P-ISSN 0858-4435
E-ISSN 2651-1231
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj
ปีที่ 30 ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2565) หน้า [75-88]

การใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

The Combinations of Acetylsalicylic Acid and Trisodium Phosphate on Quality Changes of 'Namdokmai Sithong' Mango during Low Temperature Storage

รัตติยากร กันจนะ, สมศักดิ์ คราม์โชติ*
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
Rattiyagorn Ganjana, Somsak Kramchote*
Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
Received 3 November 2022; Received in revised 1 December 2022; Accpted 13 December 2022

บทคัดย่อ

มะม่วงเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี แต่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเน่าเสียง่ายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของกรดอะซิทิลซาลิไซลิกและไตรโซเดียมฟอสเฟต เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผล ทำการทดลองจุ่มมะม่วงในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) กรดอะซิทิลซาลิไซลิก 1 mM ไตรโซเดียมฟอสเฟต 0.5 g/L และกรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟต จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85±5% เป็นเวลา 25 วัน และทำการบันทึกข้อมูลคุณภาพทุก ๆ 5 วัน จากการศึกษาพบว่าการนำกรดอะซิทิลซาลิไซลิกมาใช้ร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟต สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ โดยช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (L, b, h° and C values) และสีเนื้อ (L and b values) รักษาปริมาณแคโรทีนอยด์และความแน่นเนื้อ พร้อมทั้งชะลอการเปลี่ยนแปลงรสชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง; คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว; การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ; การรักษาคุณภาพ

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** somsak.kr@kmitl.ac.th **doi:**

Abstract

Mangoes are an important agricultural product of Thailand. 'Namdokmai Sithong' mango has been exported continuously yearly but is easily perishable after harvesting. Therefore, this research studied the effects of acetylsalicylic acid (ASA) and trisodium phosphate (TSP) to delay the changes in the quality of 'Namdokmai Sithong' mango fruit during low-temperature storage. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with four treatments, four replications, and one fruit per replication. The mango fruits were dipped in distilled water (control), ASA at 1 mM, TSP at 0.50 g/L, and ASA combined with TSP (ASA+TSP) for 10 min, then stored at 6±2°C with a relative humidity of 85±5% for 25 days. The quality was determined at five days intervals. As a result, the ASA+TSP treatment increased the efficiency in maintaining the quality of 'Namdokmai Sithong' mango fruit by delaying the changes in peel color (L, b, h°, and C values) and pulp color (L and b values). The treatment could maintain carotenoid content and fruit firmness, and significantly delayed the changes of taste.

Keywords: 'Namdokmai Sithong' mango; Postharvest quality; Quality changes; Maintaining quality

1. บทนำ

มะม่วงเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีคุณภาพสูง ทำให้ศักยภาพในการส่งออกมะม่วงมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องทุกปี [1] ซึ่งในปี 2563 ประเทศไทยจัดเป็นอันดับ 2 ของผู้ส่งออกมะม่วงสดรายใหญ่ที่สุดของโลก รองจากแม็กซิโก [2] และในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา พ.ศ. 2552-2564 มะม่วงสดมีมูลค่าการส่งออกรวมต่อปีเท่ากับ 2,139,551,486 บาท 2,367,329,184 บาท และ 3,367,228,976 บาท ตามลำดับ [3] หรือคิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 613,838,745 บาท มะม่วงที่มีความสำคัญทางการค้าของประเทศไทยมีหลายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่มีชื่อเสียงด้านการส่งออกมากที่สุดจะเป็นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เนื่องจากมีเนื้อเนียนละเอียด เสี้ยนน้อย และมีรสชาติอร่อย [4] สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง เป็นพันธุ์ที่มีผลทรงรี ปลายผลแหลม ผลสีเหลืองทอง เมล็ดลีบบาง รสชาติหวาน และมีกลิ่นหอม จึงมักได้รับความนิยมอย่างมากทั้งในและต่างประเทศ [5]

มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท Climacteric ที่มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูง จึงเน่าเสียง่ายและไวต่อการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว [6] โดยในระหว่างการสุกและการเสื่อมสภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพที่ทำให้เกิดการอ่อนนุ่มของผล เกิดการเปลี่ยนแปลงสีผลและรสชาติ [7] ซึ่งมะม่วงจะเกิดการสุกอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วภายใน 3 ถึง 9 วัน นับว่าเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น จึงเป็นข้อจำกัดของการค้าทางไกลและการเข้าถึงตลาดต่างประเทศ [8] อย่างไรก็ตาม มะม่วงสามารถเกิดการสูญเสียได้ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การบรรจุ การเก็บรักษา การขนส่ง การขาย จนถึงการบริโภค จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้แนวทางการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดี เพื่อลดการสูญเสียมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวให้อยู่ในระดับต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้ [9]

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำยังคงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของผลิตผลได้ดี อย่างไรก็ตาม ผลิตผลที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน

และเขตกึ่งร้อนมักจะแสดงอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (1-10°C) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอุณหภูมิต่ำจะไปรบกวนการทำงานของเซลล์ ทำให้สูญเสียความสมดุลจนเกิดเป็นอาการสะท้านหนาวและเซลล์ตายในที่สุด [10, 11] โดยมะม่วงจะไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส สำหรับอาการสะท้านหนาวของมะม่วงจะแสดงอาการที่บริเวณผิว เนื้อ หรือผนังผลชั้นกลาง (mesocarp) และส่วนของเมล็ด ดังนี้ บริเวณผิวผลเกิดรอยบุ๋มยุบตัวลง เปลือกและเนื้อส่วนที่ติดกับผนังผลชั้นในหรือกะลา (endocarp) เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ผลเหี่ยว มีลักษณะคล้ายถูกน้ำร้อนลวก จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียและส่งผลกระทบโดยตรงต่อมูลค่าทางการตลาดภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นอย่างมาก [12]

กรดอะซิทิลซาลิไซลิก (Acetylsalicylic acid; ASA) เป็นสารที่มีต้นทุนต่ำ และไม่เป็นพิษต่อพืช [13] เกิดจากการเอสเทอริฟิเคชันของกรดซาลิไซลิกหรือเรียกว่าเป็นอนุพันธ์ของกรดซาลิไซลิก จึงทำให้มีคุณสมบัติเหมือนกันคือ สามารถช่วยป้องกันความเสียหายของพืชได้ โดยทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้พืชเกิดการพัฒนาและทนทานต่อความเครียดต่างๆ [14] เช่น ช่วยลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวที่เกิดจากความเครียดอุณภูมิต่ำในผลโลควอต [15] อีกทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพของผลิตผลได้ เช่น ชะลอการสุกและการอ่อนนุ่มของผลกีวี่ [16]

ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Trisodium phosphate; TSP) เป็นสารเคมีประเภท GRAS (Generally recognized as safe) คือสารที่สามารถใช้กับอาหารได้อย่างปลอดภัย ผ่านการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (USFDA) [17] และมีการนำไตรโซเดียมฟอสเฟตมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันความเสียหายจากความเครียดอุณภูมิต่ำได้ เช่น ลดการเกิดอาการสะท้านหนาวในพริกหยวก [18] รวมทั้งยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผลได้ เช่น ชะลอการหายใจและการเกิดกิจกรรมต่างๆ ในผลพุทรา [19]

ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำกรดอะซิทิลซาลิไซลิกมาใช้ร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟต เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะความเครียดจากอุณหภูมิต่ำ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมผลิตผล

ใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองจากสวนเกษตรกรในอำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ขนส่งโดยรถกระบะตู้ทึบแบบไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที มายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร คัดเลือกมะม่วงที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีรอยตำหนิต่างๆ น้ำหนักผลประมาณ 300-350 กรัม นำไปถ่วงน้ำเกลือความเข้มข้น 2% เพื่อให้มะม่วงอยู่ในระยะผลแก่ตามมาตรฐาน (maturity) เมื่อได้มะม่วงที่มีลักษณะตามต้องการแล้ว ทำการตัดขั้วผลให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ พร้อมทั้งฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำมะม่วงไปจุ่มลงในสารละลายต่างๆ ตามกรรมวิธี

2.2 การเตรียมสารและกรรมวิธีในการทดลอง

การเตรียมกรดอะซิทิลซาลิไซลิกและไตรโซเดียมฟอสเฟต สามารถเตรียมได้จากการละลายสารในน้ำกลั่นตามความเข้มข้นที่กำหนด ซึ่งประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 กรดอะซิทิลซาลิไซลิกความเข้มข้น 1 mM

กรรมวิธีที่ 3 ไตรโซเดียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 g/L

กรรมวิธีที่ 4 กรดอะซิทิลซาลิไซลิกความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 g/L

โดยกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ทำการจุ่มเป็นเวลา 10 นาที ส่วนกรรมวิธีที่ 4 จะทำการจุ่มกรดอะซิทิลซาลิไซลิกก่อนเป็นเวลา 10 นาที แล้วตามด้วยการจุ่มไตรโซเดียมฟอสเฟตเป็นเวลา 10 นาที ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85±5% (ใช้อุณภูมิต่ำกระตุ้นให้มะม่วงเกิดความเครียด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารได้อย่างชัดเจน) เป็นเวลา 25 วัน และบันทึกผลการทดลองทุกๆ 5 วัน

2.3 การบันทึกผลการทดลอง

2.3.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ

วัดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อที่บริเวณกลางผลทั้ง 2 ด้านต่อซ้ำ ด้วยเครื่องวัดสี Color meter ยี่ห้อ Fru รุ่น WR-10 โดยรายงานเป็นค่า L a และ b ซึ่งมีความหมายดังนี้

ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง โดย L=0 หมายถึงสีดำ และ L=100 หมายถึงสีขาว

ค่า a หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีเขียว-สีแดง (-a=เข้าใกล้สีเขียว และ +a=เข้าใกล้สีแดง)

ค่า b หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีน้ำเงิน-สีเหลือง (-b=เข้าใกล้สีน้ำเงิน และ +b=เข้าใกล้สีเหลือง)

จากนั้นนำค่า a และ b ที่ได้จากการใช้เครื่องวัดสีมาคำนวณเพื่อรายงานเป็นค่ามุมของสี (Hue angle; h°) และค่าความเข้มของสี (Chroma; C) จากสมการ

$h° = \tan^{-1} (b/a)$ และ $C = (a^2+b^2)^{1/2}$

โดย Hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีอยู่ตำแหน่งใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา ถ้ามีค่า 0°=สีแดง 90°=สีเหลือง 180°=สีเขียว และ 270°=สีน้ำเงิน ส่วนค่า Chroma ถ้ามีค่าต่ำ แสดงว่าสีมีความอิ่มตัวน้อยหรือไม่สดใส (เรียกว่าสีตุ่น) และหากมีค่าสูง แสดงว่าสีมีความอิ่มตัวมากหรือสดใส

2.3.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์

วัดปริมาณของแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีของ Arnon (1949) [20] โดยนำเปลือกมะม่วงปริมาณ 1 กรัม บดให้ละเอียดด้วย Acetone 80% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นกรองแล้วชะด้วย Acetone 100% จนขาว แล้วปรับปริมาตรให้เท่ากันด้วย Acetone 80% จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร แล้วคำนวณด้วยสูตร

Total carotenoid (µg /g FW) = OD470 / kg FW

2.3.3 ความแน่นเนื้อ

วัดความแน่นเนื้อบริเวณกลางผลทั้ง 2 ด้านต่อซ้ำ ด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ Fruits hardness (ripeness) tester รุ่น FHR-5 โดยใช้หัวกดทรงกรวยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร และรายงานผลเป็นหน่วยกิโลกรัม (kg)

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงรสชาติ

การเปลี่ยนแปลงรสชาติ หรืออัตราส่วน TSS/TA สามารถคำนวณได้จากสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid; TSS) ต่อปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) โดยค่าของอัตราส่วน TSS/TA ที่มากขึ้น แสดงว่าผลิตผลมีรสชาติหวานเพิ่มขึ้น

การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ใช้เนื้อมะม่วงปริมาณ 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร (w/v) บดให้ละเอียดด้วยโกร่ง คั้นน้ำด้วยผ้าขาวบาง และนำน้ำคั้นที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Digital hand-held ‘pocket’ refractometer รุ่น PAL-1 อ่านค่าที่ได้และคำนวณ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (°Brix) = ค่าที่อ่านได้ × 2

วิเคราะห์ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TA) ตามวิธีของ AOAC (2000) [21] โดยใช้เนื้อมะม่วงปริมาณ 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร (w/v) บดให้ละเอียดด้วยโกร่ง คั้นน้ำด้วยผ้าขาวบาง และนำน้ำ

คั้นปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมด้วยฟีนอฟทาลีน 1% 1-2 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH 0.1 N) จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือ จุดที่เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน นำปริมาณสารละลายด่างมาตรฐานมาคำนวณหาปริมาณกรดจากสูตร

$$\text{กรดมาลิก (\%)} = \frac{\text{N base} \times \text{ml base} \times \text{meq. wt. of malic acid}}{\text{ml of sample}} \times 100$$

N base หมายถึง normality ของ NaOH
ml base หมายถึง จำนวน ml ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต
meq. wt. of malic acid = 0.067

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลการวิจัย

3.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ค่าความสว่าง (L) ของเปลือกมะม่วงมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 77 หลังจากนั้นค่า L ของทุกกรรมวิธีลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1a) โดยชุดควบคุมมีค่า L ของเปลือกลดลงเร็วกว่ามะม่วงที่จุ่มด้วยสารในทุกกรรมวิธี และแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 20 และ 25 ของการเก็บรักษา โดยการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟต (ASA+TSP) ทำให้ค่า L ของเปลือกสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

ค่าสีเหลือง (b) ของเปลือกมะม่วงชุดควบคุมลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 10 ในขณะที่มะม่วงทุกกรรมวิธีที่จุ่มสาร ค่า b ลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 5 ถึงวันที่ 10 (Figure 1b) และพบความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้น ค่า b ของชุดควบคุมแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นในวันที่ 20 และ 25 ของการเก็บรักษา โดยการใช้ ASA+TSP สามารถรักษาสีเหลืองของเปลือกได้ดีที่สุด รองลงมาคือการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกและไตรโซเดียมฟอสเฟต ตามลำดับ

ค่ามุมสี (h°) ของเปลือกมะม่วงอยู่ในช่วง 76.15-87.16 องศา ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเฉดสีเหลือง จากการศึกษาพบว่าค่า h° ของเปลือกมะม่วงทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการเก็บรักษา (Figure 1c) โดยกรรมวิธีที่มีการใช้ ASA+TSP สามารถรักษาค่ามุมของการเป็นสีเหลืองไว้ได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกและไตรโซเดียมฟอสเฟต ตามลำดับ ซึ่งในทุกกรรมวิธีที่มีการใช้สารมีค่า h° สูงกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 20 และ 25 ของการเก็บรักษา

ค่าความเข้มสี (C) ของเปลือกมะม่วง พบว่ามะม่วงชุดควบคุมมีค่า C ลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 5 ในขณะที่มะม่วงทุกกรรมวิธีที่มีการใช้สารมีค่า C ลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 10 (Figure 1d) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การใช้ ASA+TSP สามารถรักษาความเข้มของสีผลไว้ได้ดีที่สุด โดยมีค่า C เฉลี่ยเท่ากับ 32.74 ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่มีค่า C เฉลี่ยเท่ากับ 28.63 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

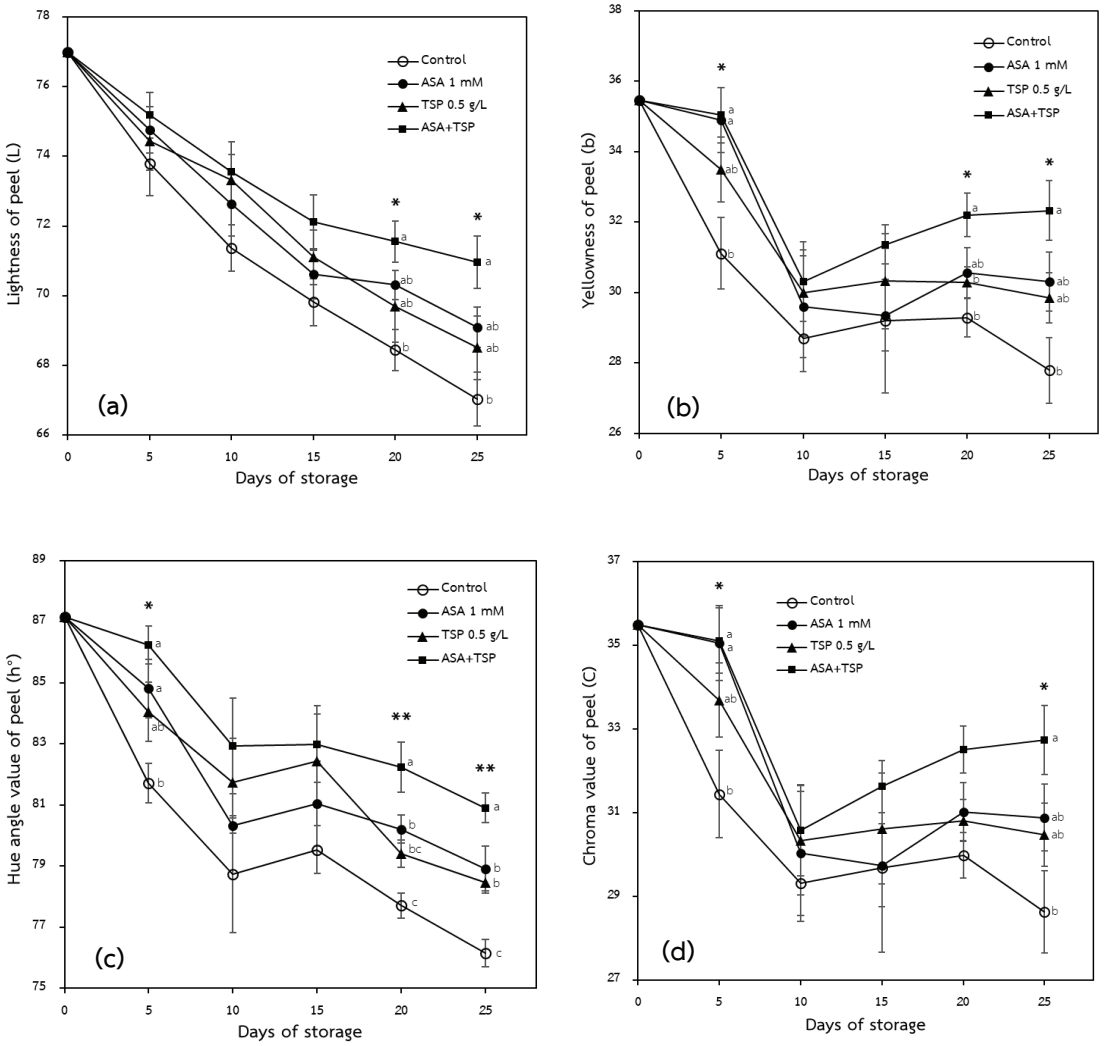

Figure 1 Effect of acetylsalicylic acid, trisodium phosphate and their combinations treatments on L (a), b (b), hue angle (c) and chroma (d) values of mango fruit peels storage at 6±2 °C for 25 days. Vertical bars represent the standard errors. * means are significantly different at p≤0.05 and ** means are significantly different at p≤0.01.

3.2 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

ค่าความสว่าง (L) ของเนื้อมะม่วงในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการเก็บรักษา (Figure 2a) โดยพบความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 10 และ 25 ของการเก็บรักษา เนื่องจากการใช้ ASA+TSP สามารถรักษาค่าความสว่างของเนื้อไว้ได้ ส่งผลให้มีค่า L เฉลี่ยเท่ากับ 77.90 และ 76.35 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ามะม่วงชุดควบคุมที่มีค่า L เฉลี่ยเท่ากับ 74.66 และ 73.33 ตามลำดับ

ค่าสีเหลือง (b) ของเนื้อมะม่วงในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการเก็บรักษา (Figure 2b) โดยพบว่าการใช้ ASA+TSP สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า b ได้ ในขณะที่ชุดควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของค่า b อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทาง

สถิติในวันที่ 5 และ 25 ของการเก็บรักษา ซึ่งมะม่วงที่มีการใช้ ASA+TSP มีค่า b เฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 23.13 และ 23.54 ตามลำดับ ส่วนมะม่วงชุดควบคุมมีค่า b เฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 27.53 และ 29.55 ตามลำดับ

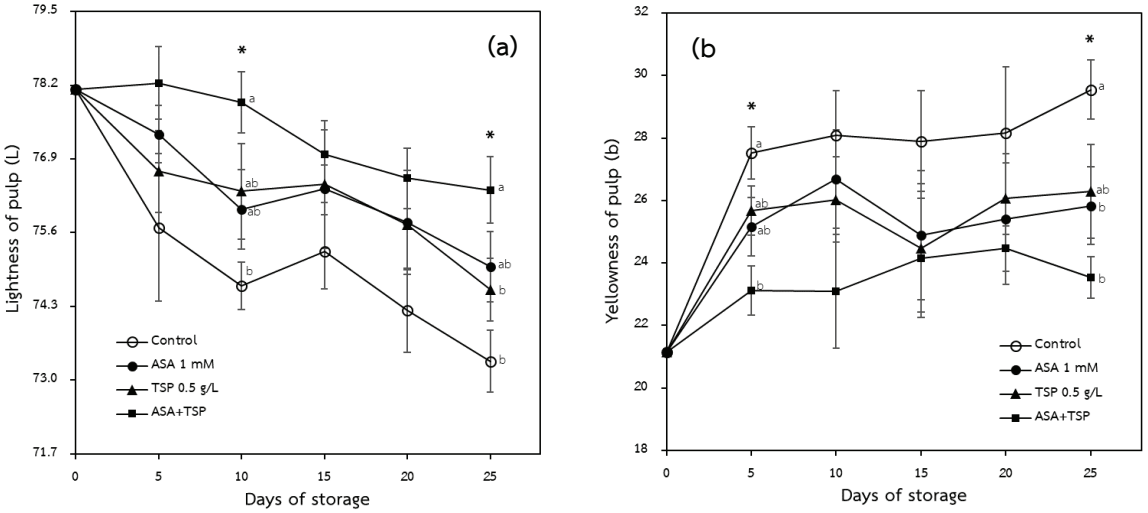

Figure 2 Effect of acetylsalicylic acid, trisodium phosphate and their combinations treatments on L (a) and b (b) values of pulp mango fruits storage at 6±2 °C for 25 days. Vertical bars represent the standard errors. * means are significantly different at p≤0.05.

3.3 ปริมาณแคโรทีนอยด์

เปลือกมะม่วงทุกกรรมวิธีที่จุ่มสาร มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่มะม่วงชุดควบคุมมีค่าลดลงต่ำที่สุดในวันที่ 10 แต่กลับเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (Figure 3) โดยในช่วงแรกของการเก็บรักษาไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา การใช้ ASA+TSP มีปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ยเท่ากับ 123.75 µg/g ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 80 µg/g นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 25 ของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 160.75 µg/g รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่มีการใช้ ASA+TSP มีค่าเท่ากับ 142 µg/g ส่วนการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกและไตรโซเดียมฟอสเฟตมีค่าเท่ากับ 132 และ 118.75 µg/g ตามลำดับ

3.4 ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของมะม่วงทุกกรรมวิธีลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4) โดยมะม่วงทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 5 และ 10 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ และพบความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 20 และ 25 เนื่องจากมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วอีกครั้ง แต่ในทุกกรรมวิธีที่มีการใช้สารสามารถรักษาความแน่นเนื้อของมะม่วงไว้ได้ โดยการใช้ ASA+TSP เป็นกรรมวิธีที่ทำให้มะม่วงมีความแน่นเนื้อเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.32 และ 3.32 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 3.14 และ 2.94 ตามลำดับ

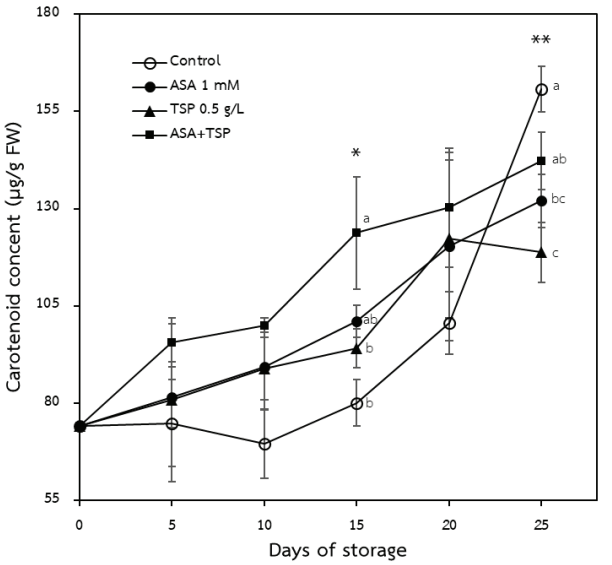

Figure 3 Effect of acetylsalicylic acid, trisodium phosphate and their combinations treatments on carotenoid content of mango fruit peels storage at 6±2 °C for 25 days. Vertical bars represent the standard errors. * mean are significantly different at p≤0.05 and ** mean are significantly different at p≤0.01.

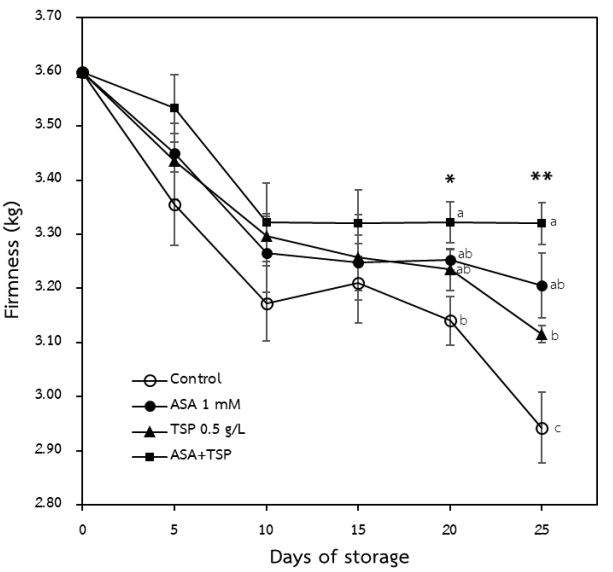

Figure 4 Effect of acetylsalicylic acid, trisodium phosphate and their combinations treatments on firmness of mango fruits storage at 6±2 °C for 25 days. Vertical bars represent the standard errors. * mean are significantly different at p≤0.05 and ** mean are significantly different at p≤0.01.

3.5 การเปลี่ยนแปลงรสชาติ

มะม่วงในทุกกรรมวิธีมีอัตราส่วน TSS/TA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 5) ซึ่งพบว่ามะม่วงชุดควบคุมมีอัตราส่วน TSS/TA สูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ทุกกรรมวิธีที่มีการใช้สารสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน TSS/TA ได้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 15 20 และ 25 ของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีอัตราส่วน TSS/TA เฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 16.58 19.27 และ 22.20 ตามลำดับ ส่วนการใช้ ASA+TSP มีอัตราส่วน TSS/TA เฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 12.49 13.70 และ 14.54 ตามลำดับ

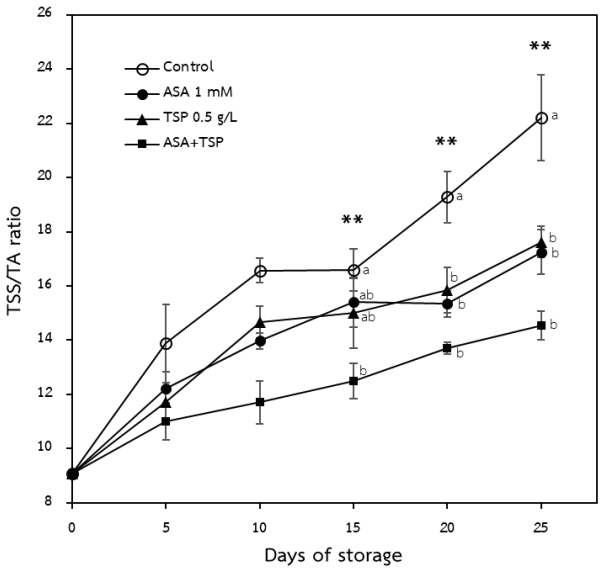

Figure 5 Effect of acetylsalicylic acid, trisodium phosphate and their combinations treatments on TSS/TA ratio of mango fruits storage at 6±2 °C for 25 days. Vertical bars represent the standard errors. ** means are significantly different at p≤0.01.

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

สีของผลไม้เป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดคุณภาพ ความสามารถทางการตลาด และการยอมรับของผู้บริโภค โดยเฉพาะผลไม้ที่ต้องบริโภคแบบผลสด [22] มะม่วงโดยทั่วไปจะมีสีผลเป็นสีเขียว สีเหลือง และสีแดง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งแคโรทีนอยด์และแอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุสำคัญที่ทำให้ผลไม้มีสีเหลืองหรือสีแดง [23] สำหรับมะม่วง มักใช้สีเปลือกเป็นตัวบ่งชี้ระยะการสุกของผล โดยทั่วไปแล้วสีเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองหรือเหลืองส้มหรือแดงอมชมพู แต่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นพันธุ์ที่มีสีเหลืองชัดตั้งแต่ระยะผลอ่อนแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองเมื่อสุกเต็มที่ [24] ดังนั้นแคโรทีนอยด์จึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเปลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองตั้งแต่ระยะผลดิบจนถึงผลสุก นอกจากการบ่งชี้ระยะการสุกแล้วนั้น แคโรทีนอยด์ยังถือว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในผลไม้ โดยทำหน้าที่เป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระ และช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระควบคู่ไปกับสารประกอบอื่นๆ เช่น สารประกอบฟีนอล โทโคฟีรอล วิตามิน และคาเทชิน [25] จากการเก็บรักษามะม่วงที่อุณภูมิต่ำ (6±2 องศาเซลเซียส) ทำให้มะม่วงแสดงความเครียดออกมาในลักษณะของเปลือกสีน้ำตาลคล้ำ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำ

มีผลกระทบต่อเยื่อหุ้มเซลล์เป็นหลัก โดยความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์จะส่งผลให้กระบวนการเมตาบอลิซึมถูกรบกวน สารสำคัญรั่วไหลสู่ภายนอก เกิดการสะสมอนุมูลอิสระมากเกินไป (Reactive oxygen species; ROS) ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์หยุดทำงานและเซลล์ตายในท้ายที่สุด [26] ดังนั้นเปลือกมะม่วงในทุกกรรมวิธีจึงมีค่าความสว่าง (L) ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1a) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความเข้ม (C) ของสีเปลือกที่พบว่าสีเปลือกมีความอิ่มตัวต่ำ หรือที่เรียกว่าสีตุ่น (Figure 1d) นอกจากนี้อาการจากความเครียดดังกล่าวยังไปบดบังความเป็นสีเหลืองของผลมะม่วงอีกด้วย ส่งผลให้มะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า b และ h° ที่บ่งชี้ถึงความเป็นสีเหลือง ลดน้อยลงตามระยะเวลาที่ได้รับความเครียด (Figure 1b and 1c) โดยพบว่าการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ อาจเกิดจากการใช้สารร่วมกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้มะม่วงปรับตัวและทนทานต่อความเครียดอุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น จึงลดความรุนแรงของอาการเปลือกสีน้ำตาลคล้ำได้มากกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ge et al. (2020) [18] ที่พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟต สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้พริกหวานทนทานต่อความเครียดอุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น โดยกรดซาลิไซลิกเป็นอนุพันธ์เดียวกันกับกรดอะซิทิลซาลิไซลิก ที่มีคุณสมบัติและการทำงานเหมือนกัน สำหรับปริมาณแคโรทีนอยด์ ในวันที่ 5 ถึง 20 พบว่าการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าชุดควบคุม (Figure 3) อาจเกิดจากคุณสมบัติของสารทั้ง 2 ชนิด ที่ช่วยรักษาสารสำคัญต่างๆ ให้มีการสะสมภายในเซลล์ เช่น กรดอะซิทิลซาลิไซลิกช่วยรักษาสารประกอบฟีนอลในทับทิม [27] และไตรโซเดียมฟอสเฟตช่วยรักษาปริมาณโพรลีนในพริกหวาน [18] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า การใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตช่วยรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระให้มีการสะสมภายในเปลือกมากขึ้น ส่วนในวันที่ 25 พบว่ามะม่วงชุดควบคุมมีการสุกเกิดขึ้น ทำให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างรวดเร็ว

สำหรับสีเนื้อของมะม่วง ในระยะผลดิบจะมีสีชีดหรือเหลืองชีดและเมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่เต็มที่ สีเนื้อจะเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองหรือสีส้ม โดยสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากในระหว่างการสุกมีการพัฒนารงควัตถุชนิดแคโรทีนอยด์ภายในเนื้อของมะม่วง [28] สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่พบว่าเนื้อมะม่วงมีสีเหลืองชีดในช่วงแรกของการเก็บรักษา จึงทำให้มีค่าความสว่าง (L) สูง รวมทั้งค่าความเป็นสีเหลือง (b) ต่ำ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น พบว่าเนื้อมะม่วงเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองเข้ม ส่งผลให้มีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งค่าความสว่างที่ลดน้อยลงตามไปด้วย (Figure 2a and 2b) โดยการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตสามารถรักษาค่าความสว่างและชะลอการเพิ่มขึ้นของสีเหลืองในเนื้อมะม่วงได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกและไตรโซเดียมฟอสเฟต ตามลำดับ

การพัฒนาของผลไม้เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผลไม้เกิดการอ่อนนุ่ม โดยเกิดจากองค์ประกอบภายในผนังเซลล์มีการสลายตัว ทั้งเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกติน และโปรตีน นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมของเอนไซม์ที่เข้าไปกระตุ้นให้ผนังเซลล์เกิดการสลายตัวมากขึ้น จึงเกิดการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลไม้อย่างต่อเนื่อง [29, 30] นอกจากนี้ ความเครียดจากอุณหภูมิต่ำยังเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้เนื้อเยื่อของผลไม้เกิดความเสียหาย เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลง โดยมีการสะสมกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากขึ้น จนเกิดการเปลี่ยนสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์จากของเหลว (liquid crystalline) เป็นเจลแข็ง (solid gel) ซึ่งเจลแข็งเกิดจากการสลายตัวของพอลิเมอร์เพคตินที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างเซลล์ [31] จากการศึกษาพบว่า ความแน่นเนื้อของมะม่วงในทุกกรรมวิธีลดลงอย่างต่อเนื่อง (Figure 4) แต่การใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิก

ร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตสามารถรักษาความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ อาจเกิดจากคุณสมบัติของสารที่ช่วยลดความรุนแรงของความเครียดที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชุดควบคุม และรักษาความแน่นเนื้อของมะม่วงไว้ได้

สารตั้งต้นของกระบวนการหายใจที่สำคัญของผลไม้ส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรตและกรดอินทรีย์ [32] ซึ่งในระหว่างการพัฒนาของผลไม้ พบว่าปริมาณกรดอินทรีย์มักจะแปรผกผันกับปริมาณน้ำตาล โดยเมื่อผลไม้สุก ปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการสลายตัวของแป้งจะมีการสะสมมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดอินทรีย์จะลดลงอย่างต่อเนื่อง [33] จากการคำนวณอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาล (TSS) ต่อปริมาณกรด (TA) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่าในทุกกรรมวิธีมีอัตราส่วน TSS/TA เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Figure 5) เป็นผลจากการมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น สวนทางกับปริมาณกรดที่ลดน้อยลง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปของมะม่วงที่จะมีรสชาติหวานมากเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาของผล โดยในทุกกรรมวิธีที่มีการใช้สารพบว่าสามารถชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงรสชาติของมะม่วงได้ ทำให้มะม่วงมีรสชาติหวานช้ากว่าชุดควบคุม

จากพารามิเตอร์สีเนื้อและรสชาติ พบว่าการใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อและรสชาติได้ อาจเกิดจากคุณสมบัติของสารทั้ง 2 ชนิด ที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของผลิตผล เช่น กรดอะซิทิลซาลิไซลิกชะลอการผลิตเอทิลีนในผลกีวี่ [16] และไตรโซเดียมฟอสเฟตชะลออัตราการหายใจและการสลายตัวของน้ำตาลในผลพุทรา [19] ซึ่งคุณสมบัติของสารดังกล่าวเป็นการชะลอกระบวนการสำคัญที่จะส่งผลต่อการสุกและการเสื่อมสภาพของผลไม้ ดังนั้น การใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟตจึงอาจเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้มีการพัฒนาของผลช้าลง ทำให้สีเนื้อและรสชาติของมะม่วงเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

5. สรุปผลการวิจัย

การใช้กรดอะซิทิลซาลิไซลิกร่วมกับไตรโซเดียมฟอสเฟต สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ดีกว่าการเลือกใช้สารชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียว โดยจะไปช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (L, b, h° and C value) และสีเนื้อ (L and b value) รักษาปริมาณแคโรทีนอยด์และความแน่นเนื้อได้ พร้อมทั้งชะลอการเปลี่ยนแปลงรสชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา ที่ได้กรุณาให้คำสอน ข้อคิด ข้อแนะนำ ส่งเสริมและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

7. References

[1] Muenthaisong, K., Raksong, S. and Wongsahai, E., 2021, The Potential and Competitive Strategic Analysis of Thai Golden Nam Dok Mai Mango for the Japanese Export Market, European Conference on Research Methodology for Business and Management Studies, Kidmore End, England, 149 p.

[2] FAOSTAT, Rankings of Top 10 Country Export Quantity of Mangoes, Guavas and Mangosteens 2020, Available Source: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports, October 27, 2022.

[3] Office of Agricultural Economics, Export Statistics, Available Source: http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2562&E_YEAR=2564&PRODUCT_

GROUP=5252&PRODUCT_ID=4985&wf_search=&WF_SEARCH=Y, November 30, 2022.

[4] Rimkeeree, K. and Charoenrein, S., 2014, Effect of cultivar and ripening stage on quality and microstructure of frozen mangoes (*Mangifera indica* Linn), Int. J. Food Prop. 17: 1093-1108.

[5] Aung, Y.L., Lorjaroenphon, Y., Rumpagaporn, P., Sae-tan, S. and Jom, K.N., 2021, Comparative investigation of combined metabolomics-flavoromics during the ripening of mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Nam Dok Mai Si Thong' and 'Nam Dok Mai No. 4', Plant J. 10: 1-16.

[6] Islam, B., Rab, A., Shah, F. and Ali, A., 2018, Chilling injury and physico-chemical attributes of mango fruit influenced by low temperature storage, The J. Anim. Plant Sci. 28(3): 761-769.

[7] Rooban, R., Shanmugam, M., Venkatesan, T. and Tamilmani, C., 2016, Physiochemical changes during different stages of fruit ripening of climacteric fruit of mango (*Mangifera indica* L.) and non-climacteric of fruit cashew apple (*Anacardium occidentale* L.), J. Appl. Adv. Res. 1(2): 53-58.

[8] Hoque, M.I., Chowhan, S. and Kamruzzaman, M., 2017, Physiological changes and shelf life of mango (*Mangifera indica* l.) influenced by post-harvest treatments, SAARC J. Agri. 15(2): 219-226.

[9] Alam, S.M.K., Rahman, M.A., Reza, M.H., Amin, M.N. and Hussen, M.A.M., 2019, Postharvest loss assessment of mango at different stages of supply chain through traditional and improved handling practices, Adv. Plants Agric. Res. 9(3): 384-388.

[10] Bokhary, S.U., Wang, L., Zheng, Y. and Jin, P., 2020, Pre-storage hot water treatment enhances chilling tolerance of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) squash by regulating arginine metabolism, Postharvest Biol. Technol. 166: 1-10.

[11] Endo, H., Miyazaki, K., Ose, K. and Imahori, Y., 2019, Hot water treatment to alleviate chilling injury and enhance ascorbate-glutathione cycle in sweet pepper fruit during postharvest cold storage, Sci. Hortic. 257: 1-10.

[12] Rudcharate, T., Kumpoun, W. and Jaroenkit, T., 2013, Production and postharvest technology, Wanida Karnpim Ltd., Chiang Mai, 836 p. (in Thai)

[13] Raskin, I., 1992, Role of salicylic acid in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 439-463.

[14] Soliman, M.H., Alayafi, A.A.M., Kelish, A.A.E. and Abu-Elsaoud, A.M., 2018, Acetylsalicylic acid enhance tolerance of *Phaseolus vulgaris* L. to chilling stress, improving photosynthesis, antioxidants and expression of cold stress responsive genes, Bot. Stud. 59(6): 1-17.

[15] Cai, C., Li, X. and Chen, K., 2006, Acetylsalicylic acid alleviates chilling injury of postharvest loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit, Eur. Food Res. Technol. 223: 533-539.

[16] Yu, Z., Qing-Jun, C., Shang-Long, Z. and Yi-Ping, R., 2003, Effect of acetylsalisylic

acid (ASA) and ethylene treatments on ripening and softening of postharvest kiwifruit, Acta Bot. Sin. 45(12): 1447-1452.

[17] The Food Safety and Inspection Service in the U.S. Department of Agriculture (USDA-FSIS), Safe and Suitable ingredients used in the production of meat, poultry and egg products, Available Source: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-09/7120.1_table_2.pdf, October 27, 2022.

[18] Ge, W., Zhao, Y., Kong, X., Sun, H., Luo, M., Yao, M., Wei, B. and Ji, S., 2020, Combining salicylic acid and trisodium phosphate alleviates chilling injury in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) through enhancing fatty-acid desaturation efficiency and water retention, Food Chem. 327: 1-10.

[19] Zhang, J., Li, C., Wei, M., Ge, Y., Tang, Q., Xue, W., Zhang, S., Wang, W. and Lv, J., 2019, Effects of trisodium phosphate treatment after harvest on storage quality and sucrose metabolism in jujube fruit, J. Sci. Food Agric. 99(12): 5526-5532.

[20] Arnon, D.I., 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiol. 24: 1-15.

[21] Association of Official Analysis Chemists (AOAC), 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th Edited. Inc. Arlington, Virginia: USA.

[22] Lado, J., Gambetta, G. and Zacarias, L., 2018, Key determinants of citrus fruit quality: metabolites and main changes during maturation, Sci. Hortic. 233: 238-248.

[23] Luo, F., Cheng, S., Cai, J., Wei, B., Zhou, X., Zhou, Q., Zhao, Y. and Ji, S., 2019, Chlorophyll degradation and carotenoid biosynthetic pathways: gene expression and pigment content in broccoli during yellowing, Food Chem. 297: 1-9.

[24] Penchaiya, P. and Tijskens, L.M.M., 2015, Assessing the peel colour behaviour of mango 'Nam Dok Mai See Thong' during cool storage, Acta Hortic. 1154: 207-212.

[25] Rodriguez-Amaya, D.B., 2019, Update on natural food pigments-a minireview on carotenoids, anthocyanins, and betalains, Food Res. Int. 124: 200-205.

[26] Liang, S., Kuang, J., Ji, S., Chen, Q., Deng, W., Min, T., Shan, W., Chen, J. and Lu, W., 2020, The membrane lipid metabolism in horticultural products suffering chilling injury, Food Qual. Saf. 4: 9-14.

[27] Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Díaz-Mula, H.M. and Serrano, M., 2011, Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates, Postharvest Biol. Technol. 60: 136-142.

[28] Rathore, H.A., Masud, T., Sammi, S. and Soomro, A.H., 2007, Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of mango (*Mangifera Indica* L.) variety dosehari, Pak. J. Nutr. 6(2): 143-148.

[29] Ghai, K., Gupta, P.K. and Gupta, A.K., 2016, Physiochemical behavior changes during ripening in fruits of *Trewia nudiflora* Linn, Perspect. Sci. 8: 596-598.

[30] Payasi, A., Mishra, N.N., Chaves, A.L.S. and Singh, R., 2009, Biochemistry of fruit softening : an overview, Physiol. Mol. Biol. Plants 15(2): 103-113.

[31] Nasr, F., Razavi, F., Rabiei, V., Gohari, G., Ali, S. and Hano, C., 2022, Attenuation of chilling injury and improving antioxidant capacity of persimmon fruit by arginine application, Foods 11(16): 1-14.

[32] Gundewadi, G., Reddy, V.R. and Bhimappa, B.B., 2018, Physiological and biochemical basis of fruit development and ripening - a review, J. Hill Agric. 9(1): 7-21.

[33] Seymour, G.B., Østergaard, L., Chapman, N.H., Knapp, S. and Martin, C., 2013, Fruit development and ripening, Annu. Rev. Plant Biol. 64: 11.1-11.23.