Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 456-459 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 456-459 (2555)

อิทธิพลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ตัดแต่งพร้อมบริโภค

Influence of 1-MCP on Textural Changes of Fresh-Cut Papaya cv. Holland.

สินีนาฏ เรืองหิรัญ[1] **พิสิฏฐ์ ธรรมวิถี**[1] **และ อนุวัตร แจ้งชัด**[1]
Sineenart Ruanghirun[1], Pisit Dhamvithee[1] and Anuvat Jangchud[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of 1–methylcyclopropene (1-MCP) on textural changes of fresh-cut papaya cv. Holland. Fresh-cut papaya was divided into two groups which were fresh-cut papaya fumigated with 1-MCP (1-MCP papaya) and fresh-cut papaya without 1-MCP fumigation (No-1-MCP papaya). The papaya was stored at 5°C. The results showed that 1-MCP papaya had firmness value higher than No-1-MCP papaya. The firmness of 1-MCP papaya slightly decreased at the first storage periods and rapidly decreased after 8-10 days storage while the firmness of No-1-MCP papaya rapidly decreased at 0-2 days and 6-8 days of storage periods. 1-MCP papaya had lower respiration rate and ethylene production than No-1-MCP papaya. Endoxylanase enzyme activity of 1-MCP papaya was slightly increased during storage periods. In terms of juiciness changing measured by using time-intensity (*T-I*), it was found that maximum intensity (I-MAX) value of 1-MCP and No-1-MCP papaya had no significant difference during storage periods. However, duration time (DUR) and the area under the curve (AUC) values were significantly different during storage at 8 to12 days ($P \leq 0.05$). DUR and AUC values of 1-MCP papaya were higher than No-1-MCP papaya. The results from scanning electron microscopy (SEM) showed that 1-MCP papaya had more complete cell structure than No-1-MCP papaya at 8 days of storage.

Keywords: fresh-cut papaya, firmness, 1–methylcyclopropene

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาอิทธิพลของ1–methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยวิธีการแบ่งมะละกอออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มที่รม1-MCP และกลุ่มที่ไม่รม 1-MCP พบว่า หลังจากการเก็บรักษามะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 5ºC มะละกอในกลุ่มที่รม1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ามะละกอในกลุ่มที่ไม่รม 1-MCP ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าความแน่นเนื้อของมะละกอในกลุ่มที่รม 1-MCP ลดลงเล็กน้อยในระยะแรกของการเก็บรักษา จนกระทั่งช่วงเวลา 8-10 วัน ความแน่นเนื้อจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่มะละกอในกลุ่มที่ไม่รม 1-MCP มีความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0-2 วัน และช่วง 6-8 วันของการเก็บรักษา มะละกอในกลุ่มที่รม 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนน้อยกว่ามะละกอในกลุ่มที่ไม่รม 1-MCP กิจกรรมเอนไซม์ Endoxylanase ของมะละกอในกลุ่มที่รม 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความฉ่ำน้ำของมะละกอโดยใช้การวัดความเข้มที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา(Time-Intensity) พบว่า มะละกอในกลุ่มที่รม 1-MCP และในกลุ่มที่ไม่รม 1-MCP มีค่าความฉ่ำน้ำสูงสุด (I-MAX) ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าระยะเวลาในการเกิดความฉ่ำน้ำทั้งหมด (DUR) และพื้นที่ใต้กราฟความฉ่ำน้ำทั้งหมด (AUC) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตั้งแต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมะละกอในกลุ่มที่รม 1-MCP มีค่า DUR และ AUC มากกว่ามะละกอในกลุ่มที่ไม่รม 1-MCP และเมื่อนำชิ้นมะละกอไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายใน พบว่า มะละกอในกลุ่มที่รม 1-MCP มีลักษณะโครงสร้างเซลล์ที่ยังมีความคงรูปมากกว่ามะละกอในกลุ่มที่ไม่รม 1-MCP ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา

คำสำคัญ: มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภค ความแน่นเนื้อ สาร 1–methylcyclopropene

[1] ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

คำนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ปัจจุบันผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบายในการบริโภคอาหารมากขึ้น ดังนั้นการแปรรูปมะละกอ ด้วยวิธีการตัดแต่งให้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะตอบสนองความต้องการในการรับประทานผลไม้สดอีกทั้งนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อนำไปผลิตเป็นผลไม้รวมบรรจุกระป๋องอีกด้วย แต่เนื่องจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อของมะละกอสดที่ผ่านกระบวนการตัดแต่ง ยังคงเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตหรือเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเซลล์เหมือนกับมะละกอสด โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่รวดเร็วและมีอัตราสูงกว่ามะละกอที่ยังไม่ผ่านการตัดแต่ง เช่น การหายใจ การผลิตเอทิลีนและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่น ๆ ที่สำคัญคือทำให้เร่งการสูญเสียความแน่นเนื้อที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของชั้น middle lamella และผนังเซลล์ชั้นต้นโดยการทำงานของเอนไซม์ที่สำคัญคือ endoxylanase ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของผลไม้ตัดแต่ง (Thumdee *et al*., 2010) ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง และการอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัสนี้ยังส่งผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสด้านความฉ่ำน้ำของผลไม้สดที่อธิบายถึงความชุ่มชื้นหรือชุ่มฉ่ำที่สัมผัสได้ในระหว่างการเคี้ยวอยู่ในปากอีกด้วย (Harker *et al*., 2003) ปัจจุบันมีการนำสาร 1–methylcyclopropene (1-MCP) มาช่วยยืดอายุการเก็บรักษาในผลมะละกอ เนื่องจากมีความสามารถในการยับยั้งการสร้างและทำงานของเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นได้และยังชะลอการอ่อนนุ่มของเนื้อมะละกอ โดยสามารถลดการเปลี่ยนแปลงของเพกทินที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ endoxylanase ที่ผนังเซลล์ ทำให้การอ่อนนุ่มของเนื้อมะละกอไม่สมบูรณ์ (Thumdee *et al*., 2010) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลสาร 1- MCP ที่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 5ºC เพื่อทำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. กระบวนการรมมะละกอด้วยสาร 1- MCP

นำมะละกอที่มีระดับความสุก 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ (เปลือกมีสีเหลือง 3ใน 4 ของทั้งผล)(Ergun *et al.* 2006) น้ำหนัก 0.8–1.2 กิโลกรัมต่อผล ล้างให้สะอาด และจุ่มในสายละลายโซเดียมไฮโปคลอไร (NaOCl) ความเข้มข้น 100 ppm. เป็นเวลา 3 นาที และผึ่งให้แห้ง รมด้วยสาร 1- MCP ความเข้มข้น 100 ppb. (100 nL/L) เป็นเวลา 12 ชั่งโมง ที่อุณหภูมิ 22ºC นำมาปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นลูกเต๋าขนาด 2.0×2.0×2.0 เซนติเมตร บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด polyethylene (PE) หุ้มด้วยฟิล์ม low density polyethylene (LDPE) และชั่งน้ำหนัก แล้วจึงนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5ºC

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี สรีรวิทยา และการกระเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 การวัดความแน่นเนื้อของเนื้อมะละกอ (firmness) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analyzer (Lloyd TA 500) หัวทดสอบแบบ cylinder probe ขนาด 5 มิลลิเมตร กดลงไปบนเนื้อของมะละกอสดตัดแต่ง ด้วยความลึก 60%ของความสูงของชิ้นมะละกอ ด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่าแรงสูงสุด หน่วยเป็นนิวตัน (N)

2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ โดยการทำScanning Electron Micrographs technique ด้วยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM)(Jeol, model JSM-5410 LV)

2.3 การสกัดและการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ endoxylanase โดยนำตัวอย่าง 2 กรัม สกัดในสารละลาย 0.2M sodium acetate buffer pH 4.5 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยง กรอง และนำส่วนใส 0.1 มิลลิลิตร ผสมใน remazol brilliant blue-xylan solution(0.1%) pH 6.0 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37ºC 20 ชั่วโมง และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโมเมตร ด้วยเครื่องเครื่องSpectrophotometer UV-VIS รุ่น UV-160A (Manenoi *et al*., 2005)

2.4 วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกซิเจน (O_2) เอทิลีน (C_2H_4) โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC) รุ่น GC- 14B บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

2.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (descriptive analysis) โดยเทคนิค Time–Intensity (T-I) ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความฉ่ำน้ำ (juiciness) ของมะละกอที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนและชอบรับประทานมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภค จำนวน 10 คน โดยมีตัวแปรด้านความฉ่ำน้ำที่ศึกษา คือ ความฉ่ำน้ำสูงสุด (I-Max) ระยะเวลาในการเกิดความฉ่ำน้ำทั้งหมด (DUR) พื้นที่ใต้กราฟความฉ่ำน้ำทั้งหมด (AUC) (Harker *et al*., 2003)

ผล

หลังจากเก็บรักษามะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 5ºC เป็นเวลา 12 วัน พบว่า มะละกอที่รมด้วย 1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ามะละกอ No-1-MCP ตลอดระยะเวลาการเก็บ (Figure 1) ปริมาณก๊าซ CO_2 C_2H_4 พบว่า ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซ CO_2 ของมะละกอ No-1-MCP มีมากกว่าของมะละกอ1-MCP ประมาณ 6 เท่า โดยที่ก๊าซ C_2H_4ของมะละกอ No-1-MCP มีปริมาณมากกว่ามะละกอ 1-MCP ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการวัดกิจกรรมเอนไซม์ endoxylanase พบว่ามะละกอ 1-MCP มีกิจกรรมของเอนไซม์น้อยกว่ามะละกอ No-1-MCP ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความฉ่ำน้ำของมะละกอโดยใช้เทคนิค Time – Intensity พบว่า มะละกอ 1-MCP และ No-1-MCP มีค่า I-MAX ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่า DUR และ AUC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตั้งแต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมะละกอ 1-MCP มีค่า DUR และ AUC มากกว่ามะละกอ No-1-MCP (Table 1) และเมื่อนำชิ้นมะละกอไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า มะละกอ 1-MCP มีลักษณะโครงสร้างเซลล์ที่ยังคงรูปมากกว่ามะละกอที่ไม่รมในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา (Figure 2)

Table. 1 Quality of fresh-cut ripe Holland papaya fruits treated and untreated with1-MCP during storage at 5°C .

Quality	1-MCP treated		No-1-MCP treated	
	Day 0	Day 12	Day 0	Day 12
Firmness (N)	2.09±0.05	0.92±0.01	1.92=±0.12	0.46±0.07
Enzyme Endoxylanase (dA/h/g.FW)	0.162±0.03	0.183±0.07	0.175±0.02	0.283±0.06
CO_2 (%)	0.97±0.16	1.87±0.54	0.65±0.02	6.78±1.24
O_2 (%)	17.88±0.50	17.40±0.34	18.72±0.12	11.88±1.65
C_2H_4 (ppm.)	4.16±0.12	1.04±0.08	17.70±2.68	14.51±2.86
I-MAX	7.59±1.35	6.97±0.41	7.78±1.03	7.07±0.70
DUR	13.27±1.86	9.63±0.66	12.00±2.52	9.17±0.59
AUC	52.26±14.19	34.04±4.16	46.86±18.38	31.87±1.90

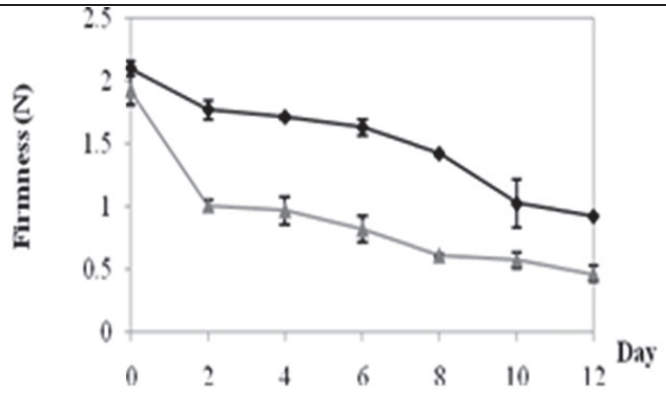

Figure 1 Firmness of fresh-cut ripe Holland papaya fruits treated with 1-MCP ( ) and untreated with 1- MCP ( ) stored at 5°C. Vertical bars represent standard deviations of the means (n = 3).

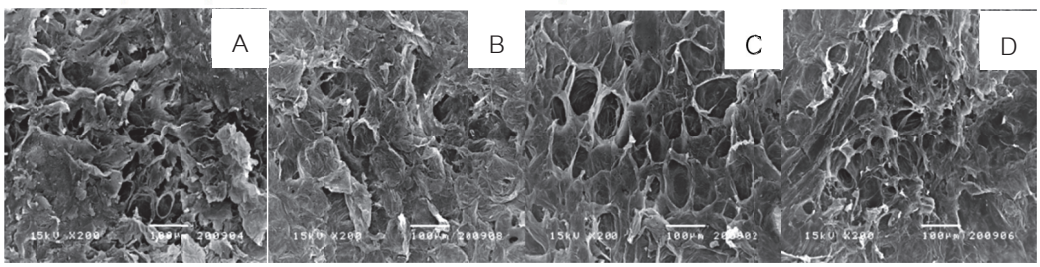

Figure 2 Scanning electron microscopy images of mesocarp cells of fresh-cut Holland papaya fruits. Untreated with1-MCP at 0 and 8 days (A and B) and treated with 1-MCP at 0 and 8 days (C and D)

วิจารณ์ผล

มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รม 1-MCP มีสมบัติทางกายภาพ เคมี สรีรวิทยาและคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านความฉ่ำน้ำที่ดีกว่ามะละกอ No-1-MCP ตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจาก 1-MCP สามารถลดอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อเกิดขึ้นได้ช้าลง โดยจะไปลดกิจกรรมของเอนไซม์เกี่ยวข้องกับการอ่อนนุ่มของผลไม้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shiga *et al*.(2009) พบว่า 1-MCP สามารถช่วยชะลอการผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และชะลอการอ่อนนุ่มของเนื้อมะละกอได้โดยไม่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และน้ำหนักของผลมะละกอลดลง และยังพบว่าความแน่นเนื้อของมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รม 1-MCP นี้สอดคล้องกับค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา นั่นคือ 1-MCP จะไปลดกิจกรรมของเอนไซม์ จึงทำให้ความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าและช้ากว่ามะละกอที่ไม่ได้รม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thumdee *et.al*. (2010) ที่พบว่าสาร 1-MCP สามารถลดการเปลี่ยนแปลงของเพกทิน ที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ endoxylanase ที่ผนังเซลล์ ทำให้การอ่อนนุ่มของเนื้อมะละกอไม่สมบูรณ์ และการอ่อนนุ่มของเนื้อมะละกอนี้ยังส่งผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสด้านความฉ่ำน้ำของผลไม้ที่เกิดภายในระหว่างการเคี้ยวอยู่ภายในปาก ซึ่งพบว่า มะละกอ 1-MCP มีความแน่นเนื้อที่ลดลงเล็กน้อย ต้องใช้ระยะเวลาในการเคี้ยวจนหมดความฉ่ำน้ำนานกว่ามะละกอNo-1-MCP เนื่องจากมะละกอ 1-MCP มีความแน่นเนื้อมากกว่ามะละกอ No-1-MCP จึงมีแรงต้านในระหว่างการเคี้ยวมากกว่า ดังนั้น มะละกอ 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภคช้ากว่า มะละกอ No-1-MCP แสดงว่า 1-MCPสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

สรุป

มะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รม 1-MCP มีสมบัติทางกายภาพ เคมี สรีรวิทยาที่ดีกว่ามะละกอ No-1-MCP ตลอดอายุการเก็บรักษา นั่นคือ มะละกอ 1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่า มีลักษณะโครงสร้างเซลล์ที่ยังมีความคงรูปมากกว่าและมีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ endoxylanase น้อยกว่ามะละกอ No-1-MCP อัตราการหายใจ ปริมาณเอทิลีน พบว่ามะละกอ1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ามะละกอ No-1-MCP นอกจากนั้นยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านความฉ่ำน้ำที่ดีกว่ามะละกอ No-1-MCP ตลอดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

Ergun, M., D.J. Huber, J.Jeong and J.A. Bartz. 2006. Extended shelf life and quality of fresh-cut papaya (*Carica papaya*) derived from ripe fruit treated with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene.J Am Soc Hort Sci 131: 97–103.

Harker, F.R., K. Lau and F. A.Gunson. 2003. Juiciness of fresh fruit: a time - intensity study. Posthavrvest Biolo Technol 29: 55-60.

Manenoi A., R.E. Paull, M. D. Habte, R. M. Manshardt, C.S. Tang and H.H. Albert. 2005. Papaya fruit xylanase: Translation and activity during fruit softening.The graduate division of the University of Hawaii for the degree of doctor of Philosophy. USA.

Thumdee,S., A. Manenoi, N.J. Chen and R.E. Paull.2010. Papaya Fruit Softening: Role of Hydrolases. Tropical Plant Biol. Technol 3: 98–109.

Shiga T.M., J.P. Fabi, J.R. do Nascimento, C.L. Petkowicz, F.M. Lajolo and B.R. Cordenunsi. 2009. Changes in cell wall composition associated to the softening of ripening papaya: evidence of extensive solubilization of large molecular mass galactouronides. J Agric Fd Chem 57:7064–7071