำเลียงแบบอโพพลาสต์ผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์และผนังเซลล์ (Toivonen & Brummell, 2008) เมื่อผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลผลิต จึงส่งผลให้มะม่วงตัดแต่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสี โดยแสดงอาการสีน้ำตาลบริเวณผิว มะม่วงตัดแต่งทุกรูปแบบมีการทำลายของเนื้อเยื่อ แต่รูปแบบตามขวางมีการทำลายเนื้อเยื่อพยุง (supporting tissue) ที่เรียงตัวเป็นเส้นยาวและแบบเส้นใย (fiber) โดยลักษณะที่ปรากฏของมะม่วง คือ เสี้ยนตามแนวยาวของผล

4.1.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

ปริมาณแคโรทีนอยด์ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 248 µg/g (FW) จากนั้นพบว่าชุดควบคุม รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นจนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษาแล้วลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 142.83 280.17 และ 87.33 µg/g (FW) ตามลำดับ (รูปที่ 4.6A) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามขวางที่มีการทำลายเนื้อเยื่อผลมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ พบว่ามีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา แล้วลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 138.50 µg/g (FW) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) หลังจากนั้นปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงรูปแบบตัดขวางเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 487.50 µg/g (FW) และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

($p<0.01$) (รูปที่ 4.6A) ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์ได้เป็นอย่างดี โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้นในวันแรกของการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ของมะม่วงขายตึกตัดแต่งในช่วงแรกของการทดลอง ทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดจากการปรับตัวทางสรีวิทยาของพืชจากสภาวะเครียดที่เกิดจากการตัดแต่ง (Demmig-Adams, Gilmore, & Adams, 1996) โดยชุดควบคุม รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นตลอดการเก็บรักษาแล้วลดลงในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงตัดแต่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน รายงานว่ามีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ (Gil, Aguayo, & Kader, 2006) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นตามการเสื่อมสภาพของพืช (Ngamwonglumlert, Devahastin, Chiewchan, & Raghavan, 2020) และเมื่อมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุกจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มสูงขึ้น (Yungyuen et al., 2021)

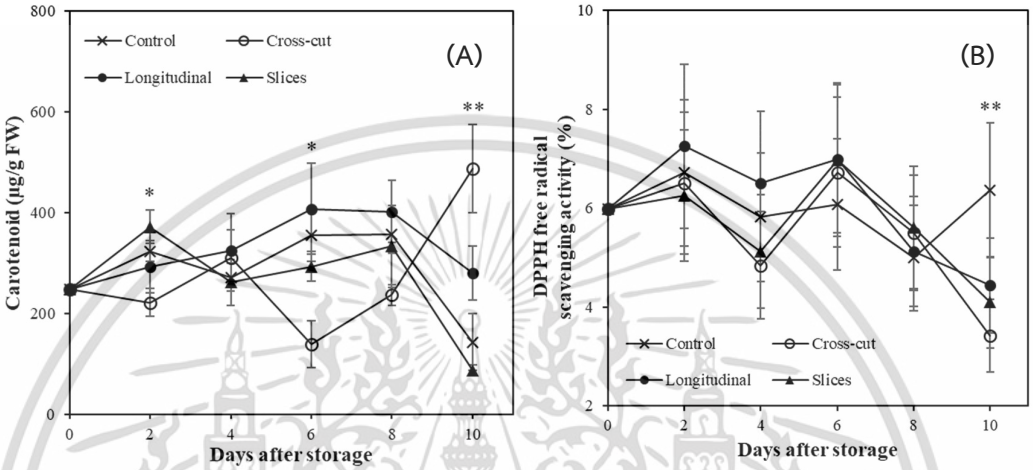
ส่วนความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางและรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีค่าลดลงอย่างมากและฉับพลันในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาแล้วลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวและชุดควบคุมมีค่าลดลงเล็กน้อยและมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาและลดลงต่อไป แต่ในชุดควบคุมพบว่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ รูปที่ 4.6B)

โดยจากการศึกษาพบว่าทุกรูปแบบการตัดแต่งมีปริมาณลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาแล้วลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่ลดลง บ่งชี้ว่าความสามารถในการกำจัด ROS ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chen et al. (2018) พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของลูกแพร์ตัดแต่งประเมินโดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีแนวโน้มลดลงในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับผลลูกแพร์ตัดแต่งที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนต่ำ พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของเนื้อเยื่อลูกแพร์มีแนวโน้มลดลงตามระยะการเก็บรักษา (Li, Li, Fan, Tang, & Yun, 2012) เมื่อความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมากเกินความสามารถของระบบต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติจะส่งผลให้เกิดความเสียหายที่เกิดจากชนิดของออกซิเจนที่เกิดปฏิกิริยาและการพัฒนาของความผิดปกติ เช่น การเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมสภาพของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในบรรดาสารต้านอนุมูลอิสระนั้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดเป็นดัชนีหลักที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากพืช (Benjakul, Visessanguan, Phongkanpai, & Tanaka, 2005)

มะม่วงขายตึกตัดแต่งมีแนวโน้มของความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระลดลงตามระยะการเก็บรักษาสอดคล้องกับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ลดลง โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นพบว่าในวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมาก ซึ่งปริมาณของความสามารถในการกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระที่ลดลง บ่งชี้ว่าความสามารถในการกำจัด ROS ลดลง และเมื่อมีความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมากเกิดไปก็จะส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของมะม่วงตัดแต่ง และส่งผลให้ปริมาณของแคโรทีนอยด์ลดลง ส่วนรูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานพบว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน (รูปที่ 4.6)



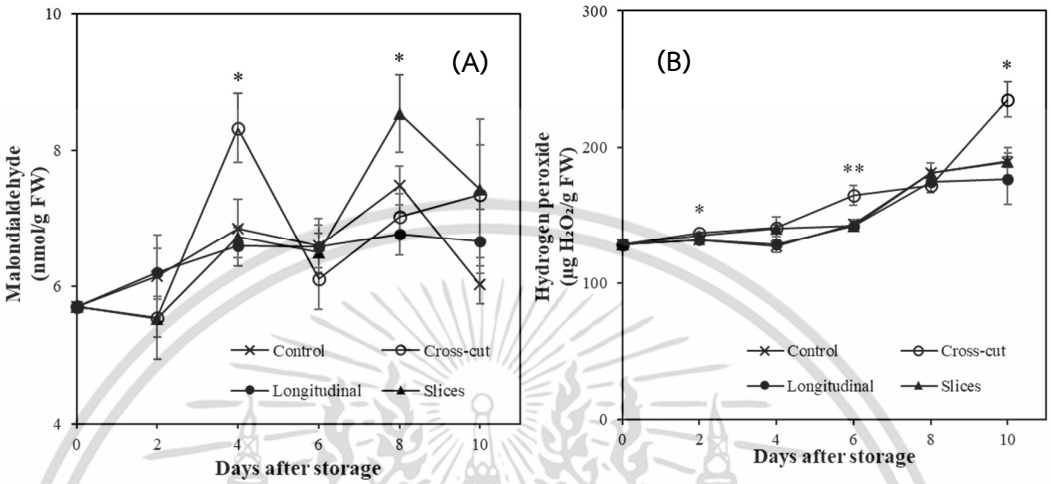
รูปที่ 4.6 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (A) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

4.1.6 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง พบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับทุกกรรมวิธี หลังจากนั้นมีปริมาณลดลงอย่างมากในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานที่มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับทุกกรรมวิธี หลังจากนั้นมีปริมาณลดลง ขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา มีปริมาณสูงรองจากรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน และมีปริมาณลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและคงที่ตามระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 4.7A) โดย Malondialdehyde (MDA) เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายรองจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเกิดจากการสะสมของชนิดออกซิเจนที่เกิดปฏิกิริยา การเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระทำให้เกิดการผลิตมาลอนไดอัลดีไฮด์มากเกินไป ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์บ่งบอกถึงความเครียดออกซิเดชั่น และถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ของการเกิดความเครียดในผักและผลไม้ (Xing et al., 2010; Valenzuela et al., 2017; Boonyaritthongchai et al., 2018) และจากการศึกษานี้พบว่ามะม่วงขายตึกแต่งปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Supapvanich & Techavuthiporn (2022) พบว่ามะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิบตัดแต่งมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเพิ่มขึ้นดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุของสภาวะที่ขาดน้ำและชักนำภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ต่อเยื่อหุ้มเซลล์



รูปที่ 4.7 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (A) และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

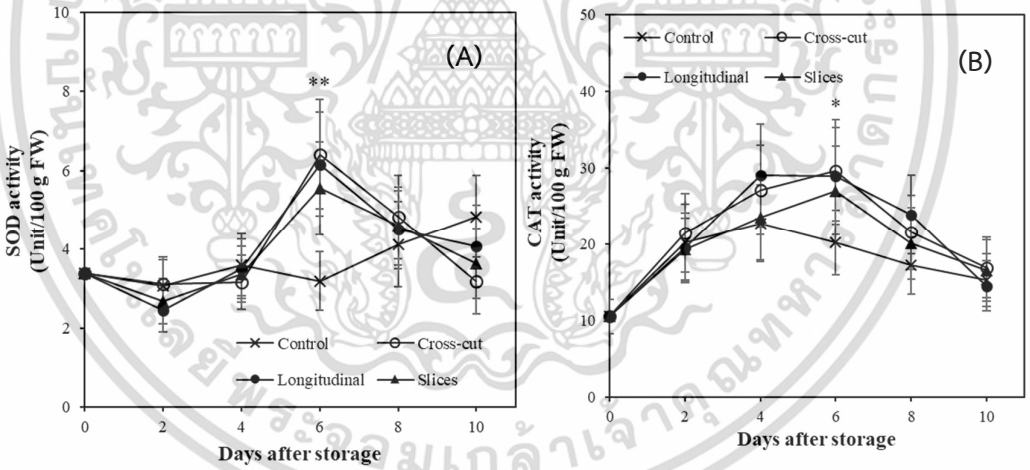
ส่วนปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากการศึกษาพบว่าทุกรูปแบบการตัดแต่งมีแนวโน้มของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงที่สุดในวันที่ 2 6 และ 10 ของการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันต่างสถิติกับทุกกรรมวิธี ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งอื่นมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง และในวันที่ 6 และ 10 ของการเก็บรักษา พบว่ามีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงกว่ารูปแบบการตัดแต่งอื่นอย่างมาก โดยในวันที่ 6 พบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 164.71 μg H_2O_2/g FW ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งอื่นมีค่าอยู่ในช่วง 142.39 - 143.69 μg H_2O_2/g FW มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) (รูปที่ 4.7B) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำที่สุด (รูปที่ 4.7B) โดยความรุนแรงของบาดแผลจากการตัดแต่งที่มากขึ้นทำให้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงขึ้น (Li et al., 2017) ซึ่งการบาดเจ็บที่เกิดจากการตัดแต่งทำให้เกิดความไม่สมดุลในเมแทบอลิซึมของปฏิกิริยาออกซิเจน และทำให้เกิดการสะสมของออกซิเจนที่เกิดปฏิกิริยา เช่น O_2^- และ H_2O_2 ในเนื้อเยื่อ ซึ่งสิ่งนี้เร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมันเมมเบรน ส่งผลทำให้เซลล์พืชเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Pan et al., 2020) จากการศึกษานี้พบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในแก้วมังกรตัดแต่ง มันเทศตัดแต่ง และฝรั่งตัดแต่ง พบว่าภายหลังการตัดแต่งมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Li et al., 2017; Pan et al., 2020; Chumyam, Faiyue, & Saengnil, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง จากการศึกษาพบว่าการตัดแต่งทั้ง 3 รูปแบบ คือ รูปแบบการตัดแต่งตามขวาง รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD ไปในทิศทางเดียวกัน โดยภายหลังการตัดแต่งทั้ง 3 รูปแบบ มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยพบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก (รูปที่ 4.8A) และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับชุดควบคุม (ไม่ตัดแต่ง) หลังจากนั้นลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่ชุดควบคุมมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ SOD เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ SOD ของชุดควบคุมลดลงเพียงเล็กน้อยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.8A)

ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วลดลง โดยชุดควบคุม (ไม่ตัดแต่ง) มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่ผลมะม่วงขายตึกที่ผ่านการตัดแต่งทั้ง 3 รูปแบบ มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษาแล้วลดลง และพบว่าในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา รูปแบบการตัดแต่งตามขวาง และรูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงกว่ารูปแบบการตัดแต่งแบบฝานและชุดควบคุม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 4.8B)



รูปที่ 4.8 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

โดยเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ SOD CAT และ APX มีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต่อเซลล์ และการเสื่อมสภาพของกรดนิวคลีอิกที่เกิดจากออกซิเจนที่มีปฏิกิริยามากเกินไป (ROS) SOD เร่งปฏิกิริยาซูเปอร์ออกไซด์เป็น H_2O_2 จากนั้น APX และ CAT เร่งปฏิกิริยา H_2O_2 ต่อไปเป็น O_2 และ H_2O ต่อไป ดังนั้นอนุมูลที่เป็นอันตรายจึงถูกทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกลางเป็นสารที่ไม่เป็นอันตราย (Li et al., 2018) จากการศึกษาเห็นได้ว่ารูปแบบการตัดแต่งส่งผลต่อกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ให้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al., (2017) รายงานว่ากิจกรรมของเอนไซม์ SOD ของแก้วมังกรตัดแต่งที่เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตามระยะการเก็บรักษา โดยแก้วมังกรที่ผ่านการตัดแต่งส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ SOD เพิ่มขึ้นอย่างมากใน 2 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อยในช่วงระยะการเก็บรักษา และผลแก้วมังกรที่ตัดแต่ง 4 ชิ้น มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD สูงสุด รองลงมาเป็นการตัดแต่ง 2 และ 1 ชิ้น ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ CAT มีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันกับ SOD โดยรูปแบบการตัดแต่งไม่มีผลต่อกิจกรรมของ CAT ในวันแรก แต่หลังจากนั้นแก้วมังกรตัดแต่งทั้ง 3 แบบ มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่สูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเสียหายของระบบการผลิต และการกำจัด ROS ได้รับการบ่งชี้ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลของผลิตผลสด (Gao, Chai, Cheng, & Cao, 2017; Zheng, Liu, Liu, Liu, & Zheng, 2019) CAT และ SOD เป็นเอนไซม์ที่กำจัดเปอร์ออกไซด์ ซึ่งอาจมีบทบาทในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Yao et al., 2021) SOD สามารถเปลี่ยน O_2^- ส่วนเกินเป็น H_2O_2 และ CAT เปลี่ยน H_2O_2 เป็น H_2O และ O_2 (Mittler, 2002) มีการศึกษารายงานว่า ลูกแพร์ ส้มสีเลือด และกล้วย มีเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่ออกฤทธิ์สูง และเอนไซม์ดังกล่าวเป็นหนึ่งในกลไกที่อยู่ภายใต้การยับยั้งความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Sun et al., 2019; Habibi et al., 2020; Hao, Li, Xu, Huo, & Yang, 2019)

จากการศึกษาพบว่ามะม่วงขายตีกตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในช่วงแรกของการเก็บรักษาพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหลังจากนั้นมีการเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ CAT ที่มีการลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา เอนไซม์ CAT เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา H_2O_2 ให้เปลี่ยนไปเป็น O_2 และ H_2O จึงทำให้อนุมูลอิสระถูกทำให้เป็นกลางและไม่เป็นอันตราย (Li et al., 2018) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสามารถช่วยยับยั้งการเสื่อมภาพของผลมะม่วง ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ SOD พบว่าในวันที่ 6 ของการเก็บรักษารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่ามากที่สุด สอดคล้องกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นสูงสุดในวันเดียวกัน โดยเมื่อพืชเกิดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต่อเซลล์ และการเสื่อมสภาพของกรดนิวคลีอิกที่เกิดจากออกซิเจนที่มีปฏิกิริยามากเกินไป (ROS) เอนไซม์ SOD จะเร่งปฏิกิริยาซูเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนไปเป็น H_2O_2 (Li et al., 2018) จึงส่งผลให้รูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีการสะสมของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่าทุกกรรมวิธีในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.7, รูปที่ 4.8)

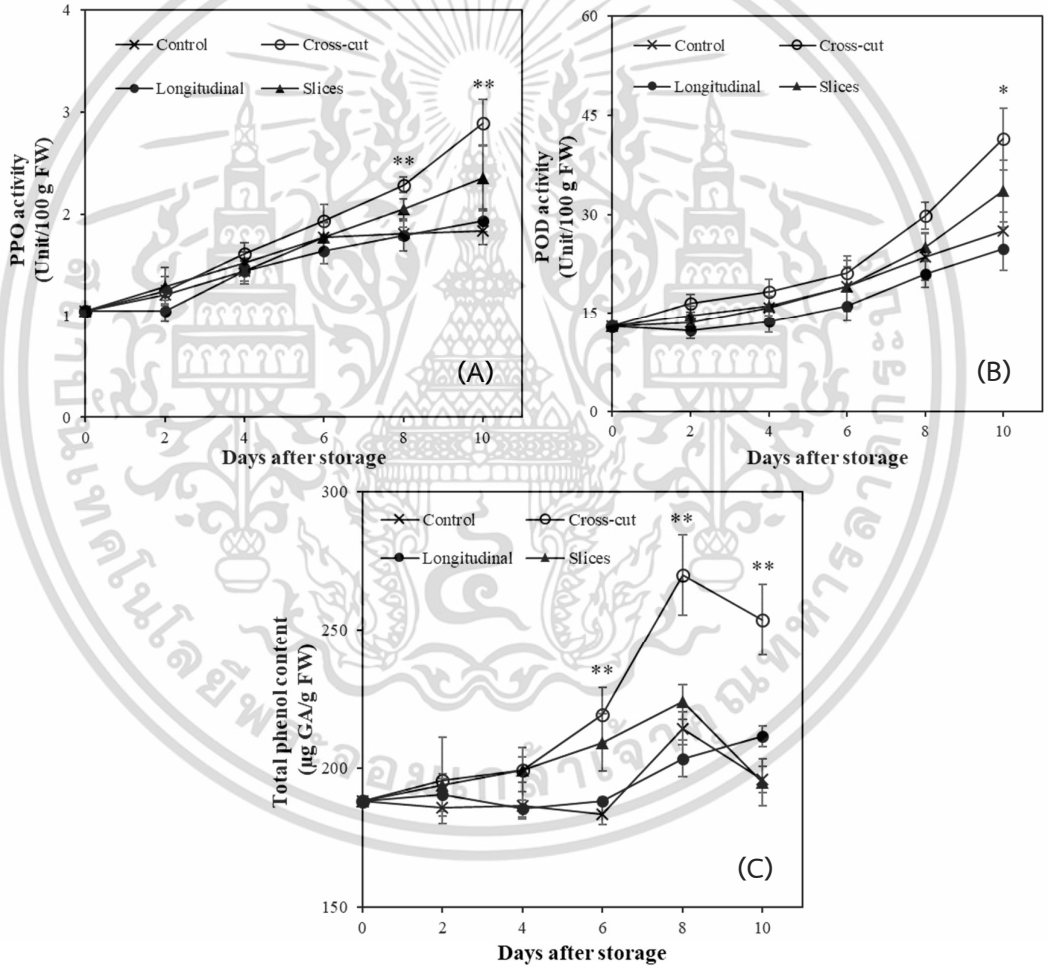
4.1.8 กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล

กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของผลมะม่วงขายตีกตัดแต่ง พบว่าทุกรูปแบบการตัดแต่งมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงที่สุดตลอดระยะการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 8 และ 10 ของการเก็บรักษา และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ใกล้เคียงกับรูปแบบการตัดแต่งตามยาวและชุดควบคุม (ไม่ตัดแต่ง) แต่หลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยมีค่าสูงรองมาจากรูปแบบการตัดแต่งแบบขวาง ขณะที่รูปแบบการตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามยาวและชุดควบคุม (ไม่ตัดแต่ง) มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัดในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.9A)

กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยพบว่าทุกรูปแบบการตัดแต่งมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา ซึ่งจากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงกว่าทุกรูปแบบการตัดแต่งตลอดระยะการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานและชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ใกล้เคียงกันตลอดการเก็บรักษา แต่ในวันสุดท้ายการตัดแต่งแบบฝานกลับมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มสูงขึ้นอย่างมากและสูงกว่าชุดควบคุม ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวน้อยกว่าทุกรูปแบบการตัดแต่งตลอดระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 4.9B)



รูปที่ 4.9 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (A) กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (B) และปริมาณสารประกอบฟีนอล (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) การตัดแต่งตามขวาง การตัดแต่งตามยาว และการตัดแต่งแบบฝาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอล จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งแบบขวางมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยเพิ่มขึ้นอย่างมากตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา แล้วลดลงเพียงเล็กน้อยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีสารประกอบฟีนอลสูงกว่าทุกรูปแบบการตัดแต่งตลอดระยะการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา ส่วนรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีแนวโน้มของปริมาณสารประกอบฟีนอลเช่นเดียวกับรูปแบบการการตัดแต่งตามขวาง แต่มีปริมาณน้อยกว่าอย่างมาก ขณะที่รูปแบบมีการตัดแต่งตามยาวและชุดควบคุม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นพบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นจนถึงวัยสุดท้ายของการเก็บรักษา แต่ชุดควบคุมพบว่าเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาแล้วลดลง (รูปที่ 4.9C)

กลไกการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้สดนั้นซับซ้อน และได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ รวมถึงปริมาณสารตั้งต้น ระดับความเสียหายของเซลล์ และกิจกรรมของเอนไซม์ (Wang et al., 2019) โดยกลไกการเกิดสีน้ำตาลเริ่มต้นจากการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล โดยทำงานของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ซึ่งดึงเอา amino group ออกจาก phenylalanine ได้เป็นกรด cinnamic ต่อมาเมื่อพืชได้รับความเสียหายทำให้เอนไซม์ PPO ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่ม oxidoreductase ทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับสารประกอบอะโรมาติกที่มีหมู่ไฮดรอก-ซิลซึ่งเป็นซับสเตรท ทำปฏิกิริยากันโดยมีออกซิเจนในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เป็น monophenol จากนั้นถูกออกซิไดซ์เป็น diphenol และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และสุดท้ายจะรวมตัวกันเป็นสารโมเลกุลใหญ่ได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาลที่เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนเรียกว่า melanin และปรากฏสีน้ำตาลออกมา นอกจากนี้เอนไซม์ POD ถือเป็นเอนไซม์สำคัญในการเมแทบอลิซึมของฟีนอลที่เกี่ยวข้องกับการทำให้ผลิตผลสดตัดแต่งเป็นสีน้ำตาลด้วยเอนไซม์ (Zhang, Yu, Xiao, Wang, & Tian, 2013) โดยปกติในพืช เอนไซม์ PPO จะอยู่ในคลอโรพลาสต์หรือในพลาสทิดอื่นๆ ซึ่ง PPO เป็นเอนไซม์ o-diphenol oxidase ภายในเซลล์ในพืชชั้นสูงและเชื้อรา (Mayer, 2006) แยกต่างหากจากสารประกอบฟีนอลที่เป็นสารตั้งต้น และสะสมอยู่ภายในแวคิวโอล เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย เอนไซม์และสารตั้งต้นจะสัมผัสกันแล้วเกิดปฏิกิริยา (Siriphanich, 2006) จากการศึกษานี้พบว่ามะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกรูปแบบมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ กิจกรรมของเอนไซม์ PPO กิจกรรมของเอนไซม์ POD และปริมาณสารประกอบฟีนอล เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมันฝรั่งตัดแต่ง (Cheng et al., 2022; Qiao et al., 2021) แอปเปิลตัดแต่ง (Mola et al., 2016) และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ตัดแต่ง (Chimvaree et al., 2019) พบว่ามีสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเก็บรักษา และผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณประกอบฟีนอลสูงกว่าทุกรูปแบบการตัดแต่ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al. (2017) รายงานว่าความรุนแรงจากบาดแผลที่มากขึ้นส่งผลให้เกิดการสะสมของสารประกอบฟีนอลสูงขึ้น โดยมะม่วงตัดแต่งทุกรูปแบบมีการทำลายของเนื้อเยื่อ แต่รูปแบบตามขวางมีการทำลายเนื้อเยื่อพยุง (supporting tissue) ที่เรียงตัวเป็นเส้นยาวและแบบเส้นใย (fiber) โดยลักษณะที่ปรากฏของมะม่วง คือ เสี้ยนตามแนวยาวของผล

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอล ถือเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของการเกิดสีน้ำตาลในผลมะม่วงตัดแต่ง โดยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และสารตั้งต้นในการเกิดสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอล เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด สอดคล้องกับดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่สูงกว่าทุกกรรมวิธี โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าเกณฑ์การยอมรับที่กำหนดไว้ คือ 4 คะแนน (รูปที่ 4.5) ซึ่งมีระดับการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไป สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลภายหลังวันที่ 4 ของการเก็บรักษาที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก และมีความแตกต่างกันทางสถิติ รวมทั้งมีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.7) โดยการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระทำให้เกิดการผลิตมาลอนไดอัลดีไฮด์มากเกินไป ซึ่งความเสียหายจากอนุมูลอิสระจะส่งผลต่อการเสื่อมสภาพ และอาจเป็นไปได้ว่ามะม่วงตัดแต่งจะมีอาการสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับค่าความสว่างพบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีค่าต่ำกว่าทุกกรรมวิธี และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 4.2)

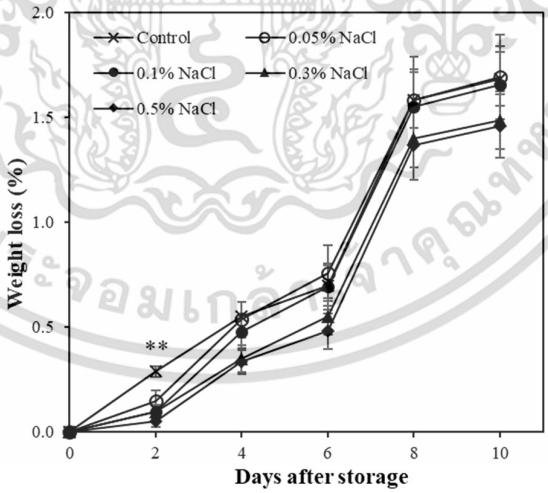
จากการศึกษานี้สรุปได้ว่ารูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งได้ โดยช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ที่มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอมไซม์ ดังนั้นการมีปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่ต่ำอาจส่งผลต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งได้ นอกจากนี้รูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีการสะสมของปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าทุกกรรมวิธี โดยสารประกอบฟีนอลถือเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลผลิตสดตัดแต่ง ทั้งนี้รูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2) เพิ่มขึ้นมากที่สุด และมีปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันแล้วลดลง ซึ่งเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อพืช มะม่วงที่ผ่านการตัดแต่งทุกรูปแบบมีผลต่อการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ให้สูงขึ้น แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยรูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาคุณภาพ และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้นานถึง 6 วัน ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งแบบอื่นมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 4 วัน ดังนั้นจากผลการศึกษานี้จึงเลือกรูปแบบการตัดแต่งตามยาวซึ่งเป็นรูปแบบการตัดแต่งที่มีการชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด เพื่อนำไปศึกษาในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง ที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% มีผลต่อการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.15 0.10 0.10 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (รูปที่ 4.10) ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.29 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang et al. (2020) พบว่าขิงสดตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และการอ่อนตัวของขิงสดตัดแต่ง อย่างไรก็ตามตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำหนักของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยปกติการสูญเสียน้ำในผลไม้สดตัดแต่งนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการสูญเสีย cuticle และเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของผลไม้จากกระบวนการตัดแต่ง เช่น การปอกเปลือก การตัดแต่ง หรือการหั่นชิ้น การเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของผลไม้จะส่งผลให้น้ำสามารถระเหยออกได้ง่าย และส่งผลโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำหนัก การเหี่ยวหรือการหดตัวของผลิตภัณฑ์ (Ngamchuachit, 2017) และหลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธี เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน ซึ่งเป็นการบ่งบอกการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อมะม่วง



รูปที่ 4.10 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

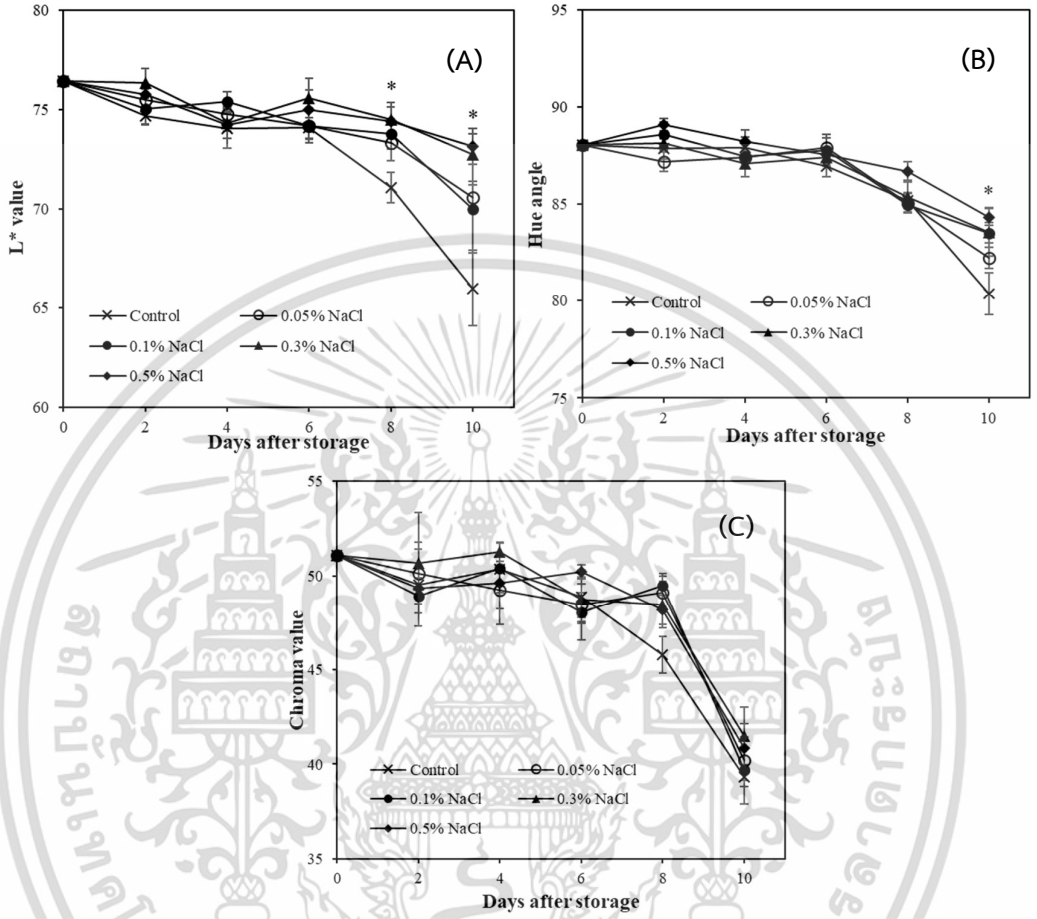
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงสีของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง ที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% พบว่าค่าความสว่าง (L* value) ของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีค่าความสว่างน้อยที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ผลมะม่วงตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีค่าความสว่างมากที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 8 และ 10 ของการของการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีค่าความสว่างเท่ากับ 72.74 และ 73.15 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 และ 0.1% มีค่าความสว่างเท่ากับ 65.99 70.56 และ 70.02 ตามลำดับ (รูปที่ 4.11A, รูปที่ 4.12) การเปลี่ยนแปลงค่าเฉดสี (Hue angle) จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีเฉดสีลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มการลดลงของค่าเฉดสีและไม่แตกต่างกัน แต่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.1 0.3 และ 0.5% มีค่าเฉดสีมากกว่าชุดควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05% โดยมีค่าเฉดสีเท่ากับ 83.54 83.58 และ 84.35 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05% มีค่าเฉดสีเท่ากับ 80.37 และ 82.24 ตามลำดับ (รูปที่ 4.11B) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าความเข้มสี (Chroma value) จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีความเข้มสีลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยช่วงแรกของการเก็บรักษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าความเข้มสีใกล้เคียงกัน แต่ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุมมีค่าความเข้มสีต่ำกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น โดยมีค่าเท่ากับ 45.79 ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์มีค่าความเข้มสีอยู่ในช่วง 48.18 - 49.48 แต่อย่างไรก็ตามค่าความเข้มสีของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 4.11C) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีเกิดจากกระบวนการตัดแต่งที่ทำให้เกิดการรั่วไหลของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล โดยปกติในพืชเอนไซม์ PPO จะอยู่ในคลอโรพลาสต์ หรือในพลาสทิดอื่นๆ แยกต่างหากจากสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้น และสะสมอยู่ภายในแวคิวโอล แต่เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย เอนไซม์และสารตั้งต้นจะสัมผัสกันแล้วเกิดปฏิกิริยา จึงทำให้บริเวณรอยตัดหรือหั่นชิ้นปรากฏสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Siriphanich, 2006) ซึ่งการตัดแต่งผลมะม่วงนั้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของบาดแผล ทำให้บาดแผลมีโอกาสในการสัมผัสกับออกซิเจนมากขึ้น จึงส่งผลให้มะม่วงตัดแต่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสี โดยแสดงอาการสีน้ำตาลบริเวณผิวผล ซึ่งส่งผลให้ค่าความสว่าง (L* value) ค่าเฉดสี (Hue angle) และค่าความเข้มสี (Chroma value) ลดลง โดยจากการศึกษาพบว่าการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแอปเปิลตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ พบว่าสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี โดยสามารถควบคุมการลดลงของค่าความสว่าง (L* value) ได้ดีกว่าชุดควบคุม (Lu et al., 2006; Guan & Fan, 2009; Mola, Uthairatanakij, Srilaong, Aiamla-or & Jitareerat, 2016) อาจจะเป็นไปได้ว่าสารโซเดียมคลอไรด์สามารถช่วยรักษาความสมบูรณ์ของผนังเซลล์และเมมเบรน ป้องกันการรั่วไหลของประจุ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการป้องกันการสัมผัสของเอนไซม์

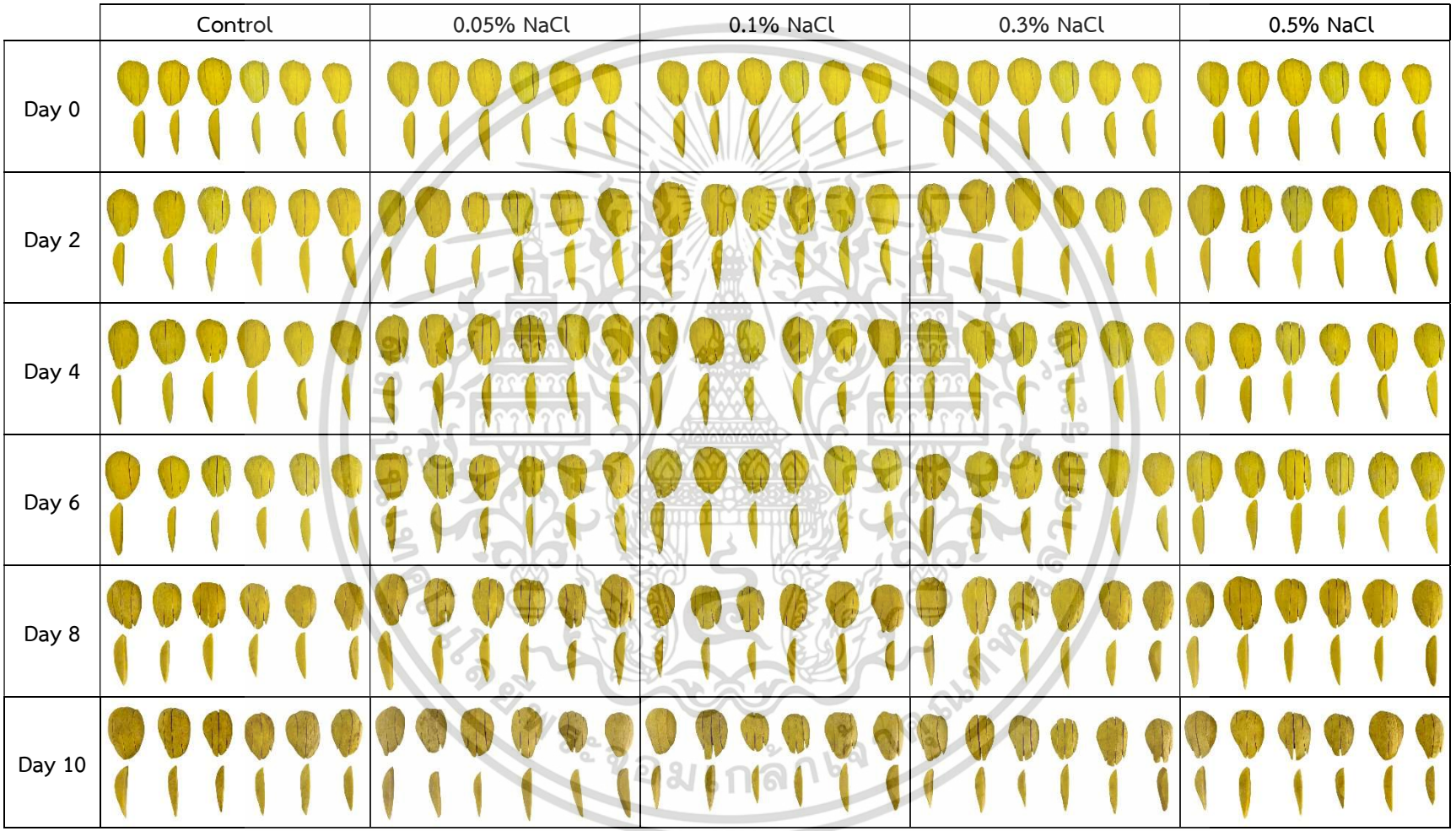
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสารตั้งต้น ดังนั้นจึงช่วยลดการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ช่วยส่งผลทำให้เกิดการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้



รูปที่ 4.11 ค่าความสว่าง (A) ค่าเฉดสี (B) และค่าความเข้มสี (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

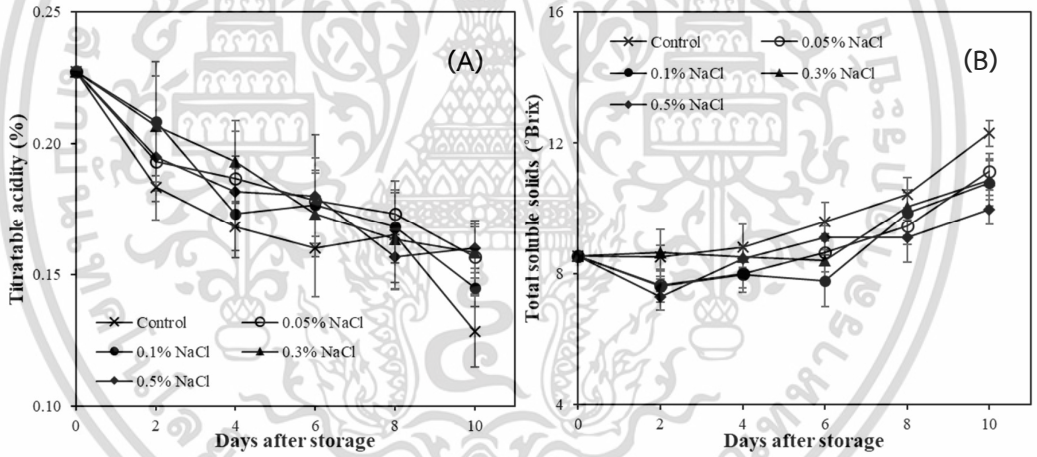


รูปที่ 4.12 ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นเวลา 10 วัน

4.2.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

จากการศึกษาพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันแรกของการเก็บรักษามะม่วงขายแต่งตัดแต่งมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.23 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อยู่ในช่วง 0.13-0.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชุดควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น โดยชุดควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์มีปริมาณกรดที่ไทเทรตอยู่ในช่วง 0.15-0.16 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา (รูปที่ 4.13A)

ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่ามะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงตามระยะการเก็บรักษา โดยพบว่าชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 12.30 องศาบริกซ์ ขณะที่มะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ 0.5% มีค่าเท่ากับ 9.97 องศาบริกซ์ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา (รูปที่ 4.13B)



รูปที่ 4.13 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (A) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

โดยจากการศึกษาพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงขายตึกตัดแต่งผกผันกัน โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงตามระยะการเก็บรักษา ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 4.13) และจากการศึกษาพบว่ามะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะพร้าวตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารแคลเซียมร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ โดยพบว่ามีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันกับชุด

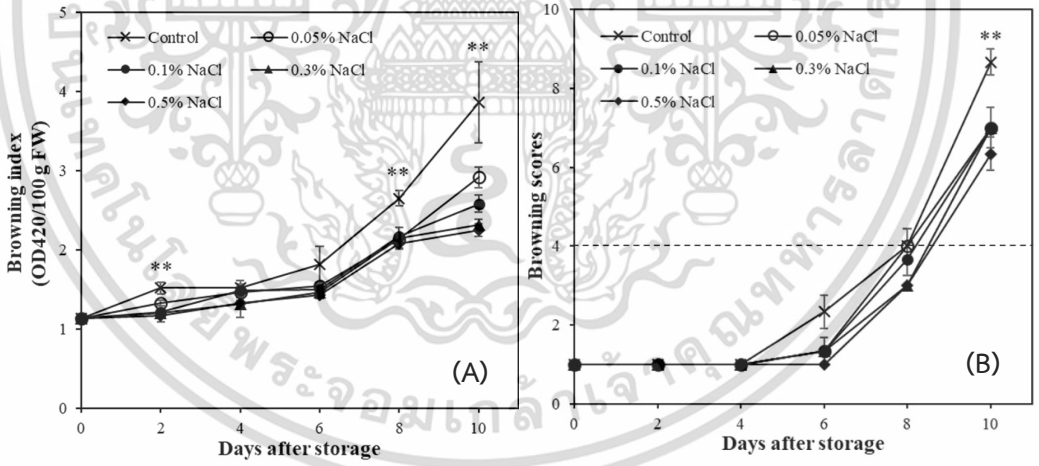
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุม (Nguyen, Tongkhao & Tongchitpakdee, 2019) ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าสารโซเดียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อคุณภาพด้านรสชาติของมะม่วงขายตึกตัดแต่ง

4.2.4 การเกิดสีน้ำตาล

จากการศึกษาพบว่าค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่ไม่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ (ชุดควบคุม) มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าทุกกรรมวิธี และความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 2 8 และ 10 ของการเก็บรักษา ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี โดยมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุม และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.5% มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.25 OD420/100gFW ขณะที่ชุดควบคุมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.87 OD420/100gFW ซึ่งมีค่าสูงที่สุด (รูปที่ 4.14A)

ส่วนคะแนนการเกิดสีน้ำตาลพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นอย่างมากตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา และหลังจากวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่สูงขึ้น และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุมมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 8.67 คะแนน ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.5% มีคะแนนต่ำที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.33 คะแนน ซึ่งสอดคล้องกับดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มสูงขึ้นต่ำที่สุด (รูป 4.14B)



รูปที่ 4.14 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (A) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ℃ เป็นระยะเวลา 10 วัน

จากการศึกษาพบว่าสารโซเดียมคลอไรด์สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งได้เป็นอย่างดี โดยสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและคะแนนการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งพบว่าชุดควบคุม (ไม่จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์) มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mola et al.(2016) พบว่าผลชมพู่ตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี โดยกรรมวิธีที่จุ่มด้วยโซเดียมคลอไรด์ 200 mg/L นาน 3 นาที มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุดซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุม และการศึกษาผลฝรั่งที่จุ่มด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะการเก็บรักษา (Intarasi et al., 2015) การเพิ่มขึ้นของดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่ง บ่งบอกถึงการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่งที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเมื่อผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลผลิต จึงส่งผลให้มะม่วงตัดแต่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสี โดยแสดงอาการสีน้ำตาลบริเวณผิว เนื่องจากการตัดแต่งเป็นการทำลายเนื้อเยื่อของมะม่วง

4.2.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

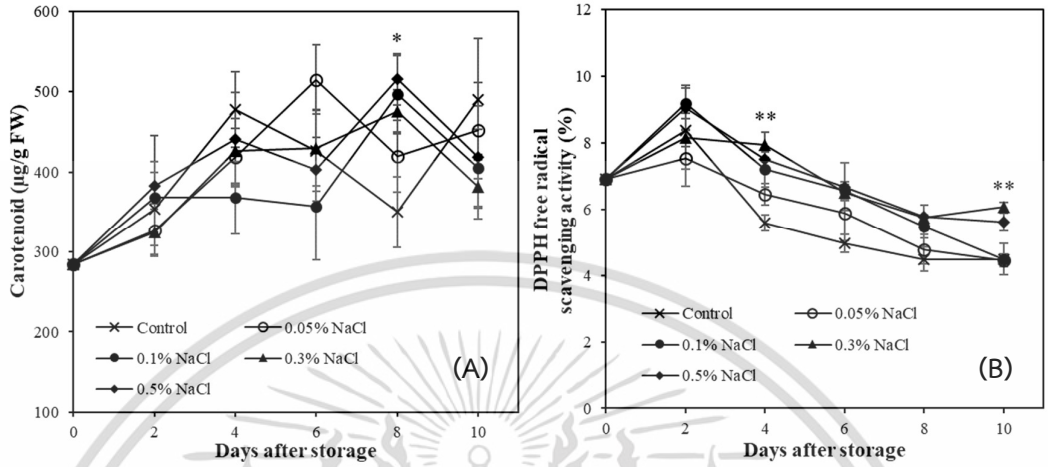
ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ พบว่าชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นมากกว่าทุกกรรมวิธีในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีปริมาณลดลง และลดลงอย่างมากในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 350 µg/g (FW) ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่า และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่าในวันที่ 6 ของการเก็บรักษากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05% มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุด หลังจากนั้นมาค่าลดลงแล้วเพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเช่นเดียวกับชุดควบคุม โดยชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.1 0.3 และ 0.5% มีปริมาณแคโรทีนอยเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา แล้วมีปริมาณลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.15A)

การเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ของมะม่วงขายตึกตัดแต่งในช่วงแรกของการทดลอง ทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดจากการปรับตัวทางสรีวิทยาของพืชจากสภาวะเครียดที่เกิดจากการตัดแต่ง (Demmig-Adams et al., 1996) และจากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นแล้วลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงตัดแต่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน รายงานว่ามีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ (Gil et al., 2006) ในขณะที่ชุดควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05% มีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมากในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นตามการเสื่อมสภาพของพืช (Ngamwonglumlert at al., 2020) และเมื่อมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุกจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มสูงขึ้น (Yungyuen et al., 2021)

ส่วนปริมาณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีปริมาณลดลงไปจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีปริมาณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 4 และ 10 ของการเก็บรักษา ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมากที่สุด โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ามีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.06 และ 5.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทุกกรรมวิธี (รูปที่ 4.15B)



รูปที่ 4.15 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (A) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระลดลงตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่ลดลง บ่งชี้ว่าความสามารถในการกำจัด ROS ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chen et al. (2018) พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของลูกแพร์ตัดแต่งประเมินโดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีแนวโน้มลดลงในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับผลลูกแพร์ตัดแต่งที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนต่ำ พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของเนื้อเยื่อลูกแพร์มีแนวโน้มลดลงตามระยะการเก็บรักษา (Li et al., 2012) เมื่อความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมากเกินความสามารถของระบบต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ จะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บที่เกิดจากชนิดของออกซิเจนที่เกิดปฏิกิริยาและการพัฒนาของความผิดปกติ เช่น การเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมสภาพของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในบรรดาสารต้านอนุมูลอิสระนั้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดเป็นดัชนีหลักที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากพืช (Benjakul et al., 2005) และจากการศึกษาเห็นได้ว่าการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% สามารถช่วยรักษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของผลม่วงขายตึกตัดแต่งได้เป็นอย่างดี โดยมีค่าลดลงต่ำกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสารโซเดียมคลอไรด์สามารถรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของลูกแพร์ฝานได้ (Alipoorfard, Jouki, & Tavakolipour, 2020)

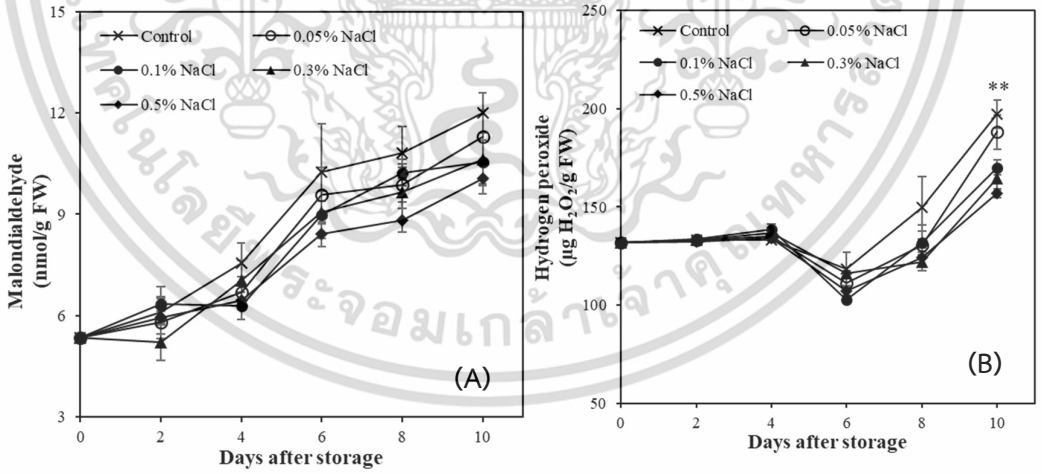
การศึกษานี้พบว่ามะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษาสอดคล้องกับความสามารถของอนุมูลอิสระที่ลดลง โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุมมีความสามารถของอนุมูลอิสระต่ำที่สุด เช่นเดียวกับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ต่ำสุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา การลดลงของความสามารถของอนุมูลอิสระอาจเป็นไปได้ว่ามีผลต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมสภาพของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง และส่งผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ลดลง ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.1 0.3 และ 0.5% NaCl มีความสามารถในการด้วยอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม ส่งผลให้สามารถรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์ได้ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.15)

4.2.6 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ พบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์มากที่สุดตลอดการทดลอง (รูปที่4.16A) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยจากการศึกษานี้พบว่ามะม่วงขายตึกแต่งปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Supapvanich & Techavuthiporn (2022) พบว่ามะม่วงดิบตัดแต่งมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเพิ่มขึ้นดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุของสภาวะที่ขาดน้ำและชักนำภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ต่อเยื่อหุ้มเซลล์ และจากการศึกษาในพริกหยวกตัดแต่งพบว่าปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Chen, Hu, Wang, Hu, & Cui, 2016) โดยจากการศึกษานี้พบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุดตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา จากผลการทดลองดังกล่าวบ่งชี้ให้เห็นว่าการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์สามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์จากลิพิดเปอร์ออกซิเดชั่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang et al. (2020) พบว่าขิงสดตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสะสมของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์



รูปที่ 4.16 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (A) และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

ส่วนปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ในช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกัน และในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมมีค่าเท่ากับ 197.44 µg H_2O_2/g FW ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.1 0.3 และ 0.5% มีค่าเท่ากับ 170.13 164.36 และ 156.96 µg H_2O_2/g FW ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) (รูปที่ 4.16B) โดยความรุนแรงของบาดแผลจากการตัดแต่งส่งผลให้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงขึ้น (Li et al., 2017) ซึ่งการบาดเจ็บที่เกิดจากการตัดแต่งทำให้เกิดความไม่สมดุลในเมแทบอลิซึมของปฏิกิริยาออกซิเจน และทำให้เกิดการสะสมของออกซิเจนที่เกิดปฏิกิริยา เช่น O_2^- และ H_2O_2 ในเนื้อเยื่อ สิ่งนี้เร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมันเมมเบรน ส่งผลให้เซลล์พืชเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Pan et al., 2020) จากการศึกษานี้พบว่าภายหลังวันที่ 6 ของการเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในแก้วมังกรตัดแต่ง มันเทศตัดแต่ง และฝรั่งตัดแต่ง พบว่าภายหลังการตัดแต่งมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Li et al., 2017; Chumyam et al., 2019; Pan et al., 2020)

4.2.7 กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ พบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่ชุดควบคุมพบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษามีปริมาณลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ แต่พบว่าชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD น้อยกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ตลอดระยะการเก็บรักษา และผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD สูงกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD สูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับทุกกรรมวิธี (รูปที่ 4.17A)

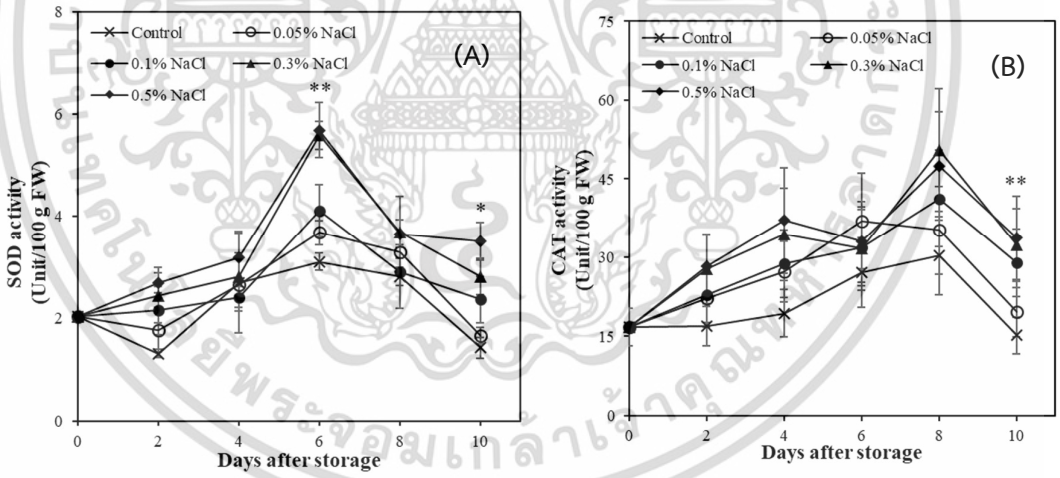
ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา แล้วลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT ต่ำกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นตลอดระยะการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงกว่าทุกกรรมวิธี และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) (รูปที่ 4.17B)

โดยเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ SOD CAT และ APX มีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต่อเซลล์ และการเสื่อมสภาพของกรดนิวคลีอิกที่เกิดจากออกซิเจนที่มีปฏิกิริยามากเกินไป (ROS) SOD เร่งปฏิกิริยาซูเปอร์ออกไซด์เป็น H_2O_2 จากนั้น APX และ CAT เร่งปฏิกิริยา H_2O_2 ต่อไปเป็น O_2 และ H_2O ต่อไป ดังนั้นอนุมูลที่เป็นอันตรายจึงถูกทำให้เป็นกลางเป็นสารที่ไม่เป็นอันตราย (Li et al., 2018) จากการศึกษาเห็นได้ว่าการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ให้สูงขึ้น โดยพบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ตัว สูงกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้มีการใช้แคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอไรด์ หรือเกลือแคลเซียม ในบวบเหลี่ยมตัดแต่ง โดยพบว่าผลบวบเหลี่ยมตัดแต่งที่พ่นด้วย $CaCl_2$ มีการเพิ่มขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์ CAT และ SOD อย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (Feng et al., 2022) ความเสียหายของระบบการผลิตและการกำจัด ROS ได้รับการบ่งชี้ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์สด (Gao et al., 2017; Zheng et al., 2019) CAT และ SOD เป็นเอนไซม์ที่กำจัดเปอร์ออกไซด์ซึ่งอาจมีบทบาทในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Yao et al., 2021) SOD สามารถเปลี่ยน O_2^- ส่วนเกินเป็น H_2O_2 และ CAT เปลี่ยน H_2O_2 เป็น H_2O และ O_2 (Mittler, 2002) มีการศึกษารายงานว่า ลูกแพร์ ส้มสีเลือด และกล้วย มีเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่ออกฤทธิ์สูง และเอนไซม์ดังกล่าวเป็นหนึ่งในกลไกที่อยู่ภายใต้การยับยั้งความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Hao et al., 2019; Sun et al., 2019; Habibi et al., 2020)

จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา สอดคล้องกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเอนไซม์ SOD และ CAT ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระจำพวก O_2^- และ H_2O_2 การมีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ที่ลดลงจึงส่งผลให้มะม่วงขายตึกตัดแต่งมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น และพบว่าชุดควบคุมมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงที่สุดสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ที่ต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.3 และ 0.5% NaCl มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT สูงกว่าทุกกรรมวิธี ส่งผลให้มีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำที่สุด (รูปที่ 4.16, รูปที่ 4.17)



รูปที่ 4.17 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

4.2.8 กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล

กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ พบว่าทุกกรรมวิธีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ตลอดระยะการเก็บรักษา ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของ

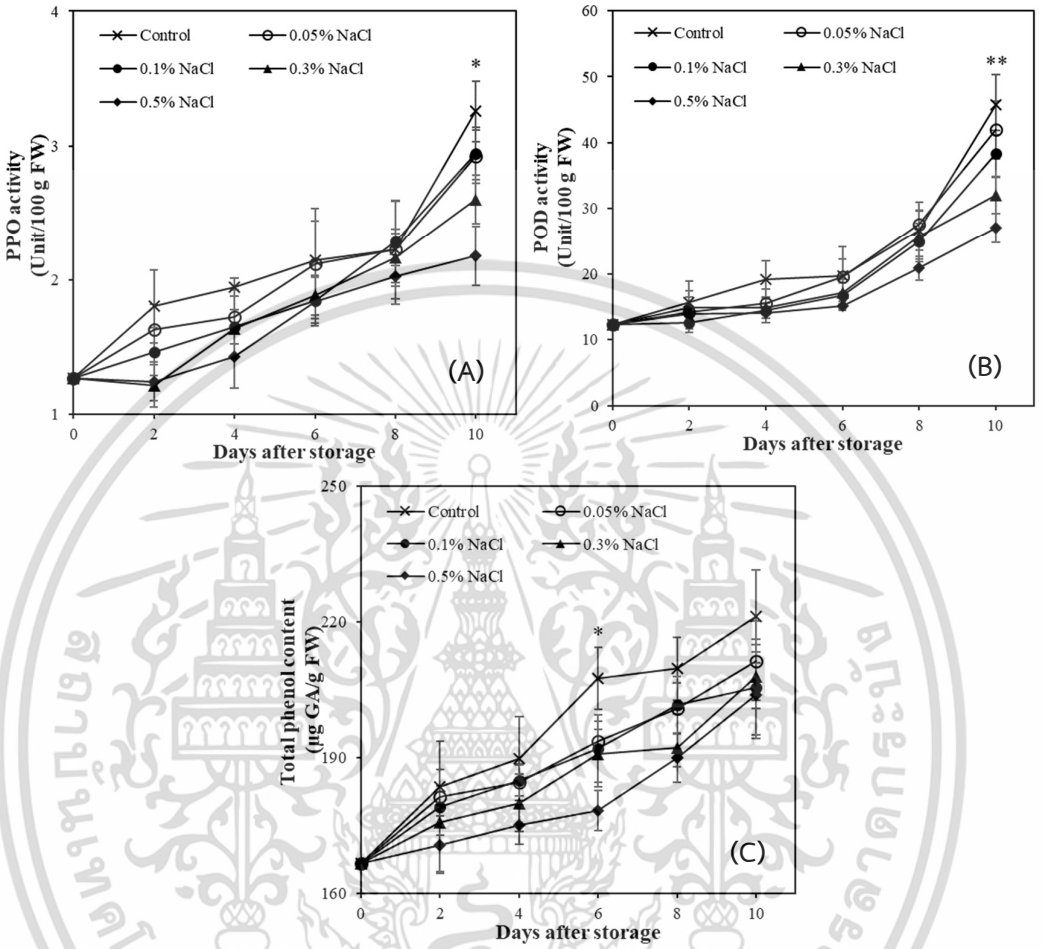
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้เป็นอย่างดี โดยพบว่ามีค่าต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษา ซึ่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 2.18 Unit/100 g FW แต่ในชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 3.26 Unit/100 g FW โดยกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าอย่างมาก และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 4.18A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาเช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้นสูงกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นตลอดระยะการเก็บรักษา และผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ POD น้อยกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ามีค่าเท่ากับ 27.04 Unit/100 g FW ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 45.79 Unit/100 g FW (รูปที่ 4.18B) ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอล จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับทุกกรรมวิธี ขณะที่ผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 4.18C)

โดยจากการศึกษาพบว่ามะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ กิจกรรมของเอนไซม์ PPO กิจกรรมของเอนไซม์ POD และปริมาณสารประกอบฟีนอล เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมันฝรั่งตัดแต่ง (Cheng et al., 2022; Qiao et al., 2021) แอปเปิลตัดแต่ง (Mola et al., 2016) และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ตัดแต่ง (Chimvaree et al., 2019) พบว่ามีสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเก็บรักษา จากการศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ 0.5% ช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และสารประกอบฟีนอลได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Luo et al. (2011) พบว่าแอปเปิลตัดแต่งที่จุ่มสารโซเดียมสามารถช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และในฝรั่งพันธุ์กิมจูตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ สามารถลดการเกิดอาการสีน้ำตาลได้โดยมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL (Intarasit et al., 2015) รวมทั้งเมื่อไม่นานมานี้มีงานวิจัยที่ศึกษาการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ พบว่าการจุ่มโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.05 mol/L ร่วมกับการใช้ฟิล์มชนิดโพลีโพพีลีน (PP) ของขิงสดตัดแต่งพบว่าสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO POD และ PAL ซึ่งช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้อีกด้วย (Zhang et al., 2020) สำหรับกลไกในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของสารโซเดียมคลอไรด์ และสารอนุพันธ์นั้นสันนิษฐานว่าสารโซเดียมคลอไรด์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD โดยสันนิษฐานว่าสารโซเดียมคลอไรด์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO โดยไปออกซิไดซ์โคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ PPO คือ ทองแดง (Cu_2^+) ทำให้เอนไซม์เปลี่ยนจากสภาพ active form ไปเป็น inactive form ส่งผลให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาต่อไปได้จึงไม่เกิดสารประกอบสีน้ำตาลขึ้น นอกจากนี้โซเดียมคลอไรด์ยังสามารถไปออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO และ POD ให้เปลี่ยนเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดอื่นหรือสารประกอบอื่นๆ เช่น caffeic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ quinic acid จึงส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลลดลงเช่นกัน (Whitaker, 1972; McEvily et al., 1992; Lu et al., 2007; He et al., 2008; Inrajsadon, 2012)



รูปที่ 4.18 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (A) กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (B) และปริมาณสารประกอบฟีนอล (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอล ส่งผลต่อการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมค่าสูงที่สุดสอดคล้องกับดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่มีค่ามากกว่าทุกกรรมวิธี รวมทั้งมีปริมาณ MDA และ H_2O_2 สูงกว่าทุกกรรมวิธี โดยปริมาณ MDA ที่เพิ่มมากขึ้นเกิดจากการสะสมของออกซิเจนที่พร้อมทำปฏิกิริยา (ROS) เช่น H_2O_2 สิ่งนี้ถือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมันเมมแบรน ส่งผลให้พืชเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Pan et al., 2020) นำไปสู่การเสื่อมภาพของผลมะม่วงขายถึงตัดแต่ง อาจจะส่งผลทำให้มีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง พบว่าชุดควบคุมมีค่าลดลงอย่างมากตั้งแต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา และแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12) ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำกว่าทุกกรรมวิธี สอดคล้องกับดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่มีค่าน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าการจุ่มด้วย 0.5% NaCl มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด

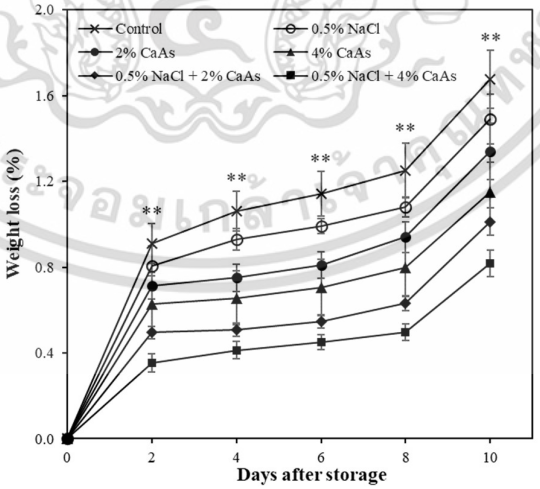
จากการศึกษานี้สรุปได้ว่าการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.5% สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ โดยช่วยรักษาการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.5% สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงตัดแต่งได้ โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ต่ำที่สุด โดยกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และเป็นเอนไซม์สำคัญในการเมแทบอลิซึมของฟีนอลที่เกี่ยวข้องกับการทำให้ผลิตผลสดตัดแต่งเป็นสีน้ำตาล ดังนั้นการมีปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ที่ต่ำส่งผลต่อลดลงของการเกิดสีน้ำตาลในผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ที่ต่ำสอดคล้องกับดัชนีการเกิดสีน้ำตาล คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงสีที่มีค่าต่ำกว่าทุกกรรมวิธี โดยการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.5% สามารถชะลอการเกิดน้ำตาลได้ดีที่สุด ส่วนปริมาณ MDA ของทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นตามการเก็บรักษาโดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2) ของชุดควบคุมเพิ่มขึ้นสูงสุด ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ SOD และเอนไซม์ CAT ของผลมะม่วงตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5% มีค่ามากที่สุด ดังนั้นจากการศึกษานี้การจุ่มด้วย 0.5% NaCl มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด จึงได้เลือกความเข้มข้นดังกล่าวนำไปศึกษาต่อในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ประสิทธิภาพของสารแคลเซียมแอสคอร์เบทร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

4.3.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน (รูปที่ 4.19) จากการศึกษาพบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้พบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สารแคลเซียมแอสคอร์เบท (CaAs) และสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท (NaCl + CaAs) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษา ซึ่งกรรมวิธีที่จุ่ม 0.5% NaCl + 4% CaAs พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.82 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl, 2% CaAs, 4% CaAs, 0.5% NaCl + 2% CaAs และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 1.49 1.34 1.15 1.01 และ 1.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เป็นไปได้ว่าแคลเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ในรูปของแคลเซียมเพคเตท (calcium pectate) ซึ่งเกิดจากแคลเซียมอิออนทำปฏิกิริยากับกรดเพคติกในmiddle lamella ของผนังเซลล์ ทำให้เกิด Ca^{2+} bridge ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีโครงสร้างแข็งแรงมากขึ้น อาจส่งผลช่วยให้น้ำที่อยู่ในเซลล์พืชแพร่ออกมาได้น้อย (Chardonnet, Charron, Sams & Conway, 2003; Worakeeratikul, 2006) และสารโซเดียมคลอไรด์สามารถช่วยรักษาความสมบูรณ์ของผนังเซลล์และเมมเบรน ป้องกันการรั่วไหลของประจุ ป้องกันโครงสร้างของเซลล์ที่ถูกตัด และช่วยลดการเสื่อมสภาพของผลผลิต (Zhang et al., 2020) ดังนั้นการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ความเข้มข้น 0.5% NaCl + 4% CaAs มีประสิทธิภาพต่อการชะลอการ



รูปที่ 4.19 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

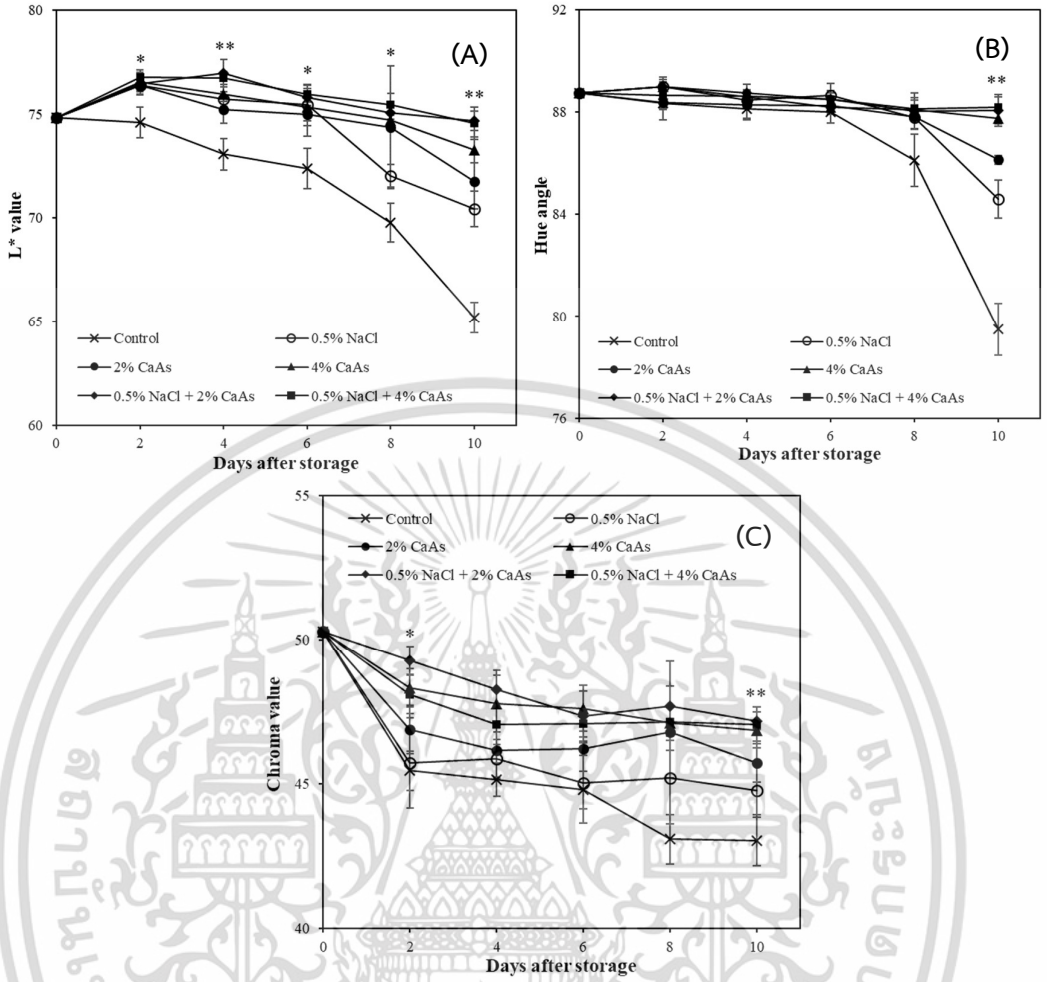
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าทุกกรรมวิธี ในขณะที่การศึกษาของ Hengphum, Uthiaratanakij & Jitareerat (2015) รายงานว่าการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบททุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อการลดการสูญเสียน้ำหนักของแอปเปิลตัดแต่ง อย่างไรก็ตามพบว่ามีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักเช่นเดียวกับการศึกษานี้

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงสี

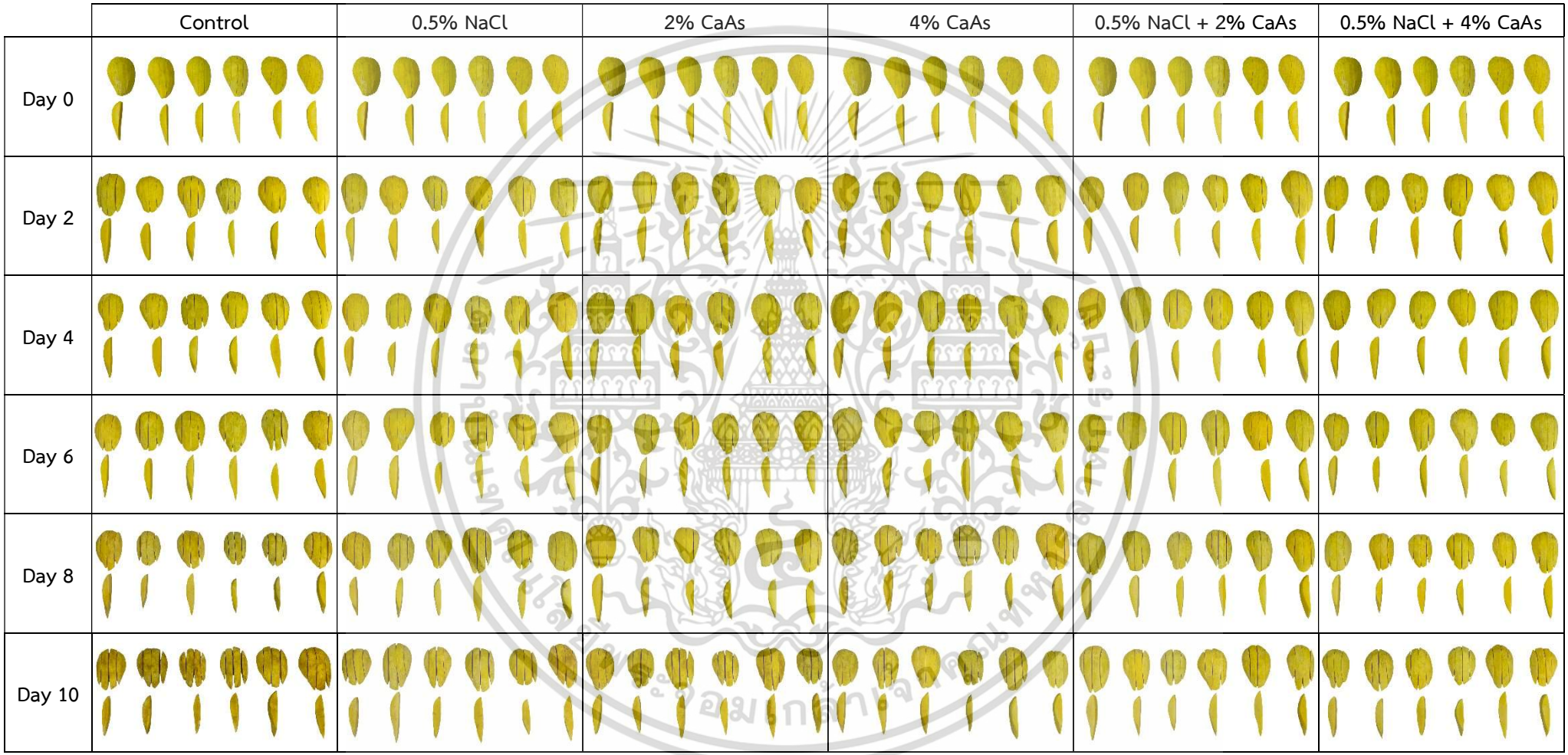
การเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงขายตึกที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท พบว่าค่าความสว่าง (L* value) ของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตามระยะการเก็บรักษา โดยพบว่าชุดควบคุมมีค่าความสว่างต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท (NaCl + CaAs) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี โดยค่าความสว่างลดลงน้อยกว่าชุดควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ หรือสารแคลเซียมแอสคอร์เบทเพียงอย่างเดียว และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 2% CaAs และ 0.5% NaCl + 4% CaAs มีค่าความสว่างเท่ากับ 74.67 และ 74.56 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl, 2% CaAs, 4% CaAs และชุดควบคุม มีค่าความสว่างเท่ากับ 70.43 71.75 73.26 และ 65.18 ตามลำดับ (รูปที่ 4.20A, รูปที่ 4.21) ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) การเปลี่ยนแปลงค่าเฉดสี (Hue angle) จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของค่าเฉดสีลดลงตามระยะการเก็บรักษา โดยในช่วงแรกของการเก็บรักษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าเฉดสีใกล้เคียงกัน และในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุมมีค่าลดลงมากกว่าทุกกรรมวิธี แล้วลดลงอย่างมากในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์-เบท (NaCl + CaAs) ที่ความเข้มข้น 0.5% NaCl + 2% CaAs และ 0.5% NaCl + 4% CaAs มีค่าเฉดสีเท่ากับ 88.06 และ 88.67 ตามลำดับ (รูปที่ 4.20B) และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนค่าความเข้มสี (Chroma value) จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของค่าความเข้มสีลดลงตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีค่าความเข้มสีต่ำกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบททุกความเข้มข้น สามารถรักษาค่าความเข้มสีของผลมะม่วงตัดแต่งได้เป็นอย่างดี โดยกรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 2% CaAs มีค่าเท่ากับ 47.17 และกรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีค่าเท่ากับ 47.05 ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl, 2% CaAs, 4% CaAs และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 44.75 45.71 46.85 และ 43.03 (รูปที่ 4.20C) ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ค่าความสว่าง (A) ค่าเฉดสี (B) และค่าความเข้มสี (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ℃ เป็นเวลา 10 วัน

โดยการเปลี่ยนแปลงสีเกิดจากกระบวนการตัดแต่งที่ทำให้เกิดการรั่วไหลของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล โดยปกติในพืชเอนไซม์ PPO จะอยู่ในคลอโรพลาสต์หรือในพลาสทิดอื่น ๆ แยกต่างหากจากสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นและสะสมอยู่ภายในแวคิวโอล แต่เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย เอนไซม์และสารตั้งต้นจะสัมผัสกันและเกิดปฏิกิริยา จึงทำให้บริเวณรอยตัดหรือหั่นชิ้นปรากฏสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Siriphanich, 2006) ซึ่งการตัดแต่งผลมะม่วงนั้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของบาดแผล ทำให้บาดแผลมีโอกาสในการสัมผัสกับออกซิเจนมากขึ้น จึงส่งผลให้มะม่วงตัดแต่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสี โดยแสดงอาการสีน้ำตาลบริเวณผิวผล ซึ่งส่งผลให้ค่าความสว่าง (L* value) ค่าเฉดสี (Hue angle) และค่าความเข้มสี (Chroma value) ลดลง โดยจากการศึกษาพบว่าการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทมีประสิทธิภาพรักษาค่าการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mola et al. (2016) พบว่าชมพู่ตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมคลอไรด์และสารแคลเซียมแอสคอร์เบท มีค่าความสว่าง (L* value) ลดลงน้อยกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้งานวิจัยมะม่วงตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบท ความเข้มข้น 2% ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน ยังคงคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคและรักษาระดับการเปลี่ยนแปลงสีได้เป็นอย่างดี (Boonyaritthongchai & Keawmanee, 2020) ทั้งนี้สารแคลเซียมแอสคอร์เบทเป็นสารที่มีการปรับปรุงการทำงานของกรดแอสคอร์บิกโดยการเติมแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งกรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติที่เป็นสาร reducing agent ทำการรีดิวซ์สาร *o* – quinone ให้เปลี่ยนเป็นสาร dipphenol ก่อนปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล (Walker, 1977)

4.3.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

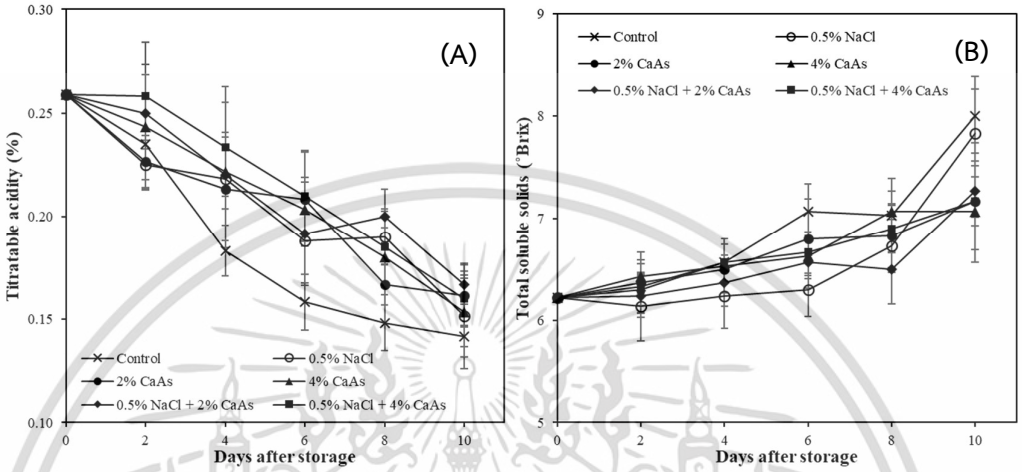
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท จากการศึกษาพบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงอย่างมากตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.22A) ซึ่งมีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำกว่าทุกกรรมวิธี ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ และสารแคลเซียมแอสคอร์เบทเพียงอย่างเดียว หรือการใช้ร่วมกันทุกความเข้มข้น มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะการเก็บรักษา

ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท พบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าทุกกรรมวิธี และมีการเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.22B) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่ลดลง ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกันตลอดระยะการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว พบว่ามีปริมามาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทุกกรรมวิธีในช่วงแรกของการเก็บรักษา และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษา

โดยจากการศึกษาเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 4.22) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Worakeeratikul (2006) รายงานว่าชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ตัดแต่งที่จุ่มด้วยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมแอสคอร์เบทไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกกรรมวิธี และในขณะเดียวกันการศึกษาของมะพร้าวตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารแคลเซียมร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ พบว่ามีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม (Nguyen et al., 2019)



รูปที่ 4.22 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (A) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายติกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

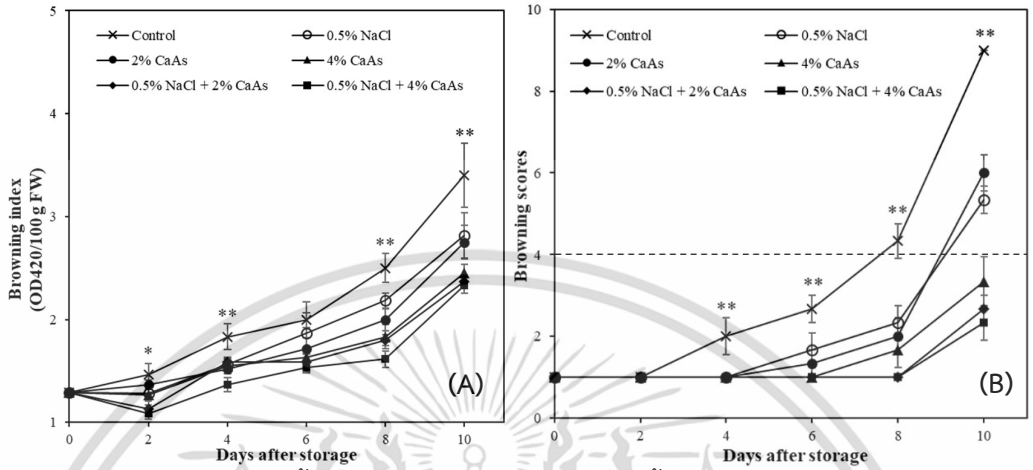
4.3.4 การเกิดสีน้ำตาล

จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุม (ไม่จุ่มสาร) มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงสุดตลอดการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 2 4 8 และ 10 ของการเก็บรักษา และพบว่าชุดควบคุมมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างมากตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา ขณะที่ผลมะม่วงขายติกตัดแต่งที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าทุกกรรมวิธี โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 1.62 OD420/100gFW และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทุกกรรมวิธี ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ และสารแคลซียมแอสคอร์เบทเพียงอย่างเดียว มีประสิทธิภาพในชะลอการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีการใช้ร่วมกันของสารโซเดียมคลอไรด์สารแคลเซียมแอสคอร์เบท โดยมีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นสูงกว่า (รูปที่ 4.23A)

ส่วนคะแนนการเกิดสีน้ำตาลพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา เช่นเดียวกับค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล โดยกรรมวิธีการใช้ร่วมกันของสารโซเดียมคลอไรด์และสารแคลเซียมแอสคอร์เบททุกความเข้มข้นมีประสิทธิภาพต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งพบว่ามีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ระดับ 1 คะแนน จนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 2% CaAs และ 0.5% NaCl + 4% CaAs มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 2.67 และ 2.33 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl, 2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CaAs และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 5.33 6.00 และ 9.00 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) (รูปที่ 4.23B)



รูปที่ 4.23 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (A) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

โดยจากการศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทสามารถช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและคะแนนการเกิดสีน้ำตาลได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Keawmanee, Buanong & Boonyaritthongchai (2019) รายงานว่าผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 2% สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าเส้นเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้มีงานวิจัยรายงานว่าชมพู่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าที่จุ่มด้วยน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Worakeeratikul, 2006) และจากการศึกษาของผลแอปเปิลหั่นชิ้นที่จุ่มด้วยสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ความเข้มข้น 7% สามารถช่วยลดปริมาณสารกลุ่ม quinones ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา hydroxylation เปลี่ยนสารประกอบฟีนอลในรูป monophenol ไปเป็นกลุ่ม diphenol และการเกิดปฏิกิริยา oxidation โดยมีเอนไซม์ PPO เป็นตัวทำปฏิกิริยา และมีออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนสารกลุ่ม diphenol ไปเป็นสารกลุ่ม quinones ซึ่งสารกลุ่มนี้สามารถเกิดการ polymerization เป็นสาร melanin ที่ให้สีน้ำตาลบนเนื้อเยื่อพืช (Fan, Niemera, Mettheis, Zhuang, & Olson, 2005; He & Luo, 2007; Keawmanee et al., 2019)

4.3.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

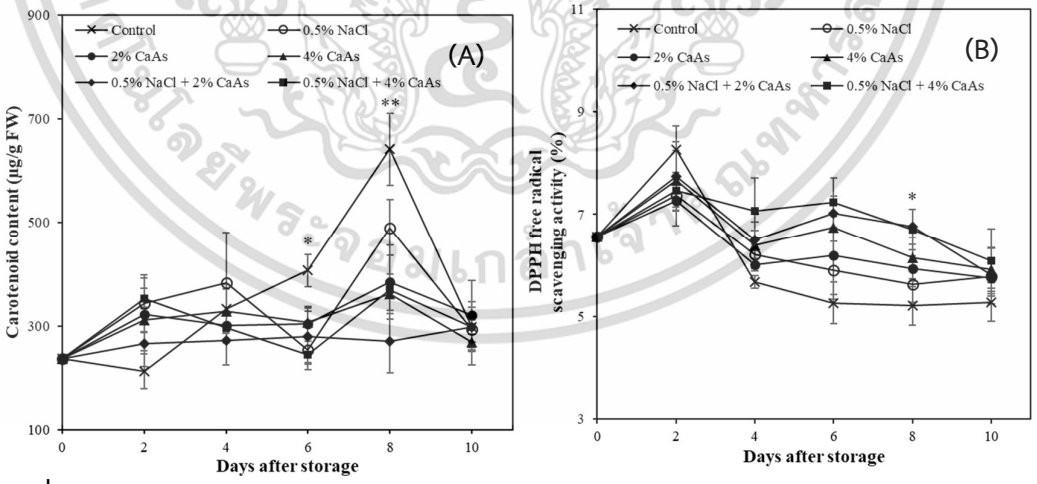
ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท พบว่าชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา หลังการนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับทุกกรรมวิธีในวันที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีค่าลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยโซเดียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5% มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงแล้วเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงรองจากชุดควบคุม แล้วมีค่าลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา นอกจากนี้กรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารแคลเซียมแอสคอร์เบท และสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท มีปริมาณแคโรทีนอยด์ค่อนข้างเสถียร โดยมีค่าใกล้เคียงกับวันแรกของการเก็บรักษาตลอดการทดลอง ซึ่งพบว่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 8 ของของการเก็บรักษาแล้วลดลง (รูปที่ 4.24A)

การเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ของมะม่วงขายตึกตัดแต่งในช่วงแรกของการทดลอง กรรมวิธีที่จุ่มสารทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดจากการปรับตัวทางสรีวิทยาของพืชจากสภาวะเครียดที่เกิดจากการตัดแต่ง (Demmig-Adams et al., 1996) และจากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นแล้วลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงตัดแต่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน รายงานว่ามีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ (Gil et al., 2006) ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมากตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นตามการเสื่อมสภาพของพืช (Ngamwonglumlert at al., 2020) และเมื่อมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุกจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มสูงขึ้น (Yungyuen et al., 2021)

ส่วนปริมาณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาแล้วหลังจากนั้นลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยภายหลังวันที่ 2 ของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระต่ำกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 5.20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีความสามารถมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 2% CaAs มีค่ารองลงมาโดยมีค่าเท่ากับ 6.70 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.24B)



รูปที่ 4.24 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (A) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่ลดลง บ่งชี้ว่าความสามารถในการกำจัด ROS ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Chen et al. (2018) รายงานว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของลูกแพร์ตัดแต่งประเมินโดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีแนวโน้มลดลงในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับผลลูกแพร์ตัดแต่งที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่มีออกซิเจนต่ำ พบว่าความสามรถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของเนื้อเยื่อลูกแพร์มีแนวโน้มลดลงตามระยะการเก็บรักษา (Li et al., 2011) เมื่อความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมากเกินความสามารถของระบบต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ จะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บที่เกิดจากชนิดของออกซิเจนที่เกิดปฏิกิริยาและการพัฒนาของความผิดปกติ เช่น การเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมสภาพของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในบรรดาสารต้านอนุมูลอิสระนั้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดเป็นดัชนีหลักที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากพืช (Benjakul et al., 2005) และจากการศึกษาเห็นได้ว่าการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบททุกความเข้มข้น สามารถช่วยรักษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของผลม่วงขายตึกตัดแต่งได้เป็นอย่างดี โดยมีค่าลดลงต่ำกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าผลแคคตัส (Cactus Pear) ที่เคลือบด้วยสารแคลเซียมแอสคอร์เบท พบว่ามีผลเชิงบวกต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเกือบคงที่ตลอดการเก็บรักษา ขณะที่ชุดควบคุมมีค่าลดลงอย่างมาก โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาลดลงมากถึง 55 เปอร์เซ็นต์จากวันแรกของการเก็บรักษา (Liguori et al., 2023) และจากการงานวิจัยของ Alipoorfard et al. (2020) สารโซเดียมคลอไรด์สามารถช่วยรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของลูกแพร์ฝานได้

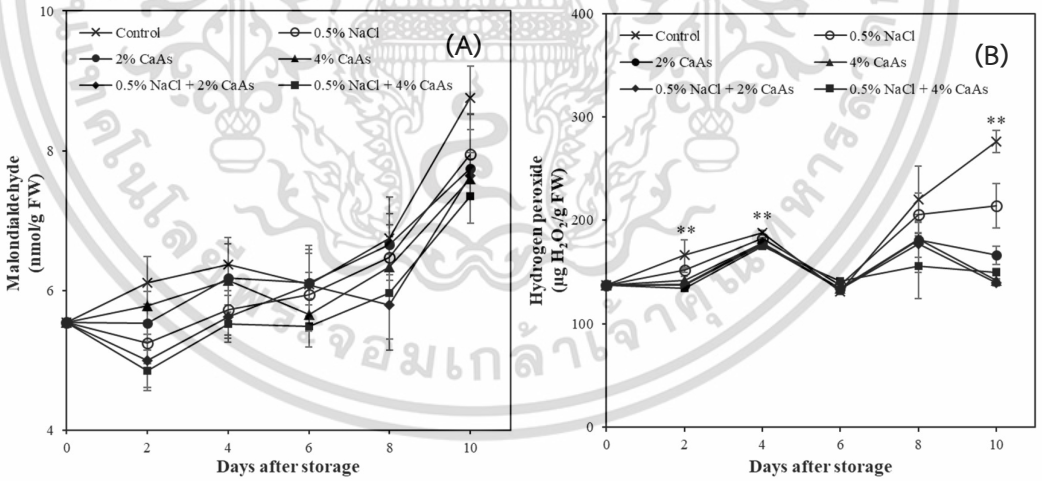
จากการศึกษาพบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่มีการลดลงอย่างมากในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยการสะสมอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของผลิตผล นำไปสู่การแสดงอาการสีน้ำตาลของผลมะม่วงขายตึก และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระส่งผลให้ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้พบว่าชุดควบคุมมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา สอดคล้องกับปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันทางสถิติในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.25)

4.3.6 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของผลม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท พบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นอย่างมากตลอดระยะการเก็บรักษา ขณะที่ผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีการสะสมของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่ำตลอดระยะการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ามีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เท่ากับ 7.35 nmol/gFW ซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุด ขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ มีค่าเท่ากับ 8.76 nmol/gFW (รูปที่ 4.25A) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะการเก็บรักษา โดยมาลอนไดอัลดีไฮด์เป็นสารประกอบที่เกิดจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิด lipid peroxidation ของเยื่อหุ้มเซลล์เนื่องจากการสะสมของ ROS การเปลี่ยนแปลงของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ สามารถใช้เป็นเครื่องหมายซึ่งบ่งชี้ระดับของ lipid peroxidation ของเยื่อในพืช เมื่อพืชได้รับความเสียหายจากการเสื่อมภาพหรือความเครียด การเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระทำให้เกิดการผลิตมาลอนไดอัลดีไฮด์มากเกินไป ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์บ่งบอกถึงความเครียดออกซิเดชั่น และถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ของการเกิดความเครียดในผักและผลไม้ (Xing et al., 2010; Valenzuela et al., 2017; Boonyaritthongchai et al., 2018; Li et al., 2021) และจากการศึกษานี้พบว่ามะม่วงขายตึกแต่งปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Supapvanich & Techavuthiporn (2022) พบว่ามะม่วงดิบตัดแต่งมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเพิ่มขึ้นดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุของสภาวะที่ขาดน้ำและชักนำภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ต่อเยื่อหุ้มเซลล์ และจากการศึกษาในพริกหยวกตัดแต่งพบว่าปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Chen et al., 2016) โดยจากการศึกษานี้พบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งชุดควบคุมมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์สูงกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ สารแคลเซียมแอสคอร์เบท และสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท จากผลการทดลองดังกล่าวบ่งชี้ให้เห็นว่าการจุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ และสารแคลเซียมแอสคอร์เบท สามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์จากลิพิดเปอร์ออกซิ-เดชั่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang et al. (2020) พบว่าขิงสดตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสะสมของปริมาณปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ และการศึกษาในผักกาดหอมตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารแคลเซียมแอสคอร์เบทสามารถลดการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ได้เป็นอย่างดี (Li et al., 2021)



รูปที่ 4.25 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (A) และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

ส่วนปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นจนถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากที่สุดในวันที่ 2 4 และ 10 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีค่าน้อยที่สุดในวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 2% CaAs มีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยที่สุด เท่ากับ 139.42 µg H_2O_2/g FW ส่วนชุดควบคุมมีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 276.15 µg H2O2/g FW (รูปที่ 4.25B) และพบว่ากรรมวิธีจุ่มด้วยสารแคลเซียมแอสคอร์เบท และสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบททุกความเข้มข้นมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์น้อยกว่าชุดควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยความรุนแรงของบาดแผลจากการตัดแต่งส่งผลให้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงขึ้น (Li et al., 2017) ซึ่งการบาดเจ็บที่เกิดจากการตัดแต่งทำให้เกิดความไม่สมดุลในเมแทบอลิซึมของปฏิกิริยาออกซิเจน และทำให้เกิดการสะสมของออกซิเจนที่เกิดปฏิกิริยา เช่น O_2^- และ H_2O_2 ในเนื้อเยื่อ สิ่งนี้เร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชั่นของไขมันเมมเบรน ส่งผลให้เซลล์พืชเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Pan et al., 2020) จากการศึกษานี้พบว่าภายหลังวันที่ 6 ของการเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในแก้วมังกรตัดแต่ง มันเทศตัดแต่ง และฝรั่งตัดแต่ง พบว่าภายหลังการตัดแต่งมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Li et al., 2017; Pan et al., 2020; Chumyam et al., 2019)

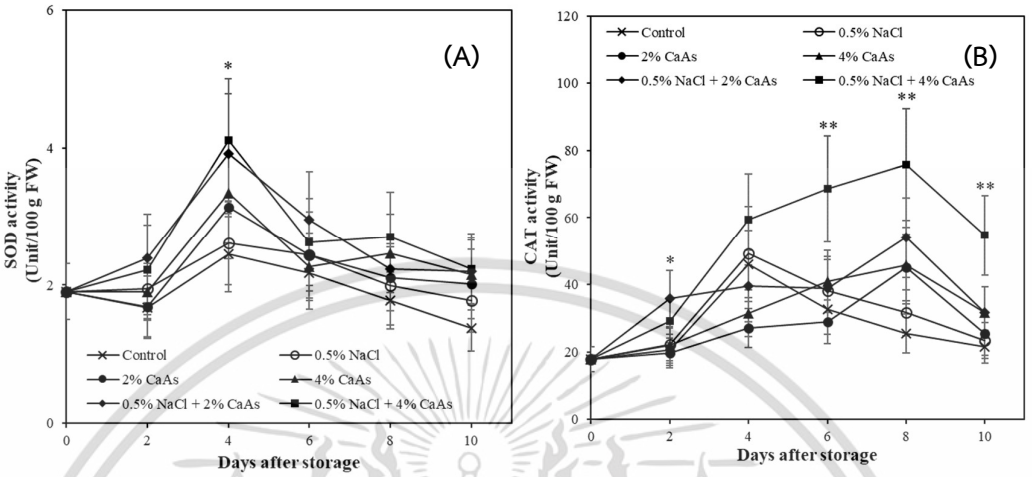
4.3.7 กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท พบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ SOD เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบททั้ง 2 ความเข้มข้น ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD สูงกว่าทุกกรรมวิธี และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD ต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 4.26A)

ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) จากการศึกษาพบว่าชุดควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ 0.5% มีแนวโน้มในทางเดียวกัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษาแล้วลดลง และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ความเข้มข้น 2 และ 4% พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา แล้วลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 2% CaAs พบว่ามีเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) หลังจากเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและมีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษาแล้วลดลง ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาแล้วลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษามีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก และมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าทุกกรรมวิธีจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในวันที่ 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.26B)



รูปที่ 4.26 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (B) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

โดยเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งรวมถึง SOD CAT และ APX มีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อเซลล์ และการเสื่อมสภาพของกรดนิวคลีอิกที่เกิดจากออกซิเจนที่มีปฏิกิริยามากเกินไป (ROS) SOD เร่งปฏิกิริยาซูเปอร์ออกไซด์เป็น H_2O_2 จากนั้น APX และ CAT เร่งปฏิกิริยา H_2O_2 เปลี่ยนเป็น O_2 และ H_2O ต่อไป ดังนั้นอนุมูลที่เป็นอันตรายจึงถูกทำให้เป็นกลางเป็นสารที่ไม่เป็นอันตราย (Li et al., 2018) จากการศึกษาเห็นได้ว่าการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท (NaCl+CaAs) มีผลต่อกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ให้สูงขึ้น โดยพบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ตัว สูงกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้มีการใช้แคลเซียมคลอไรด์ หรือเกลือแคลเซียม ในบวบเหลี่ยมตัดแต่ง โดยพบว่าผลบวบเหลี่ยมตัดแต่งที่พ่นด้วย $CaCl_2$ มีการเพิ่มขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์ CAT และ SOD อย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (Feng, et al., 2022) ความเสียหายของระบบการผลิตและการกำจัด ROS ได้รับการบ่งชี้ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลของผลิตผลสด (Gao et al., 2017; Zheng et al., 2019) CAT และ SOD เป็นเอนไซม์ที่กำจัดเปอร์ออกไซด์ซึ่งอาจมีบทบาทในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Yao et al., 2021) SOD สามารถเปลี่ยน O_2^- ส่วนเกินเป็น H_2O_2 และ CAT เปลี่ยน H_2O_2 เป็น H_2O และ O_2 (Mittler, 2002) มีการศึกษารายงานว่าลูกแพร์ ส้มสีเลือด และกล้วยมีเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่ออกฤทธิ์สูง และเอนไซม์ดังกล่าวเป็นหนึ่งในกลไกที่อยู่ภายใต้การยับยั้งความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (Sun et al. 2019; Habibi et al., 2020; Hao et al., 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ SOD ของทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อยแล้วเพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยเอนไซม์ SOD ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาซูเปอร์ออกไซด์เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จึงส่งผลให้ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษามีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ขณะเดียวกันในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลง เป็นผลมาจากกิจกรรมของเอนไซม์ CAT ที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการเร่งปฏิกิริยา H_2O_2 เปลี่ยนเป็น O_2 และ H_2O ต่อไป และมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT ที่สูงกว่าทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษา จึงทำให้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีค่าต่ำกว่าทุกกรรมวิธี (รูปที่ 4.25, รูปที่ 4.26)

4.3.8 กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล

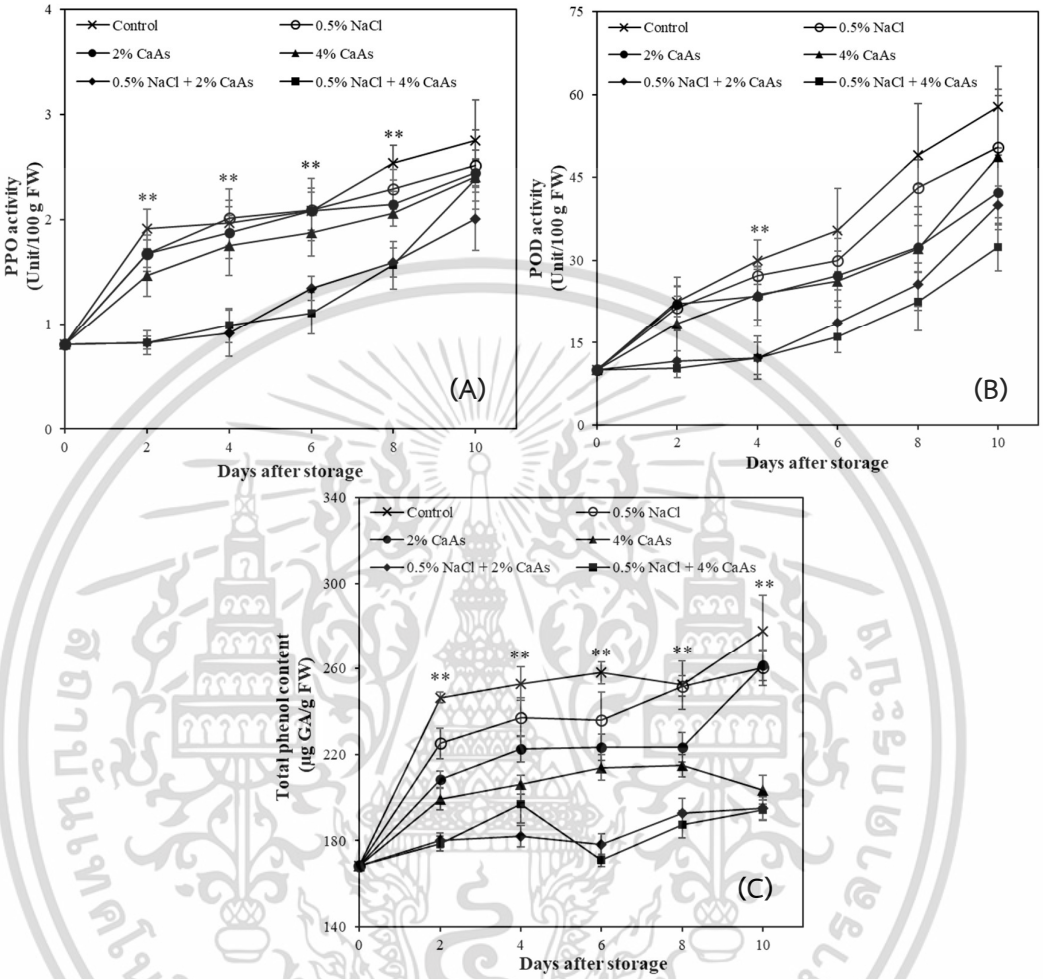
กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ สารแคลเซียมแอสคอร์เบท และการใช้สารร่วมกัน พบว่าทุกกรรมวีธีมีแนวโน้มของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยพบว่ากรรมวิธีการใช้สารร่วมกันทั้ง 0.5% NaCl + 2% CaAs และ 0.5% NaCl + 4% CaAs มีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทุกกรรมวิธี ในวันที่ 2 4 6 และ 8 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.27A) ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ หรือสารแคลเซียมแอสคอร์เบทเพียงอย่างเดียว พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าชุดควบคุม และกรรมวิธีจุ่มสารแคลเซียมแอสคอร์เบท ความเข้มข้น 4% เป็นกรรมวิธีการจุ่มสารเพียงอย่างเดียวที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยรองมาจากกรรมวิธีการใช้สารร่วมกัน

กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษาเช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอ-ไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบททั้ง 2 ความเข้มข้น มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทุกกรรมวิธี ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.27B) ขณะที่ชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์ หรือสารแคลเซียมแอสคอร์เบทเพียงอย่างเดียวพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ POD น้อยกว่าชุดควบคุม และผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยแคลเซียมแอสคอร์เบททั้ง 2 ความเข้มข้น มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ใกล้เคียงกันตลอดระยะการเก็บรักษา และมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD น้อยกว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์

ส่วนปริมาณของสารประกอบฟีนอล จากการศึกษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอล เพิ่มขึ้นอย่างมากตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา และมีปริมาณมากกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ขณะที่ผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบททั้ง 2 ความเข้มข้น มีปริมาณสารประกอบฟีนอลค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง และมีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งปริมาณสารประกอบฟีนอล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ขณะเดียวกันกรรมวิธีที่จุ่มสารโซเดียมคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือสารแคลเซียมแอสคอร์เบทเพียงอย่างเดียว มีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ร่วมกัน โดยมีปริมาณฟีนอลสูงกว่ากรรมวิธีการใช้สารร่วมกันแต่ต่ำกว่าชุดควบคุม (รูปที่ 4.27C)



รูปที่ 4.27 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (A) กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (B) และปริมาณสารประกอบฟีนอล (C) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 0.5% ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 2 และ 4% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

โดยจากการศึกษาพบว่าผลมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมสารแคลเซียมแอสคอร์เบททั้ง 2 ความเข้มข้น สามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี โดยช่วยยับยั้งกิจรรมของเอนไซม์ PPO POD และสารประกอบฟีนอล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลในผลิตผลสดเกิดจากโพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO), เปอร์ออกซิเดส (POD) และฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (PAL) ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสี (สีน้ำตาล) และการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลไม้ (Vamos-Vigyazo,1981; Chimvaree et al., 2019) สอดคล้องกับจากงานวิจัยก่อนนี้พบว่าสารแคลเซียมแอสคอร์เบทช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของแอปเปิลตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Gorny, 2004) และในการวิจัยของ Mola et al. (2016) พบว่าแอปเปิลตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่งที่จุ่มด้วยโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแอสคอร์เบท สามารถช่วยยับยั้งการทำงานกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และสารประกอบฟีนอลได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้มีการวิจัยในมะม่วงตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบท ความเข้มข้น 2% ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน ยังคงคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค และรักษาระดับการเปลี่ยนแปลงสี รวมไปถึงช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ส่งผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่ง (Boonyaritthongchai & Keawmanee, 2020) สำหรับกลไกในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของสารโซเดียมคลอไรด์ และสารอนุพันธ์นั้นสันนิษฐานว่าสารโซเดียมคลอไรด์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD โดยสันนิษฐานว่าสารโซเดียมคลอไรด์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO โดยไปออกซิไดซ์โคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ PPO คือ ทองแดง (Cu^{2+}) ทำให้เอนไซม์เปลี่ยนจากสภาพ active form ไปเป็น inactive form ส่งผลให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาต่อไปได้จึงไม่เกิดสารประกอบสีน้ำตาลขึ้น นอกจากนี้โซเดียมคลอไรด์ยังสามารถไปออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO และ POD ให้เปลี่ยนเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดอื่นหรือสารประกอบอื่นๆ เช่น caffeic acid หรือ quinic acid จึงส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลลดลงเช่นกัน (Whitaker, 1972; McEvily et al., 1992; Lu et al., 2007; He et al., 2008; Inrajsadon, 2012) ส่วนสารแคลเซียมแอสคอร์เบทที่เกิดจากการปรับปรุงการทำงานของกรดแอสคอร์บิกโดยการเติมแคลเซียมคลอไรด์ พบว่ากรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ PPO โดยทำหน้าที่เป็น chelating agent ซึ่งรวมตัวกับไอออนโลหะของเอนไซม์ PPO คือ ทองแดงที่บริเวณเร่ง และเกิดการรีดิวซ์ cupric ion (Cu^{2+}) ของเอนไซม์ให้เปลี่ยนเป็น cuprous ion (Cu^{+}) ซึ่งเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยตรง (Marshall et al., 2000)

การเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยมีสารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา และมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD เป็นตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยา จากการศึกษาพบว่าการจุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบทมีปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ต่ำกว่าทุกกรรมวิธี สอดคล้องกับดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ต่ำที่สุด โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าเกณฑ์การยอมรับได้ คือ 4 คะแนน ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงสี โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของกรรมวิธีที่จุ่มด้วย NaCl + CaAs มีค่อยข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา (รูปที่ 4.20) และมีการลดลงน้อยกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้การบาดเจ็บจากการตัดแต่งมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของผลิตผล โดยพบว่ากรรมวิธีจุ่มด้วย NaCl + CaAs มีปริมาณ MDA และปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2) ต่ำกว่าทุกกรรมวิธี (รูปที่ 4.25) ขณะที่ชุดควบคุมมีค่ามากที่สุด เช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ที่มากกว่าทุกกรรมวิธี จึงทำให้ชุดควบคุมมีการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (รูปที่ 4.27)

จากการศึกษานี้สรุปได้ว่าการจุ่มด้วย NaCl + CaAs สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอลได้ นอกจากนี้การจุ่มด้วย NaCl + CaAs สามารถช่วยรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี ส่วนปริมาณ MDA และปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2) ทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นตามการเก็บรักษาโดยชุดควบคุมเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ คือ กิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเอนไซม์ SOD และ CAT พบว่าการจุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีค่ามากที่สุด โดยความเสียหายของเซลล์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล ซึ่งเอนไซม์ CAT และ SOD เป็นเอนไซม์ที่กำจัดเปอร์ออกไซด์โดยอาจมีบทบาทในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตผลสดตัดแต่ง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษานานมากกว่า 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพ และการเกิดอาการสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

มะม่วงขายตึกตัดแต่งรูปแบบการตัดแต่งตามยาว มีการเปลี่ยนแปลงสี ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ที่มีค่าต่ำที่สุด นอกจากนี้รูปแบบการตัดแต่งตามยาวยังสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี ขณะที่รูปแบบการตามขวางมีปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2) และปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยการตัดแต่งทุกรูปแบบส่งผลต่อการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ให้สูงขึ้น แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยรูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 6 วัน ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งแบบอื่นมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 4 วัน

5.1.2 ประสิทธิภาพของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา

การจุ่มด้วย 0.5% NaCl มีการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งได้ดีที่สุด โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอลมีต่ำกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ยังช่วยรักษาการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ รวมทั้งมีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT มากที่สุด ส่งผลให้มี Hydrogen peroxide (H_2O_2) ต่ำกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามปริมาณ MDA ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกกรรมวิธี

5.1.3 ประสิทธิภาพของสารแคลเซียมแอสคอร์เบทร่วมกับสารโซเดียมคลอไรด์ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่ง

การจุ่มด้วย NaCl + CaAs สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี โดยสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และปริมาณสารประกอบฟีนอล รวมทั้งช่วยรักษาการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ส่วนปริมาณ MDA และปริมาณ Hydrogen peroxide (H_2O_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ SOD และ CAT ของมะม่วงขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีค่ามากที่สุด แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการจุ่มด้วย 0.5% NaCl + 4% CaAs มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพ และชะลอการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงขายตึกตัดแต่งได้ดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอทางวิชาการ สำหรับขั้นตอนการปอกเปลือกหรือตัด ควรใช้มีดหรือวัสดุปอกที่มีความคม เพื่อลดการเกิดบาดแผลของผลมะม่วง เนื่องจากบาดแผลที่เกิดจากปอกหรือตัด มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลมะม่วงตัดแต่ง ส่วนแนวทางในการรักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง นอกจากการใช้สารจุ่ม (dipping solution) แล้ว การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษา และการเก็บรักษาในระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม (ช่วง 2-5 องศาเซลเซียส) จะส่งผลต่อการชะลอการสูญเสียน้ำ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะการนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับการจัดการผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง หรือมะม่วงดิบตัดแต่งสายพันธุ์อื่นในทางการค้า การเลือกรูปแบบการตัดแต่งตามยาวร่วมกับการจุ่มด้วย 0.5% NaCl มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระยะการเก็บรักษาที่เป็นยอมรับของผู้บริโภค โดยจากการศึกษาพบว่าสามารถเก็บรักษาได้นานมากกว่า 8 วัน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Abou Aziz, A.B., Abdel-Wahab, F.K., & El- Ghandour, M.A. (1976). Effect of different storage temperatures on phenolic compounds in banana and mango fruit. **Scientia Horticulturae**. 4, 309-315.

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. In: Colowick, S. P., Packer, L., & Kaplan, N. O. **Methods in Enzymology** (pp. 121-126). Florida: Academic Press.

Aguayoa, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R., & Woolf, A. (2010). Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. **Postharvest Biology and Technology**. 57, 52-60.

Alipoorfard, F., Jouki, M., & Tavakolipour, H. (2020). Application of sodium chloride and quince seed gum pretreatments to prevent enzymatic browning, loss of texture and antioxidant activity of freeze dried pear slices. **Journal of Food Science and Technology**. 57(9), 3165-3175.

Alós, E., Rodrigo, M.J., & Zacarias, L. (2019). Ripening and Senescence. In: Yahia, E.M. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables** (pp. 131-155). Mexico: Woodhead Publishing.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 17th ed. USA: Maryland.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. 24(1), 1-15.

Bakshi, A., Shemansky, J.M., Chang, C., & Binder B.M. (2015). History of research on the plant hormone ethylene. **Journal of Plant Growth Regulation**. 34, 809–827.

Barry-Ryan, C. & O'Beirne, D. (1998). Quality and shelf-life of fresh-cut carrot slices as affected by slicing method. **Journal of Food Science**. 63, 851-856.

Beaulieu, J.C. & Gorny, J.R. (2016). Fresh cut fruits. In Gross, K.C., Wang, C.Y. & Saltveit, M. **the commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks** (pp. 604-623). Davis: United States Department of Agriculture.

Beaulieu, J.C. & Lea, J.M. (2003). Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. **Postharvest Biology and Technology**. 30, 15-28.

Benjakul, S., Visessanguan, W., Phongkanpai, V. & Tanaka M. (2005). Antioxidative activity of caramelisation products and their preventive effect on lipid oxidation in fish mince. **Food Chemistry**. 90, 231–239.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block, G. & Langseth, L. (1994). Antioxidant vitamins and disease prevention. **Food Technology.** 48(7), 80-84.

Boonyaritthongchai, P., & Keawmanee, N. (2020). Effectiveness of hot water treatment incorporated with calcium ascorbate on maintenance of physiological and sensory qualities of fresh-cut ripe mango cv. Nam Dok Mai. In **IOP Conference Series Earth and Environmental Science.** (pp. 1-6). Indronesia: IOP Publishing.

Boonyaritthongchai, P., et al. (2018). Application of natural extracts from pineapple juice on inhibiting browning symptom of fresh-cut 'Nam dok mai' mango. **Acta Horticulturae**. 1210, 235-240.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**. 28(1), 25-30.

Bunnag, S. (1999). **sarīrawitthaya būangton khoṇg phut̄** [Basic physiology of plants]. Khon Kaen : Khon Kaen University.

Bureau of Nutrition. (1978). **tārang sadæng khunkha ʻāhān Thai nai suān thī kin dai nụngroi̯ kram** [The table shows the value of Thai food in the edible portion of 100 grams]. Bangkok: The Government Pharmaceutical Organization.

Chardonnet, C.O., Charron, C.S., Sams, C.E. & Conway, W.S. (2003). Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. **Postharvest Biology and Technology**. 17, 97-111.

Cheah, L.K., et al. (2016). Phytochemical Properties and Health Benefits of *Hylocereusundatus.* **Nanomed Nanotechnol**. 1(1), 000103.

Chen, C., et al. (2019). The effects of cold plasma-activated water treatment on the microbial growth and antioxidant properties of fresh-cut pears. **Food and Bioprocess Technology**. 12(11), 1842-1851.

Chen, J., Hu, Y., Wang, J., Hu, H., & Cui, H. (2016). Combined effect of ozone treatment and modified atmosphere packaging on antioxidant defense system of fresh-cut green peppers. **Journal of Food Processing and Preservation**. 40(5), 1145–1150.

Cheng, D., et al. (2022). Cactus polysaccharides enhance preservative effects of ultrasound treatment on fresh-cut potatoes. **Ultrasonics Sonochemistry**. 90, 106205.

Chimvaree, C., et al. (2019). Effect of sericin coating on reducing browning of fresh-cut mango cv. 'Nam Dok Mai No. 4'. **Agriculture and Natural Resources**. 53, 521–526.

Chumyama, A., Faiyueb, B., & Saengnil, K. (2019). Reduction of enzymatic browning of fresh-cut guava fruit by exogenous hydrogen peroxide-activated peroxiredoxin/thioredoxin system. **Scientia Horticulturae**. 255, 260–268.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Daengprok, W. (2013). Nutritional values. In Rudcharate, T., Kumpoun, W. & Jaroenkit, T. **mamūang kānphalit læ theknoloyī lang kānkep kīeo** [Mango Production and Postharvest Technology] (47-57). Chiang Mai: Wanida Printing.

De Souza, B.S., O'Hare, T.J., Durigan, J.F., & De Souza, P.S. (2006). Impact of atmosphere, organic acids, and calcium on quality of fresh-cut 'Kensington' mango. **Postharvest Biology and Technology**. 42, 161-167.

Demmig-Adams, B., Gilmore, A., & Adams, W. (1996). Carotenoids 3: in vivo function of carotenoids in higher plants. **The FASEB Journal**. 10(4), 403-412.

Du, J.H., Fu, Y.C., & Wang, N.Y. (2009). Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on browning of fresh-cut lotus root. **Journal of Food Science and Technology**. 42, 654-659.

Ergun, M. (2006). Fresh-cut physiology and factors contributing to the quality of fresh-cut produce. **Journal of Science and Engineering**. 9(2), 164-169.

Fan, X., Niemera, B.A., Mettheis, J.P., Zhuang, H., & Olson, D.W. (2005). Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. **Journal of Food Science**. 70, 143–148.

FDA. (2010). **Name of GRAS substance**. Retrieved from: http://www.fda.gov.

Feng, Y., et al. (2022). Effect of $CaCl_2$ treatment on enzymatic browning of fresh-cut luffa (*Luffa cylindrica*). **Horticulturae**. 8, 473.

Gao, H., Chai, H., Cheng, N., & Cao, W. (2017). Effects of 24-epibrassinolide on enzymatic browning and antioxidant activity of fresh-cut lotus root slices. **Food Chemistry**, 217, 45–51.

Gil, M.I., Aguayo, E., & Kader, A.A. (2006). Quality changes and nutrient retention in fresh-cut verses whole fruit during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 54, 4284–4296.

GLPBIO. (2023). **Sodium chloride.** Retrieved from: https://www.glpbio.com/sodium-chloride.html.

Gonzalez, R.J., Luo, Y., Ruiz-Cruz, S., & McEvoy, J.L. (2004). The efficacy of sanitizers on the reduction of Escherichia coli O157:H7 from shredded carrots under simulated fresh-cut processing conditions. **Journal of Food Protection**. 67, 2375-2380.

Gorny, J.R. (2004). New opportunities for fresh-cut apples. **Fresh Cut**. 11, 14-15.

Gorny, J.R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, R.A., & Kader, A.A. (2002). Quality Changes in Fresh-cut Pear Slices as Affected by Controlled Atmospheres and Chemical Preservatives. **Postharvest Biology and Technology**. 24, 271–278.

Grundhofer, P., Niemetz, R., Schilling, G. & Gross, G.G. (2001). Biosynthesis and sub-cellular distribution of hydrolysable tannins. **Phytochemistry** 57, 915-927.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guan, W.Q. & Fan, X.T. (2009). Combination of sodium chlorite and calcium propionate reduces enzymatic browning and microbial population of fresh cut Granny Smith apples. **Journal of Food Science**. 75, 72-77.

Habibi, F., et al., (2020) Susceptibility of blood orange cultivars to chilling injury based on antioxidant system, physiological and biochemical responses at different storage temperatures. **Foods**. 9, 1609

Hao, J., Li, X., Xu, G., Huo, Y., & Yang, H. (2019) Exogenous progesterone treatment alleviates chilling injury in postharvest banana fruit associated with induction of alternative oxidase and antioxidant defense. **Food Chemistry**. 286, 329–337.

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

He, Q., Luo, Y., & Chen, P. (2008). Elucidation of the mechanism of enzymatic browning inhibition by sodium chlorite. **Food Chemistry**. 110, 847-851.

Hengphum, D., Uthairatanakij, A., Boonyaritthongchai, P., Pongprasert, N. & Jitareerat, P. (2015). Effect of sodium chlorite on browning and microbial growth of fresh-cut "green oak" lettuce. **Journal of Food and Nutrition Sciences**. 3(1-2), 171-176.

Hengphum, D., Uthiaratanakij, A., & Jitareerat, P. (2015). Reduction of browning and microbial contamination in fresh-cut apple by calcium ascorbate combined with sodium chlorite solution. **Agricultural Science Journal**. 46: 3/1 (Suppl.), 60-63.

Hodges, D.M. & Toivonen, P.M.A. (2008). Quality of Fresh-cut Fruits and Vegetables as Affected by Exposure to Abiotic Stress. **Postharvest Biology and Technology**. 48, 155-162.

Inrajsadon, K. (2012). **Effects of sodium chlorite and ascorbic acid on pericarp browning of 'Daw' longan fruit during low temperature storage.** Master's thesis. Chiang Mai University.

Intarasit, S., Chanapimuk, K., Chumyam, A., Uthaibutra, J. & Saengnil, K. (2015)**.** Reducing browning of fresh-cut 'Kimju' guava fruit by sodium chlorite**. Agricultural Science Journal.** 46: 3/1(Suppl.), 56-59.

International Fresh-cut Produce Association. (2001). **Fresh-cut produce: get the facts!**. www.fresh-cuts.org.

James, J.B. & Ngarmsak, T. (2010). **Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide**. 2010/16. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific.

Jang, J.H. & Moon, K.D. (2011). Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food Chemistry**. 124, 444-449.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kabbua, S. & Pankasemsuk, T. (2008). Effects of Ascorbic Acid on Browning and Activity of Polyphenol Oxidase on Postharvest Quality of Longan cv. Daw. **Journal of Agriculture**. 24(1), 43–50.

Kader, A.A. (2002). Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. In: Lamikanra, O. **Fresh- cut fruits and vegetables: science, technology, and market**. (pp. 11-20). CRC Press. Boca Raton: Florida.

Keawmanee, N. (2016). **Application of pineapple juice combined with *Aloe vera* gel for browning reduction of fresh-cut mango fruit cv. Nam Dok Mai**. Master's thesis. King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Keawmanee, N., Buanong, M., & Boonyaritthongchai, P. (2019). Efficacy of calcium ascorbate on browning reduction of fresh-cut mango cv. 'Nam Dok Mai'. **Agricultural Science Journal**. 50: 3(Suppl.), 63-66.

Khunpon, B., Uthaibutra, J., Faiyue, B., & Saengnil, K. (2011). Reduction of enzymatic browning of harvested 'Daw' longan exocarp by sodium chlorite. **Science Asia**. 37, 234-239.

Kusuma na Ayudhya, T. (2012). thammai mamuang pæt riu chung michusiang læ khai dai [Why Mango Paet Riew is famous and sold?]. **Technologychaoban**. 24(526), 72-77.

Laurila, E. & Ahvennainen, R. (2002). Minimal processing in practice. In: Ohlsson, T. & Bengtsson, N. **Minimal processing technologies in the food industry** (pp. 219-239). UK: Woodhead Publishing.

Li, et al. (2018). Responses of fresh-cut strawberries to ethanol vapor pretreatment: improved quality maintenance and associated antioxidant metabolism in gene expression and enzyme activity levels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 66, 8382–8390.

Li, et al. (2021). Influence of polysaccharide-based edible coatings on enzymatic browning and oxidative senescence of fresh-cut lettuce. **Food Science & Nutrition**. 9, 888-899.

Li, W.L., Li, X.H., Fan, X., Tang, Y., & Yun, J. (2012). Response of antioxidant activity and sensory quality in fresh-cut pear as affected by high O_2 active packaging in comparison with low O_2 packaging. **Food Science and Technology International**. 18(3), 197–205.

Li, X. et al. (2017). Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**. 124, 1-7.

Li, Y., Wills, R.B.H., & Golding, J.B. (2015). Sodium chloride, a cost effective partial replacement of calcium ascorbate and ascorbic acid to inhibit surface browning on fresh-cut apple slices. **LWT - Food Science and Technology**. 64, 503-507.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liguori, G. (2023). Mucilage-based and calcium ascorbate edible coatings improve postharvest quality and storability of minimally processed cactus pear fruit stored under passive atmosphere. **Horticulturae**. 9(15), 1-16.

Lu, S., Luo, Y., & Feng, H. (2006). Inhibition of apple polyphenol oxidase activity by sodium chlorite. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. 54, 3693-3696.

Lu, S., Luo, Y., Turner, E., & Feng, H. (2007). Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices. **Food Chemistry**. 104, 824-829.

Luo, Y. (2007). Challenges facing the industry and scientific community in maintaining quality and safety of fresh-cut produce. **Acta Hortculturae**. 746, 131-138.

Luo, Y., Lu, S., Zhou, B., & Feng, H. (2011). Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial Inactivation on fresh-cut apple. **LWT – Food Science and Technology**. 44, 1621-1625.

Ma, Y., et al. (2021). Pre-cut NaCl solution treatment effectively inhibited the browning of fresh-cut potato by influencing polyphenol oxidase activity and several free amino acids contents. **Postharvest Biology and Technology**. 178, 111543.

Marshall, M.R., Kim, J., & Wei, C.I. (2000). **Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods**. 5th ed. Gainesville: University of Florida.

Marspedia. (2022). **Ethylene.** https://marspedia.org/Ethylene.

Mayer, A.M. (2006). Polyphenol oxidases in plants and fungi: going places? A review. **Phytochemistry**. 67, 2318–2331.

McEvily, A.J., Iyengar, R., & Otwell, W.S. (1992). Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. **Critical Review of Food Science and Nutrition**. 32, 253-273.

Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**. 7, 405–410.

Mola, S., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Aiamla-or, P., & Jitareerat, P. (2016). Impacts of sodium chlorite combined with calcium chloride, and calcium ascorbate on microbial population, browning, and quality of fresh-cut rose apple**. Agriculture and Natural Resources**. 50, 331-337.

Moon, K.M., Kwon, E.B., Lee, B., & Kim, C.Y. (2020). Recent trendes in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. **Molecules**. 25(12), 2754.

Mukherjee, S.K. (1997). Introduction: Botany and Importance. In: Litz, R. **The mango: botany, production and uses** (pp. 1-19). Wallingford: CAB International.

Mullerat, J., Klapes, N.A., & Sheldon, B.W. (1994). Efficacy of Salmide, a sodium chlorite based oxy-halogen disinfectant, to inactivate bacterial pathogens and extend shelf-life of broiler carcasses. **Journal of Food Protection**. 57, 596-603.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National New Bureau of Thailand. (2022). **Thailand Now Stands as 7th World's Top Fresh Mangoes. Retrieved** from: https://thainews.prd.go.th/en/news/detail/TCATG220425103510166.

Ngamchuachit, P. (2017). Fresh-cut mango: physiology and critical factors affecting quality. **Journal of Food Technology, Siam University**. 12(1), 17-34.

Ngamchuachit, P., Mitcham, E.J., & Barrett, D.M. (2016). Spatial variance of physicochemical properties within mangos and the effect of initial ripeness stage on the quality of fresh-cut mangos. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 96, 3613-3602.

Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., Chiewchan, N., & Raghavan, V. (2020). Plant carotenoids evolution during cultivation, postharvest storage, and food processing: A review, Compr. Rev. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. 19(4), 1561-1604.

Nguyen, D.T.N., Tongkhao, K., & Tongchitpakdee, S. (2019). Application of citric acid, sodium chloride and peroxyacetic acid as alternative chemical treatment for organic trimmed aromatic coconut. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**. 18(4), 444-460.

Niyomwit, N. (1986). phalittaphan čhāk mamūang toṇ thī nung [Mango products part 1]. **Food**. 16(1), 8-13.

Palangkaset. (2021). **kasēt čhangwat yumyan khai tuk mamūang sai phan dangdœ̄m mūang pǣt riu mī ʻanākhot** [Provincial Agriculture Office confirms "sale of buildings" mangoes, traditional varieties in Paed Riu city, have a future]. Retrieved from: https://www.palangkaset.com.

Pan, Y., et al. (2020). Ultrasound treatment inhibits browning and improves antioxidant capacity of fresh-cut sweet potato during cold storage. **The Royal Society of Chemistry**. 10, 9193–9202.

Pizzocaro, F., Torrregiani, D., & Gilardi, G. (1993).Inhibition of Apple Polyphenoloxidase (PPO) by Ascorbic Acid, Citric Acid and Sodium Chloride. **Journal of Food Processing Preservation**. 17, 21-30.

Plant Varieties Protection Office. (2001). **phut̄ suān phan dī læ theknōlōyī thī moṣom** [Good horticulture and suitable technology]. Bangkok: Department of Agriculture.

Pornchaloempong, P. & Rattanapanone, N. (2023). **Enzymatic browning reaction.** Retrieved from: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0679/enzymatic-browning-reaction.

Posomboon, M. & Rudcharate, T. (2013). Commercial Thai mango cultivars. In Rudcharate, T., Kumpoun, W. & Jaroenkit, T. **mamūang kān̄phalit læ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

theknōlōyī lang kānkep kīeo [Mango Production and Postharvest Technology] (47-57). Chiang Mai: Wanida Printing.

Qiao, L., et al., (2021). A novel mitigator of enzymatic browning hawthorn leaf extract and its application in the preservation of fresh-cut potatoes. **Food Quality and Safety**. 5, 1–9.

Rakwong, S. (2013). **Physiological and anatomical changes associated with chilling injury of longkong fruit after harvest**. Master's thesis. Prince of Songkla University.

Rattanapanone, N., Chongsawat, C., & Chaiteep, S. (2000). Fresh-cut Fruits in Thailand. **HortScience.** 35(4), 1-4.

Ruiz-Cruz, S., Luo, Y., Gonzalez, R.J., Tao, Y., & Gonzalez, G.A. (2006). Acidified SC as an alternative to chlorine to control microbial growth on shredded carrots while maintaining quality. **Journal of Science and Food Agricuture**. 86, 1887-1893.

Saensuk, M. (2011). **mamūang phut̄ withī Thai sāng rāidai roi̯ phanlān** [Mango, a Thai way of life generate hundreds of billions]. Nonthaburi: Prad Publisher.

Sagisaka, S. (1976). The occurrence of peroxide in a perennial plant, *Populus gelrical*[1]. **Plant Physiology**. 57(2), 308-309.

Scalbert, A., Johnson, I.T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. **American Journal of Clinical Nutrition.** 81, 2155-2175.

Shivhare, U.S., Gupta, M., Basu, S., & Raghavan, V.G.S. (2009). Optimization of blanching process for carrots. **Journal of Food Process Engineering**. 32(4), 587-605.

Siriphanich, J. (2006). **Postharvest biology and plant senescence.** Nakhon Pathom: Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus.

Slinkard, K. & Singleton, V. L. (1997). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. **American Journal of Enology and Viticulture**. 28, 49-55.

Somkaew, J. (2009). **Cutting style on quality of mango and pineapple during storage**. Master's thesis. Chiang Mai University.

Son, S.M., Moon, K.D., & Lee, C.Y. (2001). Inhibitory effect of various antibrowning agents on apple slices. **Food Chemistry**. 73, 23-30.

Stewart, R. R. C. & Bewley, J. D. (1980). Lipid peroxidation associated aging of soybean axes. **Plant Physiology**. 65(2), 245-248.

Suamuang, N. (2019). **Effects of preharvest salicylic and oxalic acid treatments on enhancing bioactive compounds and alleviating chilling injury of holy basil and lemon basil during cold storage**. Master's thesis. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sun, H., et al. (2019). Exogenous glycine betaine treatment alleviates low temperature-induced pericarp browning of 'Nanguo' pears by regulating antioxidant enzymes and proline metabolism. **Food Chemistry**. 2019, 306, 125626.

Supapvanich, S. & Techavuthiporn, C. (2022). Effects of ultrasound on browning and antioxidant activity of fresh-cut unripe mango. **Journal of Food Technology, Siam University**. 17(2), 141-153.

Supphachuchai, J. (2018). **Phytochemical change in fresh-cut mango during time on display shelf**. Master's thesis. King Mongkut's University of technology Thonburi.

Supphachuchai, J., Jitareerat, P., Uthairatanakij, A., Laohakunjit, N. & Renumarn, P. (2016). Effect of cutting on quality and some phytochemicals of fresh-cut mango. **Agricultural Science Journal**. 47(2)(Suppl.), 521-524.

Sussman, S. (1983). Chlorine dioxide: water disinfectant for the soft drink industry. **Beverages**. 137, 12-22.

Techawongstien, S. (2004). **sarirawitthaya khong phut suan** [Physiology of Horticulture]. Khon Kaen : Khon Kaen University.

Technologychaoban. (2018). **mamuang khai tuk** ['Khai Tuek' mango]. Retrieved from: https://www.technologychaoban.com/what-news/article_59328.

Teixeira G.H.D.A., Durigan, J.F., Mattiuz, B.H., Alves, R.E. & Hare, T.J. (2006). Cultivar affects browning susceptibility of freshly cut star fruit slices. **Scientia Agricola**. 63(1), 1-4.

Toivonen, P.M.A. & Brummell, D.A. (2007). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**. 48, 1-14.

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

USDA Agricultural Research Service. (2008). **Mango, raw**. (21). USDA National Nutrient Database for Standard Reference**.**

Valenzuela, L.J., et al. (2017). Oxidative stress associated with chilling injury in immature fruit: postharvest technological and biotechnological solutions. **International Journal of Molecular Sciences**. 18, 1467.

Vamos-Vigyazo, L. (1981). Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 15, 49–127.

Walker, J.R.L. (1977). Enzymatic browning in foods: its chemistry and control. **Food Technology**. 12, 19-25.

Wang, D., et al. (2019). Effect of UV-C treatment on the quality of fresh-cut lotus (Nelumbo nucifera Gaertn.) root. **Food Chemistry**. 278, 659–664.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wang, H., Feng, H., & Luo, Y. (2007). Control of browning and microbial growth on fresh-cut apple by sequential treatment of sanitizers and calcium ascorbate. **Journal of Food Science**. 72, 1-7.

Watada, A.E. & Qi, L. (1999). Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**. 15, 201-205.

Whangchai, K., Saengnil, K., & Uthaibutra, J. (2005). Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. **Crop Protection**. 25, 821-825.

Whitaker, J.R. (1972). **Principles of Enzymology for the Food Sciences.** New York: Marcel Dekker Inc.

Wikipedia. (2022). **Calcium ascorbate.** Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_ascorbate.

Worakeeratikul, W. (2006). **Application of calcium ascorbate and edible coatings on browning and shelf-life of fresh-cut rose apple cv. Tup Tim Jun**. Master's thesis. King Mongkut's University of technology Thonburi.

Xing, Y., et al. (2010). Effects of chitosan-based coating and modified atmosphere packaging (MAP) on browning and shelf life of fresh-cut lotus root (Nelumbo nucifera Gaerth). **Innovative Food Science and Emerging Technologie**. 11(4), 684–689.

Yao, M., et al. (2021). Exogenous glutathione alleviates chilling injury in postharvest bell pepper by modulating the ascorbate-glutathione (AsA-GSH) cycle. **Food Chemistry**. 352, 129458.

Yungyuen, W., et al. (2021). Carotenoid accumulation and the expression of carotenoid metabolic genes in mango during fruit development and ripening. **Applied Sciences**. 11(9), 4249.

Zhang, S., Yu, Y., Xiao, C., Wang, X., & Tian, Y. (2013). Effect of carbon monoxide on browning of fresh-cut lotus root slice in relation to phenolic metabolism. **LWT - Food Science and Technology**. 53, 555–559

Zhang, Y., et al. (2020). Sodium chloride combined with polypropylene film can maintain the quality of fresh-cut ginger. **Food Packaging and Shelf Life**. 25, 100541.

Zhang, Y., Lu, H., & Levin, R.E. (2003). Enhanced storage-life of fresh haddock fillets with stabilized sodium chlorite in ice. **Food Microbiology**. 20, 87-90.

Zheng, H., Liu, W., Liu, S., Liu, C., & Zheng, L. (2019). Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit. **Food Chemistry**. 299, 125116.

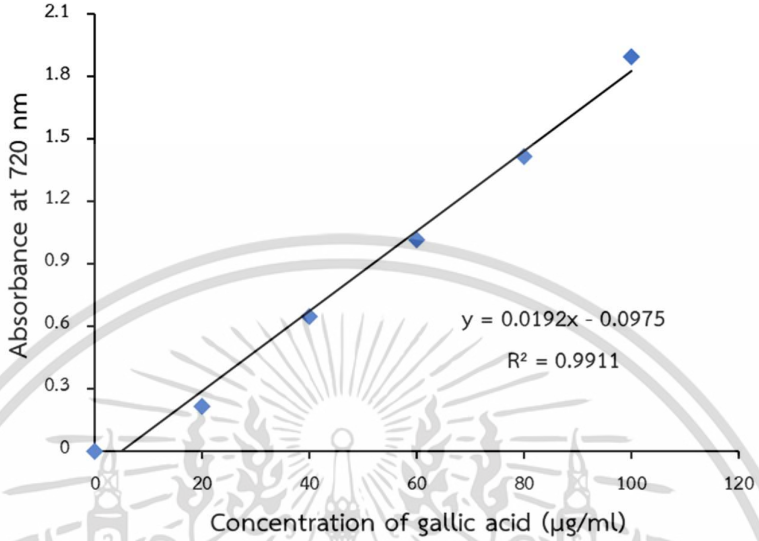
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

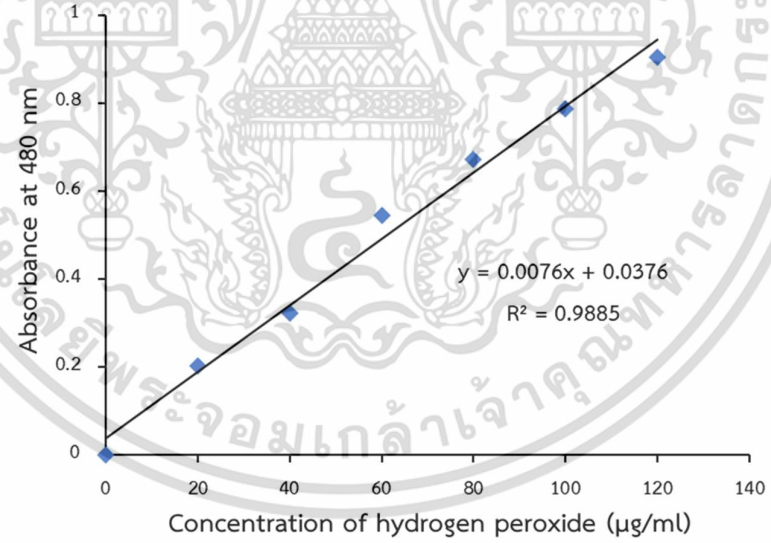
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

กราฟมาตรฐาน



รูปภาคผนวกที่ ก.1 กราฟมาตรฐาน Gallic acid



รูปภาคผนวกที่ ก.2 กราฟมาตรฐาน Hydrogen perxide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตารางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข.1 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Weight loss (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	0.05^{a}	0.54^{a}	0.69^{ab}	0.83^{ab}	0.89^{b}
Cross-cut	0.00	0.05^{a}	0.43^{ab}	0.78^{a}	1.00^{a}	1.17^{a}
Longitudinal	0.00	0.02^{ab}	0.34^{b}	0.58^{b}	0.74^{b}	0.83^{b}
Slices	0.00	0.01^{b}	0.40^{b}	0.57^{b}	0.71^{b}	0.77^{b}
F-test	.	*	*	*	*	*
C.V. (%)	.	3.85	4.42	3.34	3.25	4.73

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ * หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.2 ค่าความสว่างของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	L* value					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	75.26	75.15^{a}	72.65^{a}	72.78^{ab}	72.09^{b}	71.88^{ab}
Cross-cut	75.26	69.61^{b}	66.91^{b}	67.43^{c}	66.29^{c}	66.55^{c}
Longitudinal	75.26	75.33^{a}	75.11^{a}	74.18^{a}	74.07^{a}	73.27^{a}
Slices	75.26	73.76^{a}	73.13^{a}	71.01^{b}	71.60^{b}	69.41^{bc}
F-test	.	**	**	**	**	**
C.V. (%)	.	8.21	14.02	18.99	31.46	9.10

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ** หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.3 ค่าเฉดสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Hue angle					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	89.50	89.12	88.93	87.53	86.99	86.87
Cross-cut	89.50	88.04	88.05	86.89	86.48	84.25
Longitudinal	89.50	89.35	88.94	88.20	87.13	86.37
Slices	89.50	89.30	88.03	86.73	86.49	85.64
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	2.82	1.17	1.37	0.56	2.57

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข.4 ค่าความเข้มสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Chroma value					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	52.09	49.33	47.20	47.13^{a}	47.33^{a}	45.49^{a}
Cross-cut	52.09	46.50	43.28	43.96^{b}	42.31^{b}	39.73^{b}
Longitudinal	52.09	48.60	48.06	47.66^{a}	47.90^{a}	44.29^{a}
Slices	52.09	48.35	46.60	46.95^{a}	44.57^{b}	40.20^{b}
F-test	.	ns	ns	*	**	**
C.V. (%)	.	1.48	2.85	3.11	10.46	5.06

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Titratable acidity (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.27	0.29	0.24	0.22	0.20	0.21
Cross-cut	0.27	0.27	0.24	0.21	0.21	0.20
Longitudinal	0.27	0.27	0.25	0.21	0.20	0.21
Slices	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.20
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	1.77	0.14	0.32	0.41	0.14

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Total soluble solids (˚Brix)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	7.38	7.17	7.07	7.67	8.83	9.60
Cross-cut	7.38	7.53	7.20	7.97	8.10	9.50
Longitudinal	7.38	7.27	6.87	7.60	7.87	9.50
Slices	7.38	6.97	7.30	8.33	8.63	9.47
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	0.42	0.29	0.64	0.72	0.01

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.7 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Browning index (OD420/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	1.16	1.27	1.42^{b}	1.43	1.45^{b}	1.58^{b}
Cross-cut	1.16	1.52	1.68^{a}	1.73	1.82^{a}	2.02^{a}
Longitudinal	1.16	1.35	1.45^{b}	1.47	1.48^{b}	1.63^{b}
Slices	1.16	1.38	1.52^{ab}	1.57	1.60^{ab}	1.68^{b}
F-test	.	ns	*	ns	*	*
C.V. (%)	.	1.89	3.52	2.19	3.32	3.98

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.8 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Browning score					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	1.00	3.00^{b}	3.33^{c}	5.00^{c}	7.00
Cross-cut	0.00	2.00	4.67^{a}	6.00^{a}	7.00^{a}	8.00
Longitudinal	0.00	1.00	3.00^{b}	3.67^{bc}	5.00^{c}	7.33
Slices	0.00	1.33	3.67^{b}	4.67^{b}	5.67^{b}	7.33
F-test	.	ns	**	**	**	ns
C.V. (%)	.	2.86	8.59	9.57	20.00	1.67

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.9 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Carotenoid content (µg/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	248.00	323.33^{ab}	271.17	355.50^{a}	356.50	142.83^{bc}
Cross-cut	248.00	221.67^{b}	310.33	138.50^{b}	236.50	487.50^{a}
Longitudinal	248.00	292.67^{ab}	325.50	407.00^{a}	402.00	280.17^{b}
Slices	248.00	371.83^{a}	261.33	293.17^{ab}	333.00	87.33^{c}
F-test	.	*	ns	*	ns	**
C.V. (%)	.	3.18	0.34	3.86	1.61	9.23

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.10 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Phenol content (µg GA/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	188.13	186.00	186.67	183.50^{c}	214.33^{b}	196.00^{b}
Cross-cut	188.13	195.50	199.50	219.17^{a}	269.83^{a}	253.67^{a}
Longitudinal	188.13	190.50	185.50	188.17^{bc}	203.50^{b}	211.50^{b}
Slices	188.13	194.00	199.50	209.17^{ab}	223.83^{b}	194.83^{b}
F-test	.	ns	ns	**	**	**
C.V. (%)	.	0.24	2.06	5.22	10.42	11.1

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.11 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	DPPH free radical scavenging activity (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	5.98	6.71	5.82	6.07	4.99	6.36[a]
Cross-cut	5.98	6.51	4.84	6.72	5.50	3.42[b]
Longitudinal	5.98	7.25	6.50	6.99	5.13	4.44[b]
Slices	5.98	6.25	5.12	6.98	5.61	4.10[b]
F-test	.	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	.	0.36	1.26	0.42	0.56	11.75

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.12 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Malondialdehyde (nmol/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	5.71	6.15	6.86[b]	6.60	7.49[ab]	6.03
Cross-cut	5.71	5.54	8.33[a]	6.11	7.03[b]	7.35
Longitudinal	5.71	6.20	6.60[b]	6.59	6.78[b]	6.66
Slices	5.71	5.54	6.73[b]	6.50	8.54[a]	7.44
F-test	.	ns	*	ns	*	ns
C.V. (%)	.	0.59	4.70	0.40	3.97	0.93

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.13 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Hydrogen peroxide (μg H_2O_2/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	128.66	131.87[b]	126.88	143.69[b]	181.13	189.40[b]
Cross-cut	128.66	136.76[a]	140.96	164.71[a]	172.24	235.07[a]
Longitudinal	128.66	131.71[b]	128.20	142.39[b]	174.43	176.92[b]
Slices	128.66	135.24[ab]	140.15	142.49[b]	181.51	189.60[b]
F-test	.	*	ns	**	ns	*
C.V. (%)	.	4.57	1.68	5.44	1.01	4.17

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.14 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	SOD activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	3.39	3.08	3.60	3.19[b]	4.13	4.84
Cross-cut	3.39	3.10	3.15	6.41[a]	4.83	3.19
Longitudinal	3.39	2.44	3.50	6.16[a]	4.50	4.08
Slices	3.39	2.68	3.36	5.55[a]	4.59	3.64
F-test	.	ns	ns	**	ns	ns
C.V. (%)	.	1.34	0.54	12.27	0.20	0.95

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.15 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	CAT activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	10.48	20.24	22.73	20.15[b]	17.16	15.24
Cross-cut	10.48	21.41	27.06	29.66[a]	21.51	16.90
Longitudinal	10.48	19.53	29.00	28.93[a]	23.84	14.49
Slices	10.48	19.29	23.56	27.01[ab]	20.04	16.50
F-test	.	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	.	0.08	0.71	3.50	1.33	0.20

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.16 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	PPO activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	1.05	1.21	1.44	1.78	1.81[b]	1.84[b]
Cross-cut	1.05	1.25	1.62	1.94	2.29[a]	2.89[a]
Longitudinal	1.05	1.05	1.44	1.64	1.79[b]	1.94[b]
Slices	1.05	1.29	1.52	1.77	2.05[ab]	2.35[ab]
F-test	.	ns	ns	ns	**	**
C.V. (%)	.	0.61	0.56	0.73	5.27	5.01

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.17 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งในรูปการตัดแต่งที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	POD activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	13.06	13.55	15.84	19.16	23.56	27.44[b]
Cross-cut	13.06	16.51	18.31	21.07	29.81	41.42[a]
Longitudinal	13.06	12.31	13.68	16.08	21.00	24.80[b]
Slices	13.06	14.70	16.12	19.17	25.05	33.53[ab]
F-test	.	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	.	1.91	0.96	0.49	2.12	3.51

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.18 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Weight loss (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	0.29[a]	0.55	0.70	1.58	1.68
0.05% NaCl	0.00	0.15[b]	0.54	0.76	1.58	1.69
0.1% NaCl	0.00	0.10[b]	0.48	0.69	1.55	1.66
0.3% NaCl	0.00	0.10[b]	0.35	0.55	1.40	1.49
0.5% NaCl	0.00	0.05[b]	0.34	0.48	1.37	1.46
F-test	.	**	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	7.37	2.05	1.24	0.40	0.48

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.19 ค่าความสว่างของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	L* value					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	76.46	74.67	74.06	74.08	71.09[b]	65.99[b]
0.05% NaCl	76.46	75.50	74.79	74.21	73.33[ab]	70.56[ab]
0.1% NaCl	76.46	75.04	75.39	74.21	73.79[a]	70.02[ab]
0.3% NaCl	76.46	76.34	74.34	75.60	74.51[a]	72.74[a]
0.5% NaCl	76.46	75.76	74.25	74.99	74.44[a]	73.15[a]
F-test	.	ns	ns	ns	*	*
C.V. (%)	.	1.11	0.71	0.62	3.07	3.64

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.20 ค่าเฉดสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Hue angle					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	88.06	87.87	87.94	86.96	85.19	80.37[b]
0.05% NaCl	88.06	87.19	87.42	87.93	85.06	82.24[ab]
0.1% NaCl	88.06	88.59	87.48	87.80	84.96	83.54[a]
0.3% NaCl	88.06	88.15	87.09	87.44	85.39	83.58[a]
0.5% NaCl	88.06	89.11	88.22	87.55	86.68	84.35[a]
F-test	.	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	.	2.27	0.73	0.47	1.62	3.44

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.21 ค่าความเข้มสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Chroma value					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	51.08	49.54	50.35	48.88	45.79	39.33
0.05% NaCl	51.08	50.14	49.27	48.45	49.09	40.22
0.1% NaCl	51.08	48.92	50.41	48.05	49.48	39.69
0.3% NaCl	51.08	50.68	51.28	48.73	48.46	41.50
0.5% NaCl	51.08	49.35	49.62	50.21	48.18	40.83
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	0.17	0.32	0.53	2.33	0.44

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข.22 ปริมาณกรดที่ไทเทรตของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Titratable acidity (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.23	0.18	0.17	0.16	0.17	0.13
0.05% NaCl	0.23	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16
0.1% NaCl	0.23	0.21	0.17	0.18	0.17	0.15
0.3% NaCl	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.16
0.5% NaCl	0.23	0.20	0.18	0.18	0.16	0.16
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	0.37	0.45	0.20	0.17	1.44

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Total soluble solids (˚Brix)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	8.53	8.50	8.80	9.60	10.43	12.30
0.05% NaCl	8.53	7.63	8.00	8.63	9.47	11.13
0.1% NaCl	8.53	7.60	7.97	7.77	9.87	10.80
0.3% NaCl	8.53	8.63	8.50	8.40	10.07	10.87
0.5% NaCl	8.53	7.30	8.47	9.10	9.10	9.97
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	1.58	0.53	1.33	0.73	2.30

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข.24 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Browning index (OD420/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	1.14	1.57^{a}	1.52	1.82	2.65^{a}	3.87^{a}
0.05% NaCl	1.14	1.33^{b}	1.47	1.55	2.13^{b}	2.92^{b}
0.1% NaCl	1.14	1.22^{b}	1.48	1.50	2.17^{b}	2.58^{b}
0.3% NaCl	1.14	1.20^{b}	1.32	1.47	2.15^{b}	2.32^{b}
0.5% NaCl	1.14	1.17^{b}	1.33	1.43	2.08^{b}	2.25^{b}
F-test	.	**	ns	ns	**	**
C.V. (%)	.	6.10	0.75	1.70	7.38	7.15

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.25 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Browning score					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	1.00	1.00	2.33	4.00	8.67[a]
0.05% NaCl	0.00	1.00	1.00	1.33	4.00	7.00[b]
0.1% NaCl	0.00	1.00	1.00	1.33	3.67	7.00[b]
0.3% NaCl	0.00	1.00	1.00	1.33	3.00	7.00[b]
0.5% NaCl	0.00	1.00	1.00	1.00	3.00	6.33[b]
F-test	.	.	.	ns	ns	**
C.V. (%)	.	.	.	2.50	2.21	4.59

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.26 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Carotenoid content (µg/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	284.00	354.00	477.83	426.83	350.00[b]	490.83
0.05% NaCl	284.00	327.17	419.17	515.33	419.83[ab]	452.00
0.1% NaCl	284.00	368.67	368.33	356.67	497.17[a]	405.50
0.3% NaCl	284.00	325.17	426.83	430.00	475.67[a]	382.00
0.5% NaCl	284.00	382.50	440.67	403.33	515.50[a]	418.50
F-test	.	ns	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	.	0.32	0.75	1.31	2.82	0.52

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.27 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Phenol content (µg GA/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	166.63	183.50	189.83	207.50[a]	209.67	221.17
0.05% NaCl	166.63	181.33	184.50	193.67[ab]	200.83	211.33
0.1% NaCl	166.63	179.17	185.00	192.00[ab]	201.67	205.50
0.3% NaCl	166.63	175.67	180.00	190.83[ab]	192.17	207.83
0.5% NaCl	166.63	170.67	175.17	178.33[b]	190.00	203.83
F-test	.	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	.	0.46	0.90	2.98	1.74	0.55

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.28 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	DPPH free radical scavenging activity (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	6.91	8.39	5.59[c]	4.96	4.49	4.48[b]
0.05% NaCl	6.91	7.55	6.45[bc]	5.89	4.78	4.45[b]
0.1% NaCl	6.91	9.18	7.20[ab]	6.57	5.48	4.48[b]
0.3% NaCl	6.91	8.15	7.94[a]	6.50	5.74	6.06[a]
0.5% NaCl	6.91	9.05	7.51[ab]	6.68	5.78	5.62[a]
F-test	.	ns	**	ns	ns	**
C.V. (%)	.	0.88	5.90	1.80	2.37	5.02

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.29 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Malondialdehyde (nmol/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	5.34	6.11	7.57	10.27	10.83	12.02
0.05% NaCl	5.34	5.79	6.71	9.59	9.88	11.30
0.1% NaCl	5.34	6.33	6.29	8.98	10.23	10.56
0.3% NaCl	5.34	5.21	7.06	9.06	9.67	10.64
0.5% NaCl	5.34	5.93	6.46	8.41	8.82	10.07
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	0.74	1.20	0.73	1.52	1.30

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข.30 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Hydrogen peroxide (µg H_2O_2/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	131.94	133.41	133.20	118.55	149.59	197.44[a]
0.05% NaCl	131.94	133.09	134.91	111.11	130.52	188.15[a]
0.1% NaCl	131.94	133.77	138.43	102.95	131.77	170.13[b]
0.3% NaCl	131.94	133.19	136.65	116.37	122.09	164.36[b]
0.5% NaCl	131.94	132.31	134.08	107.20	124.37	156.96[b]
F-test	.	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	.	1.25	1.21	2.38	1.34	8.09

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.31 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	SOD activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	2.04	1.31	2.69	3.10^{b}	2.81	1.43^{c}
0.05% NaCl	2.04	1.78	2.66	3.68^{b}	3.29	1.66^{bc}
0.1% NaCl	2.04	2.15	2.41	4.10^{b}	2.90	2.36^{abc}
0.3% NaCl	2.04	2.45	2.81	5.59^{a}	3.69	2.81^{ab}
0.5% NaCl	2.04	2.69	3.19	5.69^{a}	3.65	3.50^{a}
F-test	.	ns	ns	**	ns	*
C.V. (%)	.	1.33	0.15	6.22	0.49	4.59

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.32 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	CAT activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	16.84	16.99	19.36	27.04	30.26	15.16^{c}
0.05% NaCl	16.84	22.23	27.28	36.93	35.23	19.63^{bc}
0.1% NaCl	16.84	22.81	28.79	31.89	41.24	28.96^{ab}
0.3% NaCl	16.84	27.76	34.41	31.63	50.54	32.35^{a}
0.5% NaCl	16.84	28.25	37.08	33.01	47.45	33.74^{a}
F-test	.	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	.	1.92	1.32	0.34	2.00	5.24

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.33 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	PPO activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	1.27	1.80	1.94	2.14	2.23	3.26[a]
0.05% NaCl	1.27	1.63	1.72	2.12	2.22	2.92[ab]
0.1% NaCl	1.27	1.46	1.65	1.85	2.28	2.94[ab]
0.3% NaCl	1.27	1.21	1.63	1.88	2.16	2.60[bc]
0.5% NaCl	1.27	1.24	1.43	1.84	2.03	2.18[c]
F-test	.	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	.	1.69	1.46	0.34	0.14	4.02

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.34 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.05 0.1 0.3 และ 0.5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	POD activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	12.26	15.64	19.10	19.75	26.64	45.79[a]
0.05% NaCl	12.26	14.25	15.51	19.57	27.60	41.95[ab]
0.1% NaCl	12.26	12.62	14.43	16.73	24.96	38.35[ab]
0.3% NaCl	12.26	14.82	14.82	17.16	25.81	32.01[bc]
0.5% NaCl	12.26	13.94	14.08	15.15	20.84	27.04[c]
F-test	.	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	.	0.24	1.14	0.55	0.72	4.37

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.35 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Weight loss (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	0.91^{a}	1.06^{a}	1.14^{a}	1.25^{a}	1.68^{a}
0.5% NaCl	0.00	0.81^{ab}	0.93^{ab}	0.99^{ab}	1.08^{ab}	1.49^{ab}
2% CaAs	0.00	0.71^{abc}	0.75^{bc}	0.81^{bc}	0.94^{bc}	1.34^{abc}
4% CaAs	0.00	0.63^{bc}	0.66^{cd}	0.71^{cd}	0.80^{cd}	1.15^{bcd}
0.5% NaCl + 2% CaAs	0.00	0.50^{cd}	0.51^{de}	0.55^{de}	0.63^{de}	1.01^{dc}
0.5% NaCl + 4% CaAs	0.00	0.35^{d}	0.41^{e}	0.45^{e}	0.50^{e}	0.82^{d}
F-test	.	**	**	**	**	**
C.V. (%)	.	6.14	10.78	11.79	10.69	7.92

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ** หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.36 ค่าความสว่างของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	L* value					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	74.83	74.59^{b}	73.06^{c}	72.36^{b}	69.77^{b}	65.18^{d}
0.5% NaCl	74.83	76.39^{a}	75.72^{ab}	75.43^{a}	72.03^{ab}	70.43^{c}
2% CaAs	74.83	76.37^{a}	75.21^{b}	74.98^{a}	74.36^{a}	71.75^{bc}
4% CaAs	74.83	76.53^{a}	75.96^{ab}	75.34^{a}	74.71^{a}	73.26^{ab}
0.5% NaCl + 2% CaAs	74.83	76.44^{a}	76.97^{a}	75.81^{a}	75.05^{a}	74.67^{a}
0.5% NaCl + 4% CaAs	74.83	76.78^{a}	76.74^{ab}	75.96^{a}	75.45^{a}	74.56^{a}
F-test	.	*	**	*	*	**
C.V. (%)	.	2.68	6.64	2.75	2.86	18.05

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ * หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.37 ค่าเฉดสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Hue angle					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	88.73	88.35	88.12	87.99	86.11	79.49^{d}
0.5% NaCl	88.73	89.00	88.46	88.63	87.78	84.59^{c}
2% CaAs	88.73	88.38	88.27	88.25	87.82	86.12^{bc}
4% CaAs	88.73	88.98	88.58	88.19	88.10	87.76^{ab}
0.5% NaCl + 2% CaAs	88.73	88.98	88.75	88.48	88.03	88.06^{a}
0.5% NaCl + 4% CaAs	88.73	88.65	88.61	88.50	88.13	88.17^{a}
F-test	.	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	.	0.55	0.42	0.45	1.61	29.79

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.38 ค่าความเข้มสีของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Chroma value					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	50.26	45.44^{c}	45.12	44.78	43.08	43.03^{c}
0.5% NaCl	50.26	45.71^{bc}	45.84	45.02	45.19	44.75^{bc}
2% CaAs	50.26	46.87^{abc}	46.15	46.21	46.78	45.71^{ab}
4% CaAs	50.26	48.31^{ab}	47.77	47.59	47.10	46.85^{ab}
0.5% NaCl + 2% CaAs	50.26	49.26^{a}	48.26	47.32	47.69	47.17^{a}
0.5% NaCl + 4% CaAs	50.26	48.08^{abc}	47.05	47.08	47.12	47.05^{a}
F-test	.	*	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	.	2.97	2.43	2.18	2.03	5.48

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.39 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Titratable acidity (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.26	0.24	0.18	0.16	0.15	0.14
0.5% NaCl	0.26	0.23	0.22	0.19	0.19	0.15
2% CaAs	0.26	0.23	0.21	0.21	0.17	0.16
4% CaAs	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15
0.5% NaCl + 2% CaAs	0.26	0.25	0.22	0.19	0.20	0.17
0.5% NaCl + 4% CaAs	0.26	0.26	0.23	0.21	0.19	0.16
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	0.40	0.48	0.89	1.74	0.33

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ข.40 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Total soluble solids (°Brix)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	6.23	6.33	6.57	7.07	7.03	8.00
0.5% NaCl	6.23	6.13	6.23	6.30	6.73	7.83
2% CaAs	6.23	6.37	6.50	6.80	6.83	7.17
4% CaAs	6.23	6.43	6.53	6.63	7.07	7.07
0.5% NaCl + 2% CaAs	6.23	6.23	6.37	6.57	6.50	7.27
0.5% NaCl + 4% CaAs	6.23	6.30	6.57	6.67	6.90	7.17
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	0.19	0.35	0.88	0.51	0.97

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.41 ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Browning index (OD420/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	1.29	1.47^{a}	1.83^{a}	2.00	2.50^{a}	3.40^{a}
0.5% NaCl	1.29	1.28^{abc}	1.57^{b}	1.87	2.18^{b}	2.82^{b}
2% CaAs	1.29	1.37^{ab}	1.52^{b}	1.72	2.00^{bc}	2.75^{b}
4% CaAs	1.29	1.27^{abc}	1.55^{b}	1.63	1.83^{cd}	2.45^{b}
0.5% NaCl + 2% CaAs	1.29	1.13^{bc}	1.58^{b}	1.58	1.80^{cd}	2.37^{b}
0.5% NaCl + 4% CaAs	1.29	1.08^{c}	1.37^{b}	1.53	1.62^{d}	2.33^{b}
F-test	.	*	**	ns	**	**
C.V. (%)	.	3.30	4.23	1.53	10.24	5.09

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.42 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Browning score					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.00	1.00	2.00^{a}	2.67^{a}	4.33^{a}	9.00^{a}
0.5% NaCl	0.00	1.00	1.00^{b}	1.67^{b}	2.33^{b}	5.33^{b}
2% CaAs	0.00	1.00	1.00^{b}	1.33^{b}	2.00^{bc}	6.00^{b}
4% CaAs	0.00	1.00	1.00^{b}	1.00^{b}	1.67^{bc}	3.33^{c}
0.5% NaCl + 2% CaAs	0.00	1.00	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{c}	2.67^{c}
0.5% NaCl + 4% CaAs	0.00	1.00	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{c}	2.33^{c}
F-test	.	.	**	**	**	**
C.V. (%)	.	.	5.00	6.44	12.52	39.45

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ** หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.43 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Carotenoid content (µg/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	237.00	211.83	333.50	407.17^{a}	641.50^{a}	298.00
0.5% NaCl	237.00	343.17	383.17	253.67^{b}	490.10^{ab}	292.50
2% CaAs	237.00	322.50	300.33	304.00^{b}	385.00^{bc}	320.83
4% CaAs	237.00	311.33	328.00	307.33^{b}	362.17^{bc}	268.17
0.5% NaCl + 2% CaAs	237.00	265.33	272.50	279.00^{b}	269.83^{c}	298.50
0.5% NaCl + 4% CaAs	237.00	352.83	295.50	245.00^{b}	369.00^{bc}	297.00
F-test	.	ns	ns	*	**	ns
C.V. (%)	.	1.45	0.52	2.99	5.59	0.15

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.44 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Phenol content (µg GA/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	168.40	246.50^{a}	253.00^{a}	258.17^{a}	252.33^{a}	277.67^{a}
0.5% NaCl	168.40	225.17^{b}	237.33^{ab}	236.17^{b}	251.83^{a}	260.33^{a}
2% CaAs	168.40	208.50^{c}	222.50^{bc}	223.50^{bc}	223.33^{b}	261.83^{a}
4% CaAs	168.40	199.33c	206.00^{cd}	214.00^{c}	214.83^{b}	203.67^{b}
0.5% NaCl + 2% CaAs	168.40	180.17^{d}	182.17^{e}	178.17^{d}	192.83^{c}	195.00^{b}
0.5% NaCl + 4% CaAs	168.40	178.50^{d}	196.83^{de}	170.83^{d}	187.50^{c}	194.33^{b}
F-test	.	**	**	**	**	**
C.V. (%)	.	35.25	14.07	23.09	15.08	17.72

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ** หมายถึง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.45 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	DPPH free radical scavenging activity (%)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	6.56	8.27	5.67	5.26	5.20[b]	5.28
0.5% NaCl	6.56	7.37	6.22	5.90	5.62[ab]	5.78
2% CaAs	6.56	7.26	6.01	6.19	5.94[ab]	5.75
4% CaAs	6.56	7.67	6.39	6.74	6.14[ab]	5.92
0.5% NaCl + 2% CaAs	6.56	7.75	6.50	7.03	6.75[a]	5.82
0.5% NaCl + 4% CaAs	6.56	7.46	7.06	7.23	6.70[a]	6.08
F-test	.	ns	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	.	0.56	1.66	1.93	2.81	0.36

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

ตารางภาคผนวก ข.46 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 ºC เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Malondialdehyde (nmol/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	5.54	6.11	6.38	6.09	6.74	8.76
0.5% NaCl	5.54	5.25	5.72	5.95	6.47	7.96
2% CaAs	5.54	5.54	6.18	6.11	6.66	7.74
4% CaAs	5.54	5.78	6.14	5.65	6.33	7.59
0.5% NaCl + 2% CaAs	5.54	5.00	5.62	6.07	5.79	7.64
0.5% NaCl + 4% CaAs	5.54	4.86	5.53	5.49	5.96	7.35
F-test	.	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	2.36	0.77	0.41	0.51	0.98

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.47 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Hydrogen peroxide (μg H_2O_2/g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	137.55	166.87^{a}	187.88^{a}	131.60	220.22	276.15^{a}
0.5% NaCl	137.55	151.98^{ab}	182.57^{ab}	137.27	205.43	214.33^{b}
2% CaAs	137.55	137.50^{b}	176.28^{c}	133.42	180.93	166.22^{c}
4% CaAs	137.55	142.18^{b}	178.28^{bc}	134.22	181.82	141.68^{c}
0.5% NaCl + 2% CaAs	137.55	138.32^{b}	178.27^{bc}	133.45	177.58	139.42^{c}
0.5% NaCl + 4% CaAs	137.55	134.33^{b}	174.88^{c}	141.25	156.07	149.97^{c}
F-test	.	**	**	ns	ns	**
C.V. (%)	.	3.80	5.82	1.78	0.80	26.17

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.48 กิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	SOD activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	1.91	1.68	2.45^{b}	2.18	1.78	1.38
0.5% NaCl	1.91	1.95	2.61^{b}	2.44	1.99	1.78
2% CaAs	1.91	1.69	3.14^{ab}	2.44	2.11	2.01
4% CaAs	1.91	1.90	3.34^{ab}	2.26	2.46	2.15
0.5% NaCl + 2% CaAs	1.91	2.39	3.91^{a}	2.95	2.24	2.20
0.5% NaCl + 4% CaAs	1.91	2.23	4.11^{a}	2.63	2.70	2.24
F-test	.	ns	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	0.36	2.92	0.45	0.68	0.91

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.49 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	CAT activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	17.80	20.59^{b}	46.10	32.50^{b}	25.50^{d}	21.50^{b}
0.5% NaCl	17.80	22.24^{b}	49.19	38.19^{b}	31.61^{cd}	23.35^{b}
2% CaAs	17.80	19.65^{b}	27.09	28.91^{b}	45.04^{bc}	25.40^{b}
4% CaAs	17.80	22.06^{b}	31.40	40.92^{b}	45.66^{bc}	31.74^{b}
0.5% NaCl + 2% CaAs	17.80	35.79^{a}	39.56	38.74^{b}	54.04^{b}	31.64^{b}
0.5% NaCl + 4% CaAs	17.80	29.11^{ab}	59.43	68.58^{a}	75.76^{a}	54.74^{a}
F-test	.	*	ns	**	**	**
C.V. (%)	.	3.77	1.92	4.34	9.03	6.40

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.05 และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

ตารางภาคผนวก ข.50 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	PPO activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.81	1.91^{a}	1.97^{a}	2.09^{a}	2.54^{a}	2.75
0.5% NaCl	0.81	1.68^{a}	2.02^{a}	2.10^{a}	2.29^{a}	2.51
2% CaAs	0.81	1.68^{a}	1.88^{a}	2.08^{a}	2.15^{a}	2.45
4% CaAs	0.81	1.47^{a}	1.76^{a}	1.88^{ab}	2.06^{ab}	2.41
0.5% NaCl + 2% CaAs	0.81	0.83^{b}	0.92^{b}	1.35^{bc}	1.59^{b}	2.01
0.5% NaCl + 4% CaAs	0.81	0.82^{b}	0.99^{b}	1.11^{c}	1.57^{b}	2.38
F-test	.	**	**	**	**	ns
C.V. (%)	.	9.15	4.40	4.16	5.51	0.74

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ข.51 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของมะม่วงพันธุ์ขายตึกตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับสารแคลเซียมแอสคอร์เบท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	POD activity (Unit/100 g FW)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	9.98	22.57	30.04[a]	35.47	49.06	57.77
0.5% NaCl	9.98	21.39	27.27[a]	29.95	43.25	50.52
2% CaAs	9.98	22.07	23.55[ab]	27.20	32.37	42.34
4% CaAs	9.98	18.52	23.83[ab]	26.22	32.08	48.77
0.5% NaCl + 2% CaAs	9.98	11.56	12.26[b]	18.63	25.62	39.97
0.5% NaCl + 4% CaAs	9.98	10.36	12.15[b]	16.10	22.59	32.40
F-test	.	ns	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	.	2.29	3.77	1.70	2.06	1.33

ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (n=4) โดยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P≤0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายปพนธีร์ บัวภารังษี
วัน เดือน ปีเกิด	18 กุมภาพันธ์ 2541
ที่อยู่ปัจจุบัน	28 ซอยคู้บอน 6 แยก 6 แขวงรามอินทรา เขตคันนายาว กรุงเทพฯ 10230
ประวัติการศึกษา	(2562) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ เกรดเฉลี่ย 3.35 (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

1. Buapharangsi, P. & Kramchote, S. (2022). Effect of cutting style on quality of fresh-cut 'Khai Tuek' mango fruit. **Thai Science and Technology Journal**. 30(6), 62-74.
2. Buapharangsi, P. & Kramchote, S. (2022). Efficacy of sodium chloride on storage quality of fresh-cut 'Khai Tuek' mango fruit. **The 19th National Horticultural Congress**. (pp. 74-80). Nakhon Si Thammarat : Thaksin University

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้