



# ผลของรูปแบบการตัดแต่งต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์ชายตึกตัดแต่ง

## Effect of Cutting Styles on Quality of Fresh-Cut ‘Khai Tuek’ Mango Fruit

ปพนธีร์ บัวภารังษี\*, สมศักดิ์ ครามโชติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Papontee Buapharangsi\*, Somsak Kramchote

Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

Received 22 September 2022; Received in revised 20 October 2022; Accepted 1 November 2022

### บทคัดย่อ

มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย และปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคในรูปแบบของมะม่วงตัดแต่งพร้อมรับประทาน แต่มักพบปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของมะม่วงตัดแต่งในระหว่างการจัดจำหน่าย ซึ่งส่งผลกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษารูปแบบการตัดแต่งต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของมะม่วงพันธุ์ชายตึกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 6 ซ้ำ นำมะม่วงผลดิบ (ขนาดผลเฉลี่ยประมาณ 300 กรัม) มาตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ทั้งผล (ชุดควบคุม) ตัดแต่งตามขวาง ตัดแต่งตามยาว และตัดแต่งแบบฝาน จากนั้นบรรจุใส่ในกล่องพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $8 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่ามะม่วงตัดแต่งรูปแบบตามยาวสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของมะม่วงตัดแต่งได้ โดยช่วยรักษาค่า Hue angle ปริมาณแคโรทีนอยด์ และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการตัดแต่งอื่น อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างกัน โดยรูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาคุณภาพ และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้นานถึง 6 วัน ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งอื่นอยู่ได้เพียง 4 วัน

คำสำคัญ: คุณภาพผล; แคโรทีนอยด์; อาการสีน้ำตาล; อายุการวางจำหน่าย

## Abstract

Mangoes are an important economic fruit crop in Thailand. Currently, consumers prefer to consume it in the form of fresh-cut products. However, a problem of quality change on the cutting develops during distribution and affects consumer acceptance. Therefore, this research aimed to study the cutting styles on the quality change of fresh-cut mango during storage. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with four treatments and six replications. The mature-green mango fruits (average 300 g/fruit) were cut into cross-cut, longitudinal-cut, slices and whole fruit (without cutting) as control, then packed in Polypropylene (PP) plastic trays and stored at  $8\pm 2$  °C for 10 days. It was found that the longitudinal-cut fruit delayed the quality change of the fresh-cut mango, and effectively maintained hue value, carotenoid content, and browning score compared to other cutting styles. However, the total soluble solids and titratable acidity of all treatments were not statistically significantly different. The longitudinal-cut type maintained quality and delayed flesh browning of fresh-cut mango for up to 6 days, while other cutting styles had only 4 days.

**Keywords:** Fruit quality; Carotenoid; Browning; Shelf life

## 1. บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica*) เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจของอาเซียน ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมะม่วงอันดับ 2 ของอาเซียน และเป็นอันดับ 7 ของโลก โดยในปี 2564 ประเทศไทยส่งออกมะม่วงสู่ตลาดโลกมูลค่ารวมถึง 95 ล้านดอลลาร์สหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 52 จากปีก่อนหน้า สำหรับตลาดส่งออกสำคัญ ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และประเทศในกลุ่มอาเซียน [1] มะม่วงเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคทั้งแบบผลสุกและผลดิบ มะม่วงพันธุ์ชายตึกเป็นอีกหนึ่งสายพันธุ์ที่สามารถรับประทานได้ทั้งแบบผลสุกและผลดิบ ซึ่งปัจจุบันกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดเนื่องจากมีรสชาติดีหวานอมเปรี้ยว ผลแก่มีรสมัน เป็นมะม่วงเศรษฐกิจสายพันธุ์หนึ่งของจังหวัดฉะเชิงเทรา และปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มสูงขึ้น โดยมีความต้องการอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง การบริโภคผลไม้ตัดแต่งจึงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสะดวกสบายต่อการบริโภคและมีการอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มะม่วงตัดแต่งเป็น

ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องด้วยมะม่วงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยอุดมไปด้วยสารโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังมีแคโรทีนอยด์หลากหลายชนิด เช่น ลูทีน แอลฟา-แคโรทีน และเบต้าแคโรทีน [2,3] ซึ่งสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ดังกล่าวมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง [4]

ปัญหาของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ ผลมะม่วงเมื่อผ่านกระบวนการตัดแต่ง เช่น การปอกเปลือก การนำเมล็ดออก หรือการหั่นชิ้น จะทำให้เนื้อเยื่อเกิดบาดแผล ซึ่งเป็นการทำให้เซลล์ถูกทำลาย ส่งผลต่อการผลิตเอทิลินที่เพิ่มสูงขึ้น โดยอาจส่งผลให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน [5] ปริมาณเอทิลินที่เพิ่มสูงขึ้นยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมากกว่าผลไม้ทั้งผล รวมไปถึงผลกระทบอื่นๆ ที่เกิดจากการสะสมของเอทิลิน เช่น การอ่อนตัวของผลที่เร็วขึ้น [6] การถูกทำลายของเซลล์นอกจากจะส่งผลต่อการผลิตเอทิลินและการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นแล้ว อาจส่งผลต่อการรั่วไหลของสารต่างๆ อัตราการหายใจที่สูง

ขึ้นส่งผลต่อการนำน้ำตาล กรดอินทรีย์ และสารอาหารไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์มากขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น และรสชาติของผลไม้ตัดแต่ง [7] การรักษาคุณภาพของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคในปัจจุบันพบว่ามีหลากหลายวิธี อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงรูปแบบการตัดแต่งต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของมะม่วงขายตึกตัดแต่งพร้อมบริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วงขายตึกพร้อมบริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอายุการวางจำหน่าย และนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมผลมะม่วง

ใช้มะม่วงพันธุ์ชายตึกผลดิบ (mature-green) ซึ่งเป็นระยะสุกแก่ทางการค้า (อายุ 100 วันหลังดอกบาน) จากสวนมะม่วงอำเภอลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา มะม่วงถูกห่อด้วยตาข่ายโพลีเอทิลีนบรรจุในลังพลาสติก ขนส่งโดยรถกระบะตู้ทึบมายังห้องปฏิบัติการ

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยทำการคัดเลือกผลมะม่วงขายตึกที่ปราศจากโรคและแมลง น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 300 กรัม (ขนาดผล 6×10×5.5 เซนติเมตร) จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาด และทำการวัดความถ่วงจำเพาะโดยการถ่วงน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 แล้วทำการฆ่าเชื้อที่ผิวผลโดยจุ่มด้วยสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาปอกเปลือกออกให้หมด (ความหนาเปลือก 2 มิลลิเมตร) แล้วตัดแต่ง โดยทำการตัดแต่ง 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ตัดแต่ง (ชุดควบคุม) ตัดแต่งตามขวาง (cross-cut) ขนาด 2×6×1.5 เซนติเมตร ตัดแต่งตามยาว (longitudinal-cut) ขนาด 2×10×1.5 เซนติเมตร และตัดแต่งแบบฝาน (slice) ขนาด 6×10×0.5 เซนติเมตร จำนวนกรรมวิธีละ 6 ซ้ำ จากนั้นบรรจุใส่ในกล่องพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน

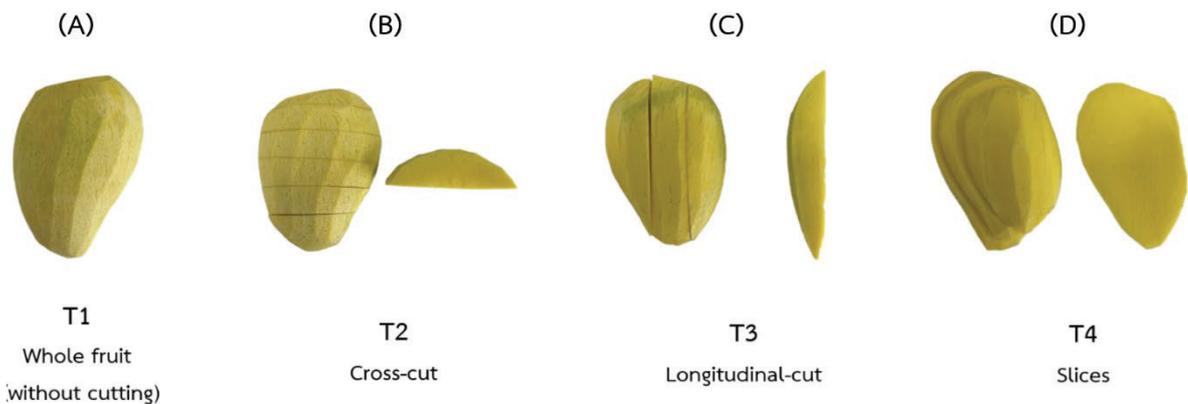


Figure 1 Different cutting styles applied in 'Khai Tuek' mango fruit.- whole fruit (without cutting) as control (A), cross-cut (B), longitudinal-cut (C) and slice (D).

## 2.2 การเปลี่ยนแปลงสี

วัดการเปลี่ยนแปลงตรงกลางชิ้นมะม่วง ด้วย เครื่องวัดสี Color Meter รุ่น WR 10 ยี่ห้อ FRU โดย

รายงานผลเป็นค่า L a และ b value โดยเชื่อมค่า a และ b เข้ากับ hue โดยกำหนด color term คือ hue (h°) ดังสูตร

$$h^\circ = \tan^{-1}[b/a]$$

## 2.3 การสูญเสียน้ำหนัก

ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นมะม่วงก่อนและหลังเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ คำนวณการสูญเสียน้ำหนักของชิ้นมะม่วง ขยายตีกรัดแต่ง แสดงหน่วยเป็นร้อยละ

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

## 2.4 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำเนื้อมะม่วงมาคั้นน้ำ และนำน้ำที่คั้นได้มา วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วย เครื่อง Digital Hand-held “Pocket” Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-1 และรายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

## 2.5 การวิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ตามวิธีการของ AOAC (2000) [8]

นำน้ำคั้นจากมะม่วง 1 mL ผสมกับน้ำกลั่น 5 mL มาไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน (NaOH 0.1 N) โดยใช้สารละลาย phenolphthalein 1% เป็น อินดิเคเตอร์ นำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นปริมาณกรดซิตริก จากสูตร 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

## 2.6 การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์

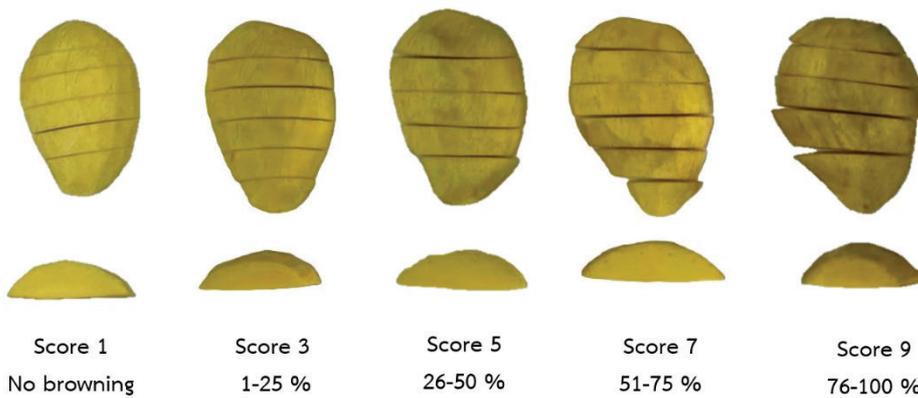
การหาปริมาณของแคโรทีนอยด์ ทำการทดสอบ ตามวิธีการของ Arnon (1949) [9] โดยนำเนื้อมะม่วง จำนวน 2 กรัม บดให้ละเอียดด้วย Acetone ความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นกรอง

แล้วชะด้วย Acetone ความเข้มข้นร้อยละ 100 จนขาว แล้วปรับปริมาตรให้เท่ากันด้วย Acetone ความเข้มข้น ร้อยละ 80 จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณด้วยสูตร

$$\text{Total carotenoid (\mu g/g)} = \text{OD}_{470} / \text{kg fresh weight}$$

### 2.7 การประเมินคะแนนการเกิดสีน้ำตาล

แสดงการยอมรับของผู้บริโภค โดยการให้คะแนน มีหลักเกณฑ์ ตามวิธีการของ Chimvaree et al. (2019) [10] ดังนี้ (Figure 2)



คะแนน 1 คือ ไม่เกิดสีน้ำตาล  
 คะแนน 3 คือ เกิดสีน้ำตาลอ่อน (ร้อยละ 1-25)  
 คะแนน 5 คือ เกิดสีน้ำตาลปานกลาง (ร้อยละ 26-50)  
 คะแนน 7 คือ เกิดสีน้ำตาลเข้ม (ร้อยละ 51-75)  
 คะแนน 9 คือ เกิดสีน้ำตาลเข้มมาก (ร้อยละ 76-100)

**Figure 2** Browning scores of fresh-cut 'Khai Tuek' mango fruit. 1 – no browning (excellent quality), 3 – slight browning (1-25%), 5 – moderate browning (26-50%), 7 – severe browning (51-75%), and 9 – extreme browning (76-100%).

### 2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 6 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SAS

## 3. ผลการวิจัย

### 3.1 การเปลี่ยนแปลงสี

จากการศึกษารูปแบบการตัดแต่งผลมะม่วง ชาติทั้ง 4 รูปแบบ พบว่ารูปแบบการตัดแต่งทุกกรรมวิธี มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉดสี (hue angle) ลดลงตาม อายุการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมี ค่า hue angle ลดลงมากกว่าทุกกรรมวิธีโดยเริ่มลดลง

ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ลดลงจาก 89.50 เหลือ เพียง 88.04 และลดลงตลอดจนถึงวันสุดท้ายของการ เก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 84.25 (Figure 3) ขณะที่รูปแบบ การตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาค่า hue angle ได้ เป็นอย่างดี โดยลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา และมีค่า hue angle มากที่สุดในวันที่ 6 ของการเก็บ รักษา มีค่าเท่ากับ 88.20 (Figure 3) แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงค่าเฉดสี (hue angle) ของทุกกรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

### 3.2 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงชาติทั้ง 4 รูปแบบ เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยพบว่ารูปแบบ การตัดแต่งแบบขวางมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนัก สะสมมากกว่าทุกกรรมวิธีในวันที่ 2 6 8 และ 10 ของ การเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.05 0.78 1.00 และ 1.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (Figure 4) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน ซึ่งมีการสูญเสีย

เสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด โดยมีค่าสูญเสียน้ำหนักสะสมในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอยู่ที่ 0.83 และ 0.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 4)

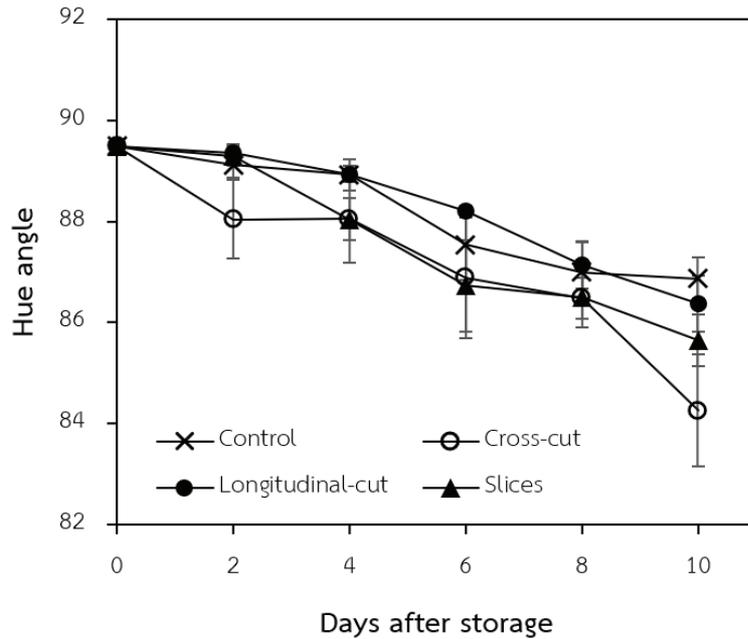


Figure 3 Effect of cutting styles on hue angle of fresh-cut ‘Khai Tuek’ mango fruit during storage at  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  for 10 days.

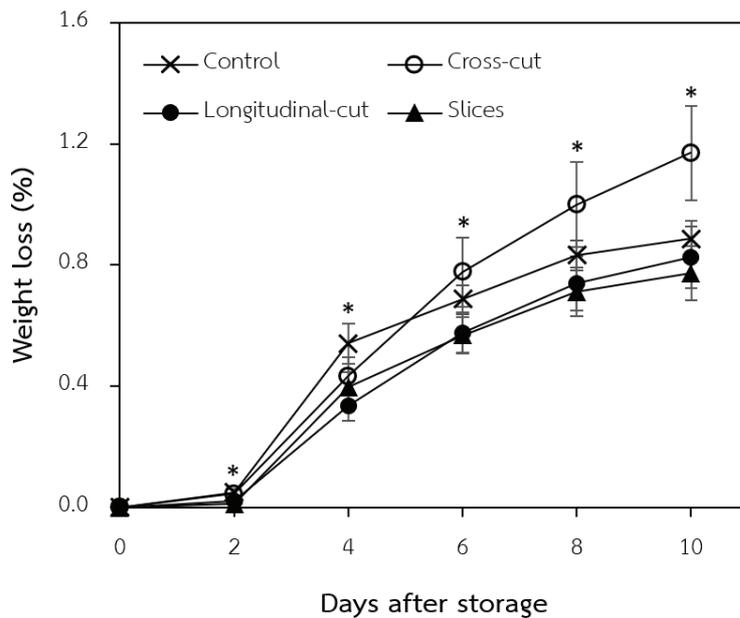


Figure 4 Effect of cutting styles on weight loss (%) of fresh-cut ‘Khai Tuek’ mango fruit during storage at  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  for 10 days. Data are shown as mean  $\pm$  SD; \* means are significantly different at  $p < 0.05$ .

### 3.3 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 7.38 องศาบริกซ์ แต่เมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นพบว่ารูปแบบการตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยรูปแบบการตัดแต่งตามยาวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าทุกกรรมวิธี ในวันที่ 4 6 และ 8 ของการเก็บรักษา แต่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุม รูปแบบการตัดแต่งตามขวาง รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกัน คือ 9.60 9.50 9.50 และ 9.47 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (Figure 5) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

### 3.4 การวิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทุกกรรมวิธี พบว่าแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา จากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.27 เปอร์เซ็นต์ แล้วลดลงเหลือ 0.20-0.21 เปอร์เซ็นต์ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (Figure 6) และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งแบบฝานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าทุกกรรมวิธีโดยมีค่าเท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งอื่นมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อยู่ในช่วง 0.27-0.29 เปอร์เซ็นต์ (Figure 6) แต่ภายหลังการเก็บรักษาได้ 4 วัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทุกรูปแบบการตัดแต่งมีค่าลดลง โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา

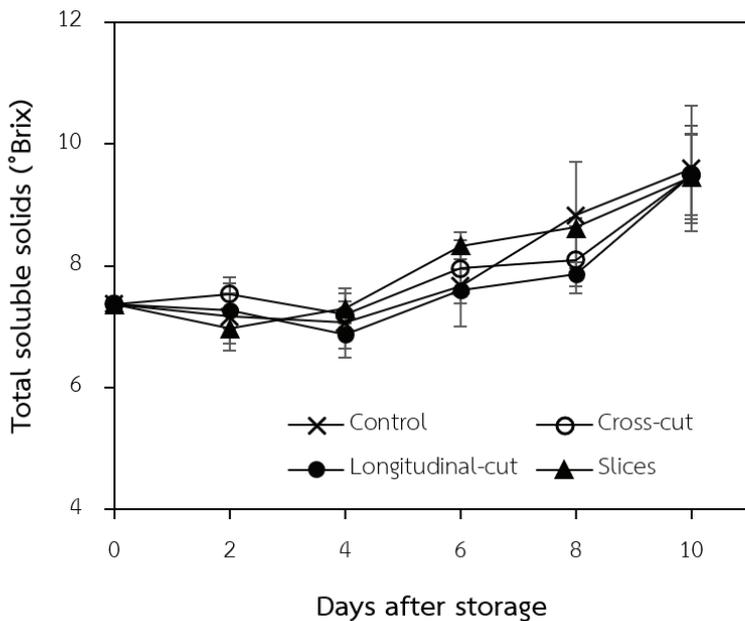


Figure 5 Effect of cutting styles on total soluble solids of fresh-cut ‘Khai Tuek’ mango fruit during storage at 8±2°C for 10 days.

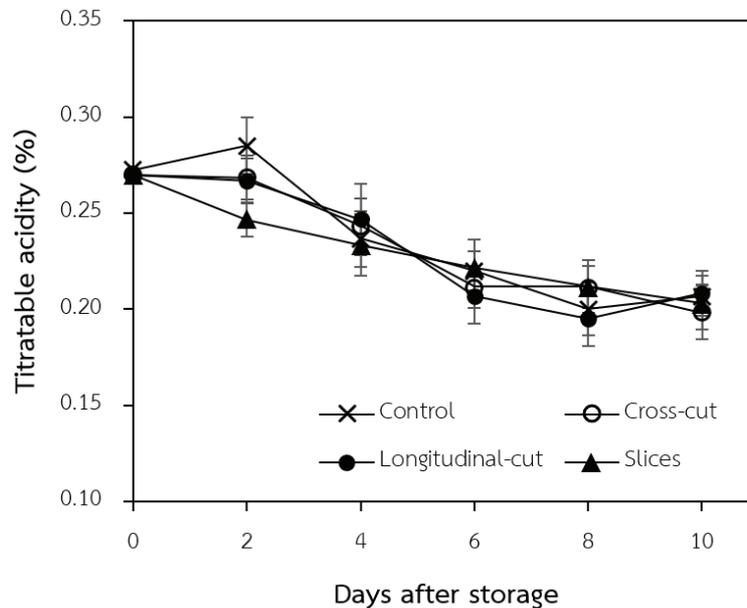
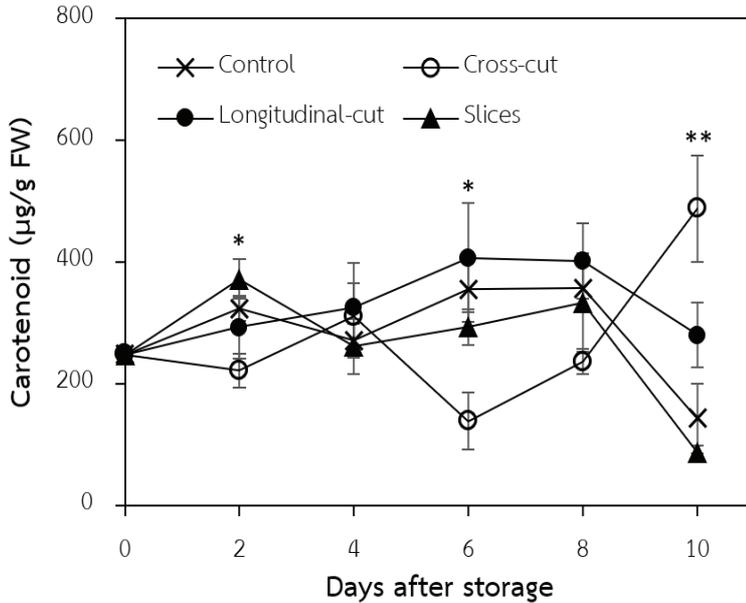


Figure 6 Effect of cutting styles on titratable acidity of fresh-cut 'Khai Tuek' mango fruit during storage at  $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  for 10 days.

### 3.5 การวิเคราะห์ปริมาณแควโรทีนอยด์

ปริมาณแควโรทีนอยด์มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 248  $\mu\text{g/g}$  (FW) จากนั้นพบว่าชุดควบคุม รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบฝาน มีปริมาณแควโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นจนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา แล้วลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณแควโรทีนอยด์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 142.83 280.17 และ 87.33  $\mu\text{g/g}$  (FW) ตามลำดับ (Figure 7) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามขวางที่มีการทำลายเนื้อเยื่อผลมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ พบว่ามีปริมาณแควโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา แล้ว

ลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 138.50  $\mu\text{g/g}$  (FW) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) หลังจากนั้นปริมาณแควโรทีนอยด์ของมะม่วงรูปแบบตัดขวางเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 487.50  $\mu\text{g/g}$  (FW) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (Figure 7) แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาปริมาณแควโรทีนอยด์ได้เป็นอย่างดีโดยมีปริมาณแควโรทีนอยด์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้นในวันแรกของการเก็บรักษา

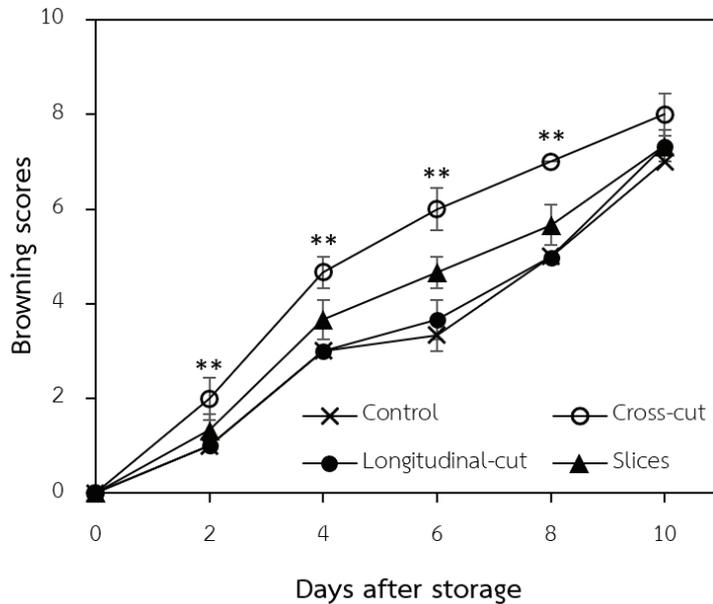


**Figure 7** Effect of cutting styles on carotenoid of fresh-cut ‘Khai Tuek’ mango fruit during storage at 8±2°C for 10 days. Data are shown as mean±SD; \* means are significantly different at p<0.05 and \*\* means are significantly different at p<0.01.

### 3.6 การประเมินคะแนนการเกิดสีน้ำตาล

มะม่วงขายตึกตัดแต่งเมื่อมีระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะแสดงอาการสีน้ำตาลขึ้นบริเวณผิวผล โดยจะแสดงทั้งบริเวณรอยตัดและเนื้อผล ซึ่งบริเวณที่เกิดสีน้ำตาลปริมาณมากและปรากฏเห็นได้ชัด ได้แก่ บริเวณรอยตัด และบริเวณพื้นที่ติดเปลือก ซึ่งจากการศึกษาพบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากที่สุดตลอดการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ในวันที่ 2 4 6 และ 8 ของการเก็บรักษา มีค่าคะแนนการเกิดสี

น้ำตาลเท่ากับ 2.00 4.67 6.00 และ 7.00 คะแนน ตามลำดับ (Figure 8) ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวและชุดควบคุมมีการเกิดอาการสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยเริ่มแสดงการเกิดสีน้ำตาลในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (4.5 คะแนน) ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 5 คะแนน ทั้ง 2 กรรมวิธี อย่างไรก็ตามในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าทุกกรรมวิธีมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันทางสถิติ



**Figure 8** Effect of cutting styles on browning scores of fresh-cut 'Khai Tuek' mango fruit during storage at  $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  for 10 days. . Data are shown as mean $\pm$ SD; \*\* means are significantly different at  $p<0.01$ .

#### 4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

เมื่อเข้าสู่กระบวนการตัดแต่งผลมะม่วง เนื้อเยื่อผลจะเกิดบาดแผลจากกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การปอกเปลือก การหั่น การตัดแต่งรูปแบบต่างๆ เป็นต้น โดยทำให้เซลล์ของผลผลิตผลถูกทำลาย และเกิดการรั่วไหลขององค์ประกอบสำคัญต่างๆภายในเซลล์ นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลมะม่วงตัดแต่ง จากงานทดลองมะม่วงขายตึกตัดแต่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา และรูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวมีบาดแผลและการซ้่มาก จึงส่งผลต่อการกระตุ้นการหายใจเพิ่มสูงขึ้น [11] ซึ่งการตัดแต่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของผลผลิตผล ทำให้น้ำสามารถระเหยออกมาได้ง่ายและส่งผลกระทบต่ออายุการสูญเสียน้ำหนักสด การเหี่ยว และการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อผิวผล [7] ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงขายตึกตัดแต่งมีค่าเฉดสี (hue angle) ลดลงตามอายุการเก็บรักษา และรูปแบบการตัดแต่งแบบขวางมีปริมาณค่าเฉดสีต่ำกว่าทุกกรรมวิธี โดย

การลดลงของค่าเฉดสี (hue angle) จาก 90 องศาไป 0 องศา บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผลมะม่วงขายตึกตัดแต่ง พบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงสุด ขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวและชุดควบคุมมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด ผลที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่ารูปแบบของการตัดแต่งผลมะม่วงมีผลต่อการเกิดอาการสีน้ำตาล สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม โดยโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์อาจถูกรวมเข้าไปในเยื่อหุ้มเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม เมื่อก่อตัวสารประกอบเหล่านี้จะถูกสะสม และรวมเข้าไปในถุงลำเลียงที่เกิดจากเยื่อหุ้มเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ถุงเหล่านี้เป็นตัวกลางในการขนส่งสารประกอบฟีนอลิกไปยังแวคิวโอล หรือลำเลียงแบบอพอพลาสต์ผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์และผนังเซลล์ [12] เมื่อผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย อาจเกิดการ

รั่วไหลของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลผลิต จึงส่งผลให้ มะม่วงตัดแต่งเกิดการเปลี่ยนแปลงสี โดยแสดงอาการสีน้ำตาลบริเวณผิว มะม่วงตัดแต่งทุกรูปแบบมีการทำลายของเนื้อเยื่อ แต่รูปแบบตามขวางมีการทำลายเนื้อเยื่อ พยุง (supporting tissue) ที่เรียงตัวเป็นเส้นยาว และแบบเส้นใย (fiber) โดยลักษณะที่ปรากฏของมะม่วง คือ เปลี่ยนตามแนวยาวของผล

การเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ของมะม่วงขายตักตัดแต่งในช่วงแรกของการทดลอง ทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดจากการปรับตัวทางสรีรวิทยาของพืชจากสภาวะเครียดที่เกิดจากการตัดแต่ง [13] โดยชุดควบคุม รูปแบบการตัดแต่งตามยาว และรูปแบบการตัดแต่งแบบผ่าน มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้นตลอดการเก็บรักษาแล้วลดลงในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงตัดแต่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน มีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ [14] ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นตามการเสื่อมสภาพของพืช [15] และเมื่อมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุกจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มสูงขึ้น [16] นอกจากนี้พบว่ารูปแบบการตัดแต่งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงขายตักตัดแต่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ในแก้วมังกรตัดแต่ง และมะม่วงพันธุ์ทวายเดือนเก้าตัดแต่ง รายงานว่ารูปแบบการตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน [17;18] และมีข้อเสนอแนะต่อการจัดการผลมะม่วงขายตักตัดแต่ง สำหรับขั้นตอนการปอกเปลือกหรือตัด ควรใช้มีดหรือวัสดุปกอกที่มีความคม เพื่อลดการเกิดบาดแผลของผลมะม่วง เนื่องจากบาดแผลที่เกิดจากปอกหรือตัด มีผลต่อ

การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลมะม่วงตัดแต่ง ส่วนแนวทางในการรักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงขายตักตัดแต่ง ควรมีการใช้สารจุ่ม (dipping solution) และการเก็บรักษาอุณหภูมิที่เหมาะสม (ช่วง 2-5 องศาเซลเซียส) จะส่งผลต่อการชะลอการสูญเสีย น้ำ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีได้ดียิ่งขึ้น

## 5. สรุปผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีการสูญเสีย น้ำหนักสูงสุด และมีค่าเฉดสี (hue angle) ต่ำที่สุด นอกจากนี้พบว่ารูปแบบการตัดแต่งตามขวางมีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยที่สุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ในขณะที่รูปแบบการตัดแต่งตามยาวสามารถรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์ การสูญเสีย น้ำหนัก และค่าเฉดสี (hue angle) ได้เป็นอย่างดีตลอดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งยังสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้นานถึง 6 วัน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเงินทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษา

## 7. References

- [1] National New Bureau of Thailand 2022, Thailand Now Stands as 7th World's Top Fresh Mangoes Exporter, Available Source: <https://thainews.prd.go.th/en/news/detail/TCATG220425103510166>, September 17, 2022. (in Thai)
- [2] Shahidi, F., Janitha, P.K. and Wanasundara, P.D., 1992, Phenolic antioxidants, Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 32: 67–103.

- [3] Lauricella, M., Emanuele, S., Calvaruso, G., Giuliano, M. and D'Anneo, A., 2017, Multifaceted health benefits of *Mangifera indica* L. (Mango): the inestimable value of orchards recently planted in Sicilian rural areas, *Nutrients* 9(5): 525.
- [4] Murakoshi, M., Nishino, H. and Satomi, Y., 1992, Potent preventive action of alpha-carotene against carcinogenesis: spontaneous liver carcinogenesis and promoting stage of lung and skin carcinogenesis in mice are suppressed more effectively by alpha-carotene than by beta-carotene, *Cancer Res.* 52(23): 6583-6587.
- [5] Ergun, M., 2006, Fresh-cut physiology and factors contributing to the quality of fresh-cut produce, *KSU. J. Sci. Eng.* 9(2): 164-169.
- [6] Laurila, E. and Ahvenainen, R., 2002, Minimal Processing in Practice, pp. 219-239, In Ohlsson, T. and Bengtsson, N., (Ed.), *Minimal Processing Technologies in the Food Industry*, Woodhead Publishing, Cambridge.
- [7] Ngamchuachit, N., 2017, Fresh-cut mango: physiology and critical factors affecting quality, *JFTSU.* 12(1): 17-34. (in Thai)
- [8] Association of Official Analysis Chemists (AOAC), 2000, *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 17th Edited. Inc. Arlington, Virginia: USA.
- [9] Arnon, D.I., 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *betabulgaris*, *Plant Physiol.* 24: 1-15.
- [10] Chimvaree C., Wongs-Aree, C., Supapvanich, S., Charoenrat, T., Tepsorn, R. and Boonyaritthongchai, P., 2019, Effect of sericin coating on reducing browning of fresh-cut mango cv. 'Nam Dok Mai No. 4', *Agr. Nat. Resour.* 53: 521-526.
- [11] Hodges, D.M. and Toivonen, P.M.A., 2008, Quality of Fresh-cut Fruits and Vegetables as Affected by Exposure to Abiotic Stress, *Postharvest Biol. Technol.* 48: 155-162.
- [12] Toivonen, P.M.A. and Brummell, D.A., 2008, Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables, *Postharvest Biol. Technol.* 48: 1-14.
- [13] Demmig-Adams, B., Gilmore, A. and Adams, W., 1996, Carotenoids 3: in vivo function of carotenoids in higher plants, *FASEB J.* 10(4): 403-412.
- [14] Gil, M.I., Aguayo, E., Kader, A.A., 2006, Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruit during storage, *J. Agric. Food. Chem.* 54: 4284-4296.
- [15] Ngamwonglumert, L., Devahastin, S., Chiewchan, N. and Raghavan, V., 2020, Plant carotenoids evolution during cultivation, postharvest storage, and food processing: A review, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 19(4): 1561-1604.
- [16] Yungyuen, W., Vo, T.T., Uthairatanakij, A., Ma, G., Zhang, L., Tatmala, N., Kaewsuksaeng, S., Jitareerat, P. and Kato, M., 2021, Carotenoid accumulation and the expression of carotenoid metabolic

- genes in mango during fruit development and ripening, *Appl. Sci.* 11(9): 4249.
- [17] Li, X., Long, Q., Gao, F., Han, C., Jin, P. and Zheng, Y., 2017, Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit, *Postharvest Biol. Technol.* 124: 1-7.
- [18] Supphachuchai, J., Jitareerat, P., Uthairatanakij, A., Laohakunjit, N. and Renumarn, P., 2016, Effect of cutting on quality and some phytochemicals of fresh-cut mango, *Agricultural Sci. J.* 47(2) (Suppl.): 521-524. (in Thai)