ผลของสาร 1-เมทิลไซโคลโพรพีนต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง

Effects of 1-Methylcyclopropene to Atemoya Fruits (Annona atemoya Hort. cv. Petchpakchong) Postharvest Quality

มยุรา ล้านไชย*, จิตตา สาตร์เพ็ชร์ และโสภิดา ศรีวิลัยวรรณ

ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

คนึงนิจ บุศราคำ

ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศ

ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ธวัชชัย บุญกลาง

สำนักงานเกษตรอำเภอวังน้อย

Mayura Lanchai*, Chitta Sarpetch and Sopida Sriwilaiwan

Expert Center of Innovative Agriculture (InnoAg), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) Technopolis

Kanungnid Busarakum

Biodiversity Research Centre (BRC), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR)

Thunya Taychasinpitak

Department of Horticulture, Facuity of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus

Tawatchai Boonklang

Wang Noi District Agriculture Office,

Received: January 26, 2021; Accepted: March 15, 2021

**Corresponding author: mayura_l@tistr.or.th*

บทคัดย่อ

น้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง (*Annona atemoya* Hort. cv. Petchpakchong) เป็นผลไม้เขตร้อนที่นิยมบริโภค เนื่องด้วยมีรสชาติหวาน กลิ่นหอม และมีเมล็ดน้อย อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัด ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น จากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของผลหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการยืดอายุเก็บรักษาผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องหลังการเก็บเกี่ยวที่มีอายุผล 110-120 วันหลังดอกบาน โดยการรมสาร 1-เมทิลไซโคลโพรพีน (1-MCP) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1,000, 2,000 และ 4,000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70±5 พบว่าผลน้อยหน่าที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าชุดควบคุม โดยผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องที่ผ่านการรมสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppb มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคดีที่สุด อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผล การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ รวมถึงอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา

คำสำคัญ : น้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง; สาร 1-เมทิลไซโคลโพรพีน; อายุการเก็บรักษา; คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

Abstract

Petchpakchong sugar apple (*Annona atemoya* Hort. cv. Petchpakchong) is a favorable tropical fruit due to its flavor, luscious-odor and taste, and fewer seeds, albeit its short shelf life which is according to rapid physiological changes. In this study, 1-MCP was applied to petchpakchong sugar apples, which were harvested after flowering 110-120 days, for shelf life-prolonging. The sugar apples were fumigated in a range concentration of 1-MCP including 0, 1,000, 2,000, and 4,000 ppb, prior kept at 25±2 ^{o} C and 70±5 % RH. The results presented that 1-MCP could be enhanced and prolong the shelf life of petchpakchong sugar apple without abnormal symptoms. The Fruit qualities at 2,000 ppb of 1-MCP were the most accepted by the consumer. However, peel color changes, weight loss, total soluble solids, titration acidity, respiratory rate, and ethylene production were congruence-increased to the fruit's maturity.

Keywords: *Annona atemoya* Hort. cv. Petchpakchong; 1-methylcyclopropene (1-MCP); shelf life; postharvest quality

1. บทนำ

น้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง (*Annona atemoya* Hort. cv. Petchpakchong) เป็นพันธุ์ปลูกที่พัฒนาจากการผสมระหว่างเชอริมัวย่ากับน้อยหน่าพันธุ์หนังครั่งเป็นพันธุ์พ่อ (ลำดับต้น 102) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงในสถานีวิจัยปากช่อง และขึ้นทะเบียนเป็นพันธุ์พืชของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปัจจุบันจัดเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเนื่องจากเป็นไม้ผลที่มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในเขตร้อน อีกทั้งยังทำรายได้สูงให้กับเกษตรกรในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ลักษณะเด่นของพันธุ์คือ มีผล

ขนาดใหญ่ เนื้อเหนียวคล้ายน้อยหน่าหนัง ผลไม่แตกเมื่อแก่หรือสุก เมล็ดน้อย รสชาติหอมหวาน และมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 4.7 วัน นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการหลายประการ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต วิตามินซี ฯลฯ (Komkhuntod and Lichanporn, 2007) จากสถานการณ์การปลูกน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องในปี พ.ศ. 2561 พบว่า มีจำนวนเนื้อที่ปลูกทั้งหมด 35,519 ไร่ โดยกว่า 22,834 ไร่ เป็นเนื้อที่ปลูกในเขตจังหวัดนครราชสีมา (*Department of Agricultural extension, 2019*) อย่างไรก็ตามมูลค่าการส่งออกของน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น เนื่องจากมีปริมาณผลผลิตในแต่ละปีไม่สม่ำเสมอจากสภาพอากาศที่ผันแปรในแต่ละปี ประกอบกับข้อจำกัดในการเก็บรักษาผลหลังการเก็บเกี่ยว ลักษณะของผลน้อยหน่าเป็นผลไม้ที่มีผิวผลบางและมีการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลค่อนข้างรวดเร็ว ทำให้มูลค่าของผลลดลงรวมทั้งกระบวนการสุก และการนิ่มของผลเป็นอุปสรรคต่อการขนส่ง ดังนั้นการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยืดอายุ หรือชะลอการสุกทำให้อายุการวางขายในท้องตลาด รวมทั้งการส่งออกไปยังประเทศต่างๆ ได้นานขึ้น (Oumsomniang, 2005) น้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องถูกจำแนกเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการสุกอย่างรวดเร็ว จากการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอทิลีน ภายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการควบคุมอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนหลังการเก็บเกี่ยว จึงเป็นหลักสำคัญสำหรับการยืดอายุผลิตผลการเกษตรประเภท climacteric ซึ่งสามารถชะลอกระบวนการสุก ทำให้มีระยะเวลาการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้น ในปัจจุบันนิยมใช้สาร 1-เมทิลไซโคลโพรพีน (1-MCP) ซึ่งเป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับก๊าซเอทิลีน และมีความสามารถในการแย่งจับกับตัวรับเอทิลีน (ethylene receptor) ส่งผลให้สามารถชะลอหรือยับยั้งกลไกการสุกของผลไม้ (Siriphanich, 2006) การศึกษาประสิทธิภาพการยืดอายุผลิตผลทางการเกษตรของสารดังกล่าว ได้แก่ การทดลองของ Sudsane *et al.* (2016) รายงานว่าสาร 1-MCP มีผลต่อคุณภาพของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว และสามารถยับยั้งการผลิตเอทิลีนและลดอัตราการหายใจของกล้วย ในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม สำหรับการใช้สาร 1-MCP ในการชะลอกระบวนการสุกของกล้วย (Zhu *et al.,* 2020) พบว่าสามารถชะลอการนุ่มของเนื้อผล ลดอัตราการหายใจและการผลิต เอทิลีน ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น โดยหากเลือกใช้ระดับความเข้มข้นของสาร 1-MCP ที่เหมาะสมจะสามารถยืดอายุรวมทั้งคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยได้ (Song *et al.,* 2020) นอกจากการใช้สาร 1-MCP ในผลไม้แล้ว ในการยืดอายุการเก็บรักษาพริกหวาน สาร 1-MCP สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางสีผิวผลทำให้มีอายุการวางจำหน่ายยาวนานยิ่งขึ้น (Du *et al.,* 2021) รวมถึงการรมสาร 1-MCP ในมะม่วงที่ระดับความเข้มข้น 500 ppb ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 33 วัน (Rojanapatrakun and Kanlayanarat, 2002) โดยสาร 1-MCP มีประสิทธิภาพยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางชีวเคมีภายในผล อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน อัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรด รวมทั้งกระบวนการสลายของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงได้ศึกษาช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่มีอายุผลระหว่าง 110-120 วันหลังดอกบานร่วมกับการรมสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการ

เก็บรักษาของผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง

2. วิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องจากแปลงของเกษตรกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ที่มีอายุผลระหว่าง 110-120 วันหลังดอกบาน จากนั้นบรรจุผลน้อยหน่าลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ ทำความสะอาดผิวน้อยหน่า แล้วนำมารมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1,000, 2,000 และ 4,000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำผลน้อยหน่าวางไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75±5 บันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 วัน และทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี และสรีรวิทยาของผลน้อยหน่า ดังนี้

2.1 การสูญเสียน้ำหนักสด นำผลน้อยหน่ามาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนเก็บรักษา และหลังการเก็บรักษาทุกๆ 2 วัน จากนั้นนำน้ำหนักที่ได้ มาคำนวณหาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด โดยคำนวณตามสมการ

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนัก ณ วันที่ตรวจผล}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

2.2 การเปลี่ยนแปลงสีผิวผล โดยวัดสีจากเปลือกผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง 3 จุด ได้แก่ ใกล้ขั้วผล กลางผล และปลายผล ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter รุ่น CR-400 รายงานผลเป็นค่า L*, C* และ h° ดังนี้

2.2.1 ค่า L* คือ Lightness เป็นค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

L* มีค่าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยจนเป็นสีดำ

L* เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างสว่างมากจนเป็นสีขาว

2.2.2 ค่า C* คือ Chroma เป็นค่าแสดงถึงความเข้มของสี

C* มีค่าเข้าใกล้ศูนย์หมายถึงวัตถุมีความเข้มสีต่ำลงจนเป็นสีเทา

C* มีค่าเพิ่มขึ้นหมายถึงวัตถุมีความเข้มสีเพิ่มมากขึ้น

2.2.3 ค่า h° คือ Hue angle เป็นค่าแสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 360 องศา Hue angle แต่ละช่วงองศาแสดงสีแตกต่างกัน ดังนี้

0 - 45 °C แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง

90 - 135 °C แสดงสีเหลืองถึงเหลืองเขียว

180 - 225 °C แสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงิน

270 - 315 °C แสดงสีน้ำเงินถึงม่วง

45 - 90 °C แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง

135 - 180 °C แสดงสีเหลืองเขียวถึงเขียว

225 - 270 °C แสดงสีน้ำเงินเขียวถึงน้ำเงิน

315 - 360 °C แสดงสีม่วงถึงม่วงแดง

2.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ สุ่มผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องจำนวน 3 ผล ในแต่ละซ้ำ ทำการวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยวางหัววัดให้ตั้งฉากกับผลิตผล ที่ทำการวัดค่า และตั้งระยะทางให้หัวกดทะลุเข้าไปในเนื้อผลผลิตเท่ากับ 20 มิลลิเมตร บันทึกผล ณ จุดยอดของกราฟและรายงานผลเป็นหน่วยของนิวตัน (N)

2.4 การยอมรับของผู้บริโภคโดยการประเมินด้วยสายตา ทำการประเมินจากลักษณะภายนอกจากการสังเกตสี ลักษณะผิวผล รอยตำหนิ และบาดแผล โดยมีมาตรฐานการให้คะแนน (Figure 1)

คะแนน 5 = ผลน้อยหน่ามีผิวสีเขียวนวล ไม่มีรอยตำหนิและบาดแผล

คะแนน 4 = ผลน้อยหน่ามีผิวสีเขียว มีรอยตำหนิและบาดแผลไม่เกินร้อยละ 10

คะแนน 3 = ผลน้อยหน่ามีผิวเริ่มคล้ำ มีรอยตำหนิและบาดแผลไม่เกินร้อยละ 25

คะแนน 2 = ผลน้อยหน่ามีผิวคล้ำ มีรอยตำหนิและบาดแผลไม่เกินร้อยละ 50

คะแนน 1 = ผลน้อยหน่ามีผิวที่ไม่ยอมรับ มีรอยตำหนิ บาดแผลมากกว่าร้อยละ 50

2.5 อายุการเก็บรักษา สังเกตการเสื่อมสภาพของผลน้อยหน่าจากการประเมินด้วยสายตา

2.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity; TA) โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างคือ สุ่มผลน้อยหน่าจำนวน 3 ผล แยกเปลือกและเมล็ด จากนั้นนำเนื้อน้อยหน่าปริมาณ 50 กรัม ปั่นให้ละเอียด โดยใช้เครื่อง homogenizer เติมน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร จากนั้นใช้สำลีกรองน้ำใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.6.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) นำน้ำคั้นจากผลน้อยหน่าที่ผ่านการกรองหยดลงบนเครื่อง Digital brix refractometer แล้วอ่านค่า TSS มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

2.6.2 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) โดยนำน้ำคั้นจากผลน้อยหน่าที่ได้จากข้อ 6.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำใส่ในบีกเกอร์เติมน้ำกลั่นปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน จากนั้นหยดลงบนเครื่อง Digital brix refractometer แล้วอ่านค่าปริมาณกรดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

2.7 การทดสอบแป้งโดยวิธีไอโอดีน (Oumsomniang, 2005) นำผลน้อยหน่าผ่าครึ่ง หั่นเป็นแผ่นตามความยาวของผล หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร วางบนจานแก้ว (petri dish) หยดสารละลายไอโอดีน (I-KI) ให้ทั่วผลน้อยหน่า สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย บันทึกผลโดยมีมาตรฐานการให้คะแนน (Figure 2)

5 4 3 2 1

Figure 1 Consumer acceptability scores of Petchpakchong sugar apple from appearance

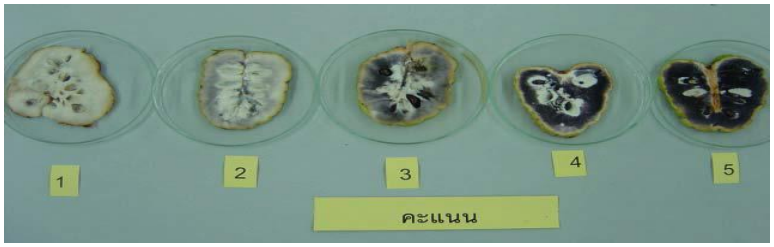

Figure 2 Starch grading testing of Petchpakchong sugar apple using iodine solution

คะแนน 5 = เกิดสีน้ำเงิน หรือดำเต็มแผ่น (100 เปอร์เซ็นต์)
คะแนน 4 = เกิดสีน้ำเงิน หรือดำจางลงเล็กน้อย (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของแผ่น)
คะแนน 3 = เกิดสีน้ำเงิน หรือดำ (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของแผ่น)
คะแนน 2 = เกิดสีน้ำเงิน หรือดำเล็กน้อย จางๆ
คะแนน 1 = ไม่เกิดสีน้ำเงิน หรือดำ

2.8 อัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอทิลีน นำผลน้อยหน่าพันธุ์ลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องมาชั่งน้ำหนักก่อนบรรจุลงในภาชนะที่มีปริมาตร 2.5 ลิตร ภาชนะละ 3 ผล เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดทำการเก็บตัวอย่างก๊าซด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดอากาศจากช่องว่างของภาชนะ นำไปวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่อง Gas chromatographs รุ่น GC-9A จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการหายใจ (CO_2) มีหน่วยเป็น CO_2 mg.CO_2/kg/hr. และอัตราการปลดปล่อยเอทิลีน (C_2H_4) มีหน่วยเป็น µl.C_2H_4/kg/hr.

2.9 การวิเคราะห์ผล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเก็บเกี่ยวผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องช่วงอายุผลระหว่าง 110-120 วันหลังดอกบาน ร่วมกับการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70±5 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ชีวเคมี และสรีรวิทยา ดังนี้

Table 1 Effect of 1-MCP range of concentration on Petchpakchong sugar apple quality, during storage at 25±2 ° C, 70±5 %RH for 7 and 9 days.

Concentrations of 1-MCP (ppb)	Shelf life (days)	Firmness (N)	Peel color changes			Total soluble solids (° Brix)	Titration acidity (%)	Starch grading testing (score)
			L*	C*	h°			
0	7[b]	1.51[b]	55.21[b]	23.17	90.78	18.00[a]	0.42[b]	2.33[a]
1,000	9[a]	3.20[a]	59.42[a]	26.81	101.78	16.92[ab]	0.48[a]	3.67[b]
2,000	9[a]	3.46[a]	60.17[a]	27.02	102.36	17.16[a]	0.51[a]	3.67[b]
4,000	9[a]	3.92[a]	58.81[a]	25.93	100.49	15.96[b]	0.32[c]	3.33[ab]
F-test	*	*	*	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	5.80	7.87	3.71	3.97	2.83	8.19	4.79	5.42

Different letters in row are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

การเก็บเกี่ยวผลน้อยหน่าช่วงอายุผลระหว่าง 110-120 วันหลังดอกบาน ร่วมกับการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,000 และ 4,000 ppb พบว่ามีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 9

วัน ส่วนผลน้อยหน่าที่ไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP (0 ppb) มีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน (Table 1 และ Figure 4) ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ความแน่นเนื้อ พบว่าผลน้อยหน่ามีความแน่นเนื้อลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยผลน้อยหน่าที่ทำการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 4,000 ppb มีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อน้อยที่สุด รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 2,000, 1,000 และ 0 ppb ตามลำดับ (Table 1) การที่ผิวผลน้อยหน่ามีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ซึ่งประกอบด้วยสารเพคติน (pectin) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำในระยะที่ผลไม้ยังไม่สุก แต่เมื่อผลไม้เริ่มสุกเพคตินที่ไม่ละลายน้ำจะมีปริมาณลดลง ทำให้เซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะแน่นในผลไม้ดิบกลับมาอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวมๆ ในผลไม้สุก (Ketsa, 1985)

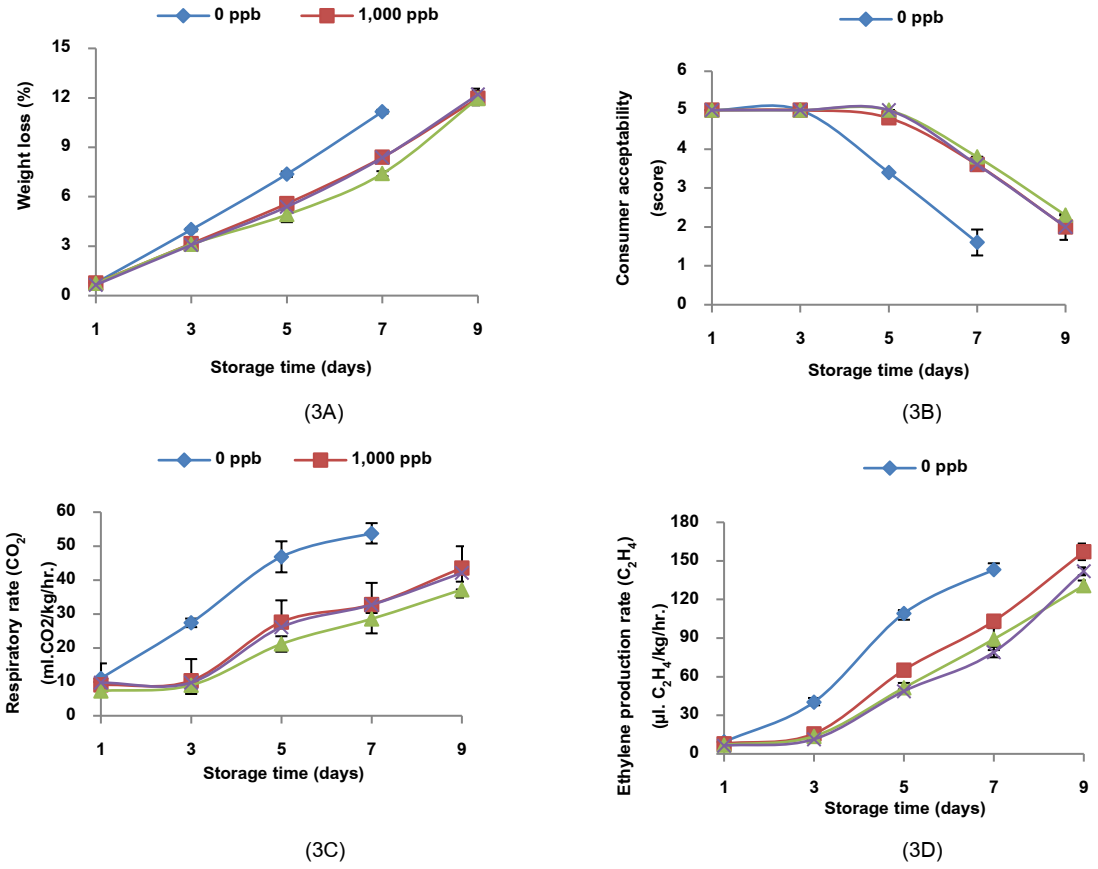

Figure 3 The effect of different 1-MCP concentrations on weight loss (3A), consumer acceptability (3B), respiratory rate (3C) and ethylene production rate (3D) of Petchpakchong sugar apples which stored at 25±2 ° C, 70±5 % RH for 7 and 9 days.

การเปลี่ยนแปลงสีผิวผล พบว่าค่า L* (ค่าความสว่าง) ของแต่ละทรีตเมนต์มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า L* อยู่ในช่วงระหว่าง 55.21 ถึง 60.17 สำหรับค่า C* (ค่าความเข้มของสี) และค่า h° (สีแท้จริงที่ปรากฏ) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยค่า C* อยู่ในช่วง

ระหว่าง 23.17 ถึง 27.02 และค่า h^{o} อยู่ในช่วงระหว่าง 90.78 ถึง 102.36 (Table 1) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลของน้อยหน่า จากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองเขียว มาจากการทำงานของเอทิลีนที่ไปกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ Dominguez and Vendrell (1993) กล่าวว่าการสลายตัวของคลอโรฟิลล์อยู่ภายในอิทธิพลของการผลิตภายในโดยผ่านตัวกลางในระบบที่มีเอนไซม์หลายชนิดของคลอโรฟิลล์เลส ที่ทำให้มีการสังเคราะห์เอนไซม์ใหม่ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสลายคลอโรฟิลล์อย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี เมื่อผลน้อยหน่ามีการสุกมากขึ้นความแน่นเนื้อจะลดลงโดยเกิดจากสารประกอบเพคติน (pectin compound) ซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่อยู่ในรูปโพรโตเพคติน (protopectin) ที่ไม่ละลายน้ำเปลี่ยนรูปไปเป็นเพคติน มีโมเลกุลขนาดเล็กลงและละลายน้ำได้ จึงทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และพบว่าทุกทรีตเมนต์มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างทางสถิติอย่าง มีนัยสำคัญ โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ อยู่ในช่วงระหว่าง 15.96 ถึง 18.00 องศาบริกซ์ (Table 1)โดยปกติผลไม้ที่สะสมอาหารไว้ในรูปแป้งหรือมีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น มะม่วง กล้วย ทุเรียน น้อยหน่า ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะเปลี่ยนอาหารสะสมในรูปแป้งไปเป็นน้ำตาล พบว่าใน ผลน้อยหน่าเมื่อผลสุกแล้วแป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลแทบทั้งหมด จึงทำให้น้อยหน่ามีรสชาติหวานขึ้น (Siriphanich, 2001) และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) พบว่าการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0 ppb มีค่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,000 และ 4,000 ppb ตามลำดับ พบว่ามีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงขึ้นในวันที่ 7 หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.48, 0.51 และ 0.32 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) โดยชนิดของกรดในผลน้อยหน่าส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดมาลิก (Paull *et al.*, 1983) ซึ่งผลน้อยหน่ามีรูปแบบการสะสมปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามอายุผลและเพิ่มจนถึงระดับสูงสุดขณะผลแก่จากนั้นปริมาณกรดจะลดลงในระหว่างกระบวนการสุก สำหรับการทดสอบปริมาณแป้งโดยวิธีไอโอดีน พบว่าปริมาณแป้งมีแนวโน้มลดลงตามจำนวนวันที่เก็บรักษา (Table 1) โดยทรีตเมนต์ที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP สามารถชะลอการลดลงของปริมาณแป้งได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในผลไม้ชนิดอื่นๆ ในสกุลน้อยหน่า เช่น ทุเรียนเทศ (Paull *et al.*, 1983) และเชอริมัวย่า (Plama *et al.*, 1993) ซึ่งการลดลงของกรดเกิดขึ้นพร้อมกับการลดลงของแป้งและการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล จึงทำให้ผลน้อยหน่ามีรสชาติหวานขึ้น (Simmond, 1966)

สำหรับการสูญเสียน้ำหนักสด พบว่าการเก็บรักษาโดยการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,000 และ 4,000 ppb เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (0 ppb) พบว่าทุกทรีตเมนต์มีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยทรีตเมนต์ที่ได้รับสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 2,000, 1,000และ 4,000 ppb มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก 11.96, 11.98 และ 12.20 ตามลำดับ มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 9 วัน ส่วนผลน้อยหน่าชุดควบคุม มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก 11.16 ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน (Figure 3A) ทั้งนี้การสูญเสียน้ำหนักสดเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในของผลิตผล โดยเฉพาะอัตราการหายใจ เนื่องจากเมื่อพืชเกิดการหายใจจะได้ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำ พลังงาน และความร้อน (Siriphanich, 2001) ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักสด

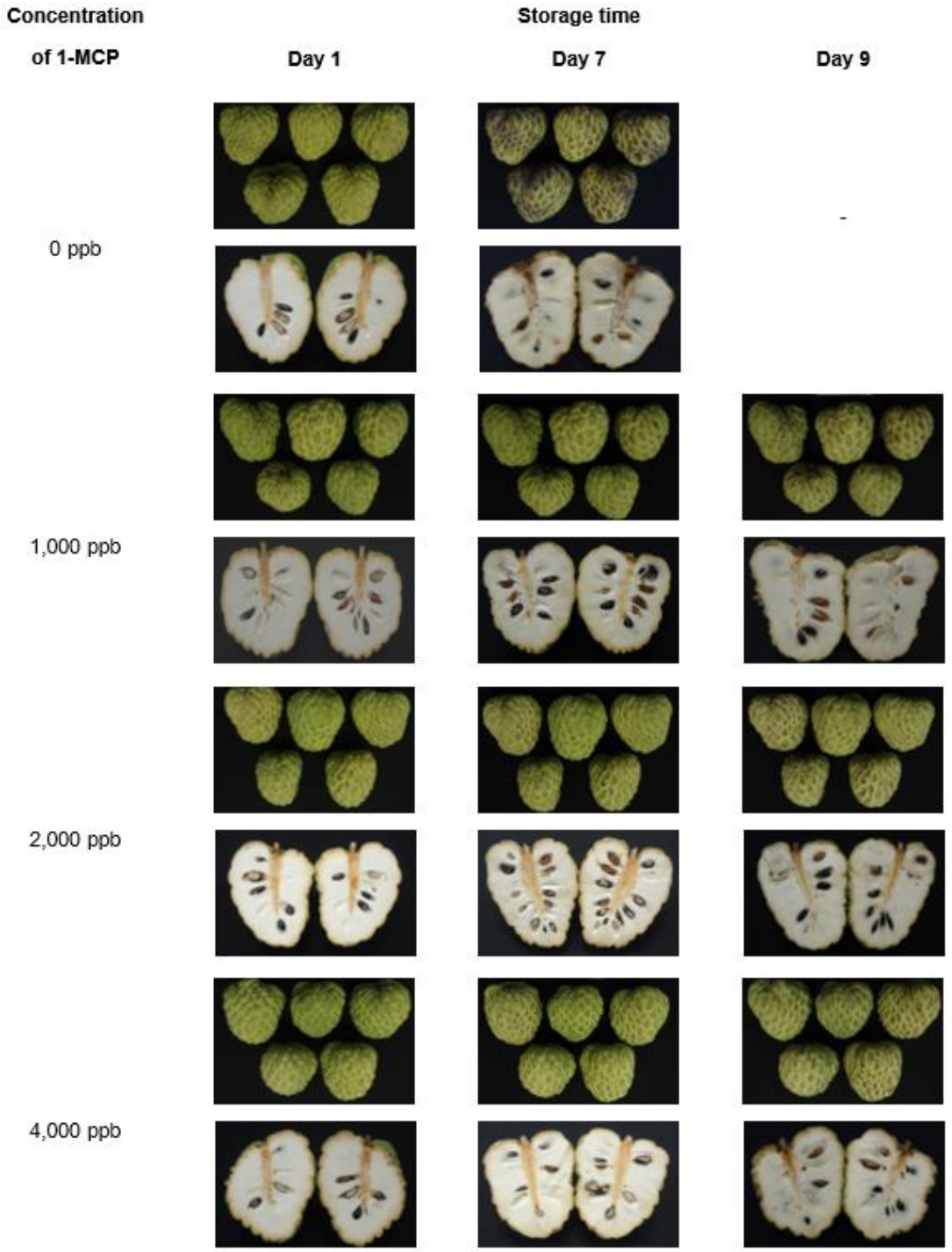

Figure 4 Appearance and interiors characteristics of Petchpakchong sugar apple (age 110-120 days after blooming) after applied ranges of 1-MCP, prior stored at 25±2 ^{o} C, 70±5 %RH for 7 and 9 days.

ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพการยอมรับโดยรวมของผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องที่ทำการรมด้วย 1-MCP ในแต่ละความเข้มข้นมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 3B) การที่มีคะแนนลดลงนั้นมีสาเหตุสำคัญจากลักษณะภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผล มีรอยตำหนิ บาดแผล และไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งลักษณะภายในที่มีเนื้อผลเริ่มยุ่ยและรสชาติที่เปลี่ยนไป (Oumsomniang, 2005)

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอทิลีน พบว่าผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องที่ทำการรมด้วย 1-MCP แต่ละความเข้มข้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องในชุดควบคุม (0 ppb) มีอัตราการหายใจเท่ากับ 53.77 mg.CO_2/kg/hr. และมีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 143.21 µl.C_2H_4/kg/hr. โดยมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน ส่วนผลน้อยหน่าที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 4,000 และ 2,000 ppb มีอัตราการหายใจเท่ากับ 43.60, 42.10 และ 37.17 mg.CO_2/kg/hr. และมีอัตราการผลิต เอทิลีนของผลน้อยหน่าเท่ากับ 157.09, 141.92 และ 130.94 µl. C_2H_4/ kg/ hr. ตามลำดับ มีอายุการเก็บรักษาได้ 9 วัน จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าผลน้อยหน่าที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 3C และ 3D) ของอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเมื่อเปรียบเทียบชุดควบคุม ซึ่งเช่นเดียวกับการรายงานการทดลองให้สาร 1-MCP ในผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก (Kaenkas, 2004) ทั้งนี้เนื่องจาก 1-MCP มีคุณสมบัติในการแย่งจับกับตัวรับ เอทิลีน ส่งผลให้มีปริมาณเอทิลีนภายในผลน้อยหน่าสามารถชะลอกระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพได้ เช่นเดียวกับการทดลองในแอปเปิลที่ผ่านการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ พบว่าผลแอปเปิลที่ได้รับ 1-MCP มีอาการผิดปกติภายในผลจากการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานานน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ 1-MCP (Saba and Watkins, 2020) สำหรับในผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง 1-MCP ส่งผลให้มีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลน้อยหน่าที่ได้รับ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องซึ่งเดิมระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 4.7 วัน เพิ่มขึ้นเป็น 9 วัน

4. สรุป

ผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องที่มีอายุผลระหว่าง 110-120 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับการรมสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP โดยน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องที่ผ่านการรมสาร 1-MCP ในระดับความเข้มข้น 2,000 ppb มีคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคดีที่สุด สามารถยืดอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวได้ถึง 9 วัน โดยเป็นผลมาจากการทำงานของสาร 1-MCP ในการแย่งจับกับตัวรับเอทิลีน จึงสามารถชะลอกระบวนการสุกของผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของ สีผิวผล ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ รวมถึงอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนหลังจากได้รับทรีตเมนต์ต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแปลงเกษตรกรผู้ปลูกน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง (คุณขจรศักดิ์ โชค

ธนสาร) อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และขอขอบคุณสำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ (ศนก.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

6. References

Department of Agricultural extension 2019, Sugar apple: Agricultural production information system online, Available Source: https://production.doae.go.th/, July 30, 2020. (in Thai)

Dominguez, M. and Vendrell, M., 1993, Ethylene biosynthesis in banana fruit: Evolution of EFE activity and ACC level in peel and pulp during ripening, Horticultural Science. 60: 63-70.

Du, Y., Jin, T., Zhao, H., Han, C., Sun, F., Chen, Q., Yue, F., Luo, Z. and Fu, M., 2021, Synergistic inhibitory effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and chlorine dioxide (ClO2) treatment on chlorophyll degradation of green pepper fruit during storage, Postharvest Biology and Technology, 171 (2021) 111363.

Kaenkas, K., 2004, Control of ripening in mango fruits cv. Mahajanaka during storage with 1- methylcyclopropene, Master Thesis, Chang Mai University, Chang Mai, 132 p. (in Thai)

Ketsa, S., 1985, Physiology and postharvest technology of vegetable and fruits, Office of promotion and training, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Parhom, 364 p. (in Thai)

Komkhuntod, R. and Lichanporn, K., 2007, Annona and sugar apple hybrids: Varieties and production technology, Kasetsart news, 1(52): 47-65. (in Thai)

Oumsomniang, Y., 2005, Growth and development, harvesting indices, and effects of plastic film wrap and low temperature on quality and storage life of atemoya fruits (annona atemoya Hort. Cv. Petpakchong), Master Thesis, Suranaree University, Nakhon Ratchasima, 118 p. (in Thai)

Palma, P., Aguilera J. M. and Stanley, D.W., 1993, A review of postharvest events in cherimoya, Postharvest Biology and Technology, 2: 187-208.

Paull, R. E., Deputy, J. and Chen, N. J., 1983, Changes in organic acids, sugars, and headspace volatiles during fruit ripening of soursop (Annona muricata L.)., J. Amer. Soc Hort. Sci. 108(3): 931-934.

Rojanapatrakun, J. and Kanlayanarat, S., 2002, Effects of 1-Methylcycropropene on delay ripening of mangoes (Nam Dok Mai), Agricultural. Sci. J. 33(6): 60-67. (in Thai)

Saba, M.K. and Watkins, C.B., 2020, Flesh browning development of 'Empire' apple during a shelf life period after 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and controlled atmosphere storage, Horticulturae. Sci. 5 p.

Simmonds N. W., 1966, Banana, Longman Group, London.

Siriphanich, J., 1999, Physiology and postharvest technology of vegetable and

fruits, National agricultural extension and training center printing house, Kasetsart University, Bangkok, 396 p. (in Thai)

Siriphanich, J. , 2001, Physiology and postharvest technology of vegetable and fruits, 4th Edition Kasetsart University, Bangkok, 396 p. (in Thai)

Siriphanich, J. , 2006, Physiology and postharvest technology of vegetable and fruits, National agricultural extension and training center printing house, Kasetsart University, Bangkok, 396 p. (in Thai)

Song, Z. , Qin, J. , Yao, Y. , Lai, X. , Zheng, W. , Chen, W. and Li, X. , 2020, A transcriptomic analysis unravels key factors in the regulation of stay- green disorder in peel of banana fruit caused by treatment with 1- MCP, Postharvest Biology and Technology, 168 (2020) 111290.

Sudsane, N. , Kwanhong, P. , Bangwaek, J. and Singto, J. , 2016, Effects of 1- methylcyclopropene (1- MCP) and ethylene absorbent on postharvest quality of " Khai" banana (Musa sapientum) , Songklanakarin J. of Plant Sci. Vol.3(1): 109-113. (in Thai)

Zhu, X., Song, Z., Li, Q., Li, J., Chen, W. and Li, X., 2020, Physiological and transcriptomic analysis reveals the roles of 1-MCP in the ripening and fruit aroma quality of banana fruit, Food Research International, vol.130 (108968).