Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 532-535 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 532-535 (2555)

ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายขนาดโมเลกุลของเพคติน ในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

Effect of 1-methylcyclopropene on Changes in Content and Molecular Size Distribution of Pectin in Bruised Papaya

จุฑามาศ แสงสว่าง[1] และ ลำแพน ขวัญพูล[1]
Juthamas Sangsawang[1] and Lampan Khurnpoon[1]

Abstract

The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on changes in content and molecular size distribution of pectin in bruised 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya fruit was studied. The results showed that, both bruised papaya fruits from all treatments had increase of water soluble pecin (WSP) and KOH soluble pectin (KSP) content throughout the storage. 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya without 1-MCP before bruise impact had WSP at 57.2 and 69.3 µg/mgAIS, respectively and significantly different between treated and non-treated 1-MCP. 'Khak Dam' papaya treated with 1,000 ppb 1-MCP before impacted could delay the increase of WSP and KSP content and delayed the reduction of CDTA soluble pectin (CSP) and Na_2CO_3 soluble pectin (NSP) content. At 500 ppb 1-MCP was appropriate concentration for 'Pak Mai Lai' papaya to maintain the quality and shelf life. Molecular size distribution of pectin in bruised of 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' in all fractions shifted downward to small molecule. However, 1,000 and 500 ppb 1-MCP could delay the change in molecular size distribution of pectin in 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya, respectively.

Keywords: 1-MCP, pectin, molecular size

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า ผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทุกชุดการทดลองมีปริมาณของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ และในสารละลาย KOH เพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการทดลอง โดยผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่ไม่ได้รับสารและทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณของเพคตินที่ละลายในน้ำเท่ากับ 57.2 และ 69.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลที่ทำให้เกิดการช้ำที่ได้รับสารและไม่ได้รับสาร โดยผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH และสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ใน สารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 ขณะที่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย เมื่อค้นหาการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า ระหว่างการเก็บรักษาขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายในสารละลายชนิดต่างๆ มีขนาดเล็กลง และสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 และ 500 พีพีบี ยังสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินในมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายตามลำดับ

คำสำคัญ: 1-MCP เพคติน ขนาดโมเลกุล

คำนำ

การช้ำของผลมะละกอยังคงเป็นปัญหาสำคัญในการรับซื้อของตลาด เนื่องจากการช้ำเป็นสาเหตุทำให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมสภาพ และมีการเปลี่ยนแปลง เช่น สี การอ่อนนุ่มของเนื้อ ความสุก การสูญเสียของน้ำหนักสด อีกทั้งยังทำให้ราคาของผลผลิตตกต่ำอีกด้วย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ทำให้ผลมะละกอเกิดการอ่อนนุ่ม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์โดยเฉพาะเพคติน (pectin) โดยการทำงานของเอนไซม์บางชนิด เช่น polygalacturonase (PG) และ pectinmethylesterase (PME) เป็นต้น ทำให้ผนังเซลล์เกิดการสลาย ความแน่นเนื้อของผลลดลง เชื้อโรคสามารถ

[1] หลักสูตรพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1] Program of Horticulture, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

เข้าทำลายได้ง่าย อายุในการวางจำหน่ายสั้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ด้วยสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่เป็นสาเหตุทำให้เนื้อของผลไม้พวก climacteric เกิดการอ่อนนุ่ม (จริงแท้, 2550) ที่ผ่านมามีการใช้ 1-MCP ในมะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่าช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะละกอได้นานกว่าชุดควบคุมถึง 6 วัน ลดอัตราการผลิตเอทิลีน และลดอัตราการหายใจ (เทอดธวัช และคณะ, 2553) ขณะที่กันต์ธีร์และลำแพน (2553) พบว่าการรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb นาน 6 และ 12 ชั่วโมง ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวและการอ่อนนุ่มในเนื้อผลมะละกอได้ 10 วัน และการรมมะละกอพันธุ์ Eksotika ด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 90 และ 270 ppb สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวและการอ่อนนุ่มในเนื้อผลมะละกอได้ 10 และ 12 วัน ตามลำดับ มีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ catalase (CAT) และ ascorbate peroxidase (APX) (Ali and Mamat, 2010) จะเห็นได้ว่าสาร 1-MCP สามารถชะลอการอ่อนนุ่มในเนื้อผลมะละกอได้ จึงทำการศึกษาผลของสารชนิดนี้ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและขนาดโมเลกุลของเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ที่มีส่วนทำให้ผลเกิดการอ่อนนุ่มในผลที่เกิดการช้ำได้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายจากแปลงปลูกในอำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว โดยแต่ละผลมีความสม่ำเสมอของผล ทั้งขนาด น้ำหนักโดยประมาณ 1,500 กรัม และสีผิวผลที่ระยะสีเขียวมีแต้มเหลือง 5% พันธุ์ละ 100 ผล นำไปรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb และ 1,000 ppb นาน 12 ชั่วโมง แล้วทำให้เกิดการช้ำ โดยทำการตกกระทบด้านข้างบริเวณกึ่งกลางของผลด้วยลูกเหล็กหนัก 740 กรัม ที่ระดับความสูง 60 cm ใช้แรงในการตกกระทบเท่ากับ 4.4 J เก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน และทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 วัน แล้วนำตัวอย่างที่เก็บไว้มาทำการสกัดแยกเอาผนังเซลล์ออกจากส่วนอื่นๆ ด้วย เอทานอล 95% บดให้ละเอียดและกรองด้วยผ้าขาวบางนำเฉพาะส่วนเนื้อเยื่อที่กรองได้มาทำการล้างด้วยอะซีโตนปริมาตร 20 ml นำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแห้งมาบดละเอียด นำไปสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ (pectin fractions) คือ ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (WSP) ละลายในสารละลาย 1,2-Cyclohexane diaminetetra acetic acid (CSP), Sodium carbonate (NSP) และ Potassium hydroxide (KSP) ตามลำดับ ดัดแปลงตามวิธีการของ Brummell *et al*. (2004a) โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) รวมทั้งหมดมี 6 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ

ศึกษาการกระจายตัวขนาดโมเลกุลของเพคติน โดยการนำตัวอย่างที่สกัดได้ในแต่ละ fraction ปริมาตร 10 ml มาโหลดตัวอย่างลงบนคอลัมน์ที่มีปริมาตร 22.61 cm^3 บรรจุด้วย sepharose CL 4B เพื่อหาขนาดโมเลกุลของเพคติน จากนั้นชะด้วยสารละลาย sodium acetate buffer pH 6.0 มีอัตราการเคลื่อนที่ของสารผ่านคอลัมน์เท่ากับ 0.25 cm^3/min เก็บตัวอย่างที่เคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ปริมาตร 3 ml ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นดูดตัวอย่างจากแต่ละหลอดปริมาตร 1 ml เติมสารละลาย sodium tetraborate ($Na_2B_4O_7$) ความเข้มข้น 0.01250 M ใน conc. sulfuric acid (H_2SO_4) ปริมาตร 1 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 ºC เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย m-hydroxyphenyl ความเข้มข้น 0.15% ใน sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 0.5% ปริมาตร 100 µl เขย่าส่วนผสมให้เข้ากัน และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Brummell *et al*. (2004b)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า ผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทุกทรีตเมนต์มีปริมาณของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ และในสารละลาย KOH เพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่ามากที่สุดในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่ไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 57.2 และ 69.3 µg/mg AIS ตามลำดับ และมีปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH เท่ากับ 26.6 และ 32.1 µg/mg AIS ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายตามลำดับ ขณะที่ปริมาณของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และสารละลาย Na_2CO_3 มีปริมาณของเพคตินลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลที่ไม่ได้รับสารและทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 มีค่าเท่ากับ 44.6 และ 35.8µ g/mg AIS ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ส่วนในผลพันธุ์ปลักไม้ลายมีค่าเท่ากับ 56.7 และ 41.5 µg/mg AIS และพบว่าผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb และผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายที่ได้รับสาร

1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH และสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 (Table 1) สำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินพบว่า ขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายในสารละลายชนิดต่างๆ ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ มีขนาดเล็กลงระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ โดยผลที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppb มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าผลที่ได้รมสาร และพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในการรมสาร 1-MCP สำหรับผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ ปลักไม้ลายคือ 1,000 และ 500 ppb ตามลำดับ (Figure 1)

Table 1 Change in soluble pectin in 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya fruits from treated and non-treated 1-MCP then impacted from height level at 60 cm, stored at room temperature for 6 days

Treatments	μg galacturonic acid/mg AIS			
Khak Dam	WSP	CSP	NSP	KSP
Control + Non-Bruised	51.9 ± 3.4 ab[1/]	41.7 ± 4.9 ab	32.8 ± 1.2 a	19.3 ± 2.5 b
Control + Bruised	57.2 ± 3.6 a	44.6 ± 1.9 a	35.8 ± 2.8 a	26.6 ± 3.3 a
500 ppb 1-MCP + Non-Bruised	43.6 ± 1.9 bc	35.6 ± 1.6 bc	27.8 ± 3.6 b	18.7 ± 4.2 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	47.2 ± 4.0 bc	40.1 ± 6.4 ab	34.2 ± 3.4 a	22.2 ± 3.1 ab
1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised	40.4 ± 4.4 c	29.2 ± 1.1 c	17.1 ± 1.9 c	17.4 ± 1.0 b
1000 ppb 1-MCP+ Bruised	44.7 ± 7.9 bc	33.1 ± 2.9 c	20.8 ± 2.4 c	20.7 ± 1.4 b
Pak Mai Lai				
Control + Non-Bruised	64.4 ± 3.5 ab[1/]	52.5 ± 2.4 ab	37.8 ± 2.0 ab	26.8 ± 2.8 ab
Control + Bruised	69.3 ± 4.1 a	56.7 ± 3.9 a	41.5 ± 4.0 a	32.1 ± 1.6 a
500 ppb 1-MCP + Non-Bruised	51.8 ± 3.5 d	41.8 ± 6.3 b	28.7 ± 7.8 b	22.7 ± 3.9 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	59.3 ± 3.2 bc	49.4 ± 1.5 ab	32.7 ± 4.2 ab	24.2 ± 3.3 b
1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised	55.3 ± 1.9 cd	46.3 ± 11.5 ab	35.5 ± 5.7 ab	25.6 ± 3.2 b
1000 ppb 1-MCP+ Bruised	60.2 ± 2.1 bc	51.5 ± 3.2 ab	38.9 ± 10.6 ab	27.7 ± 4.4 ab

[1/]Mean ± SD followed by different letters within columns for each cultivar are significantly different by DMRT„ $P < 0.05$

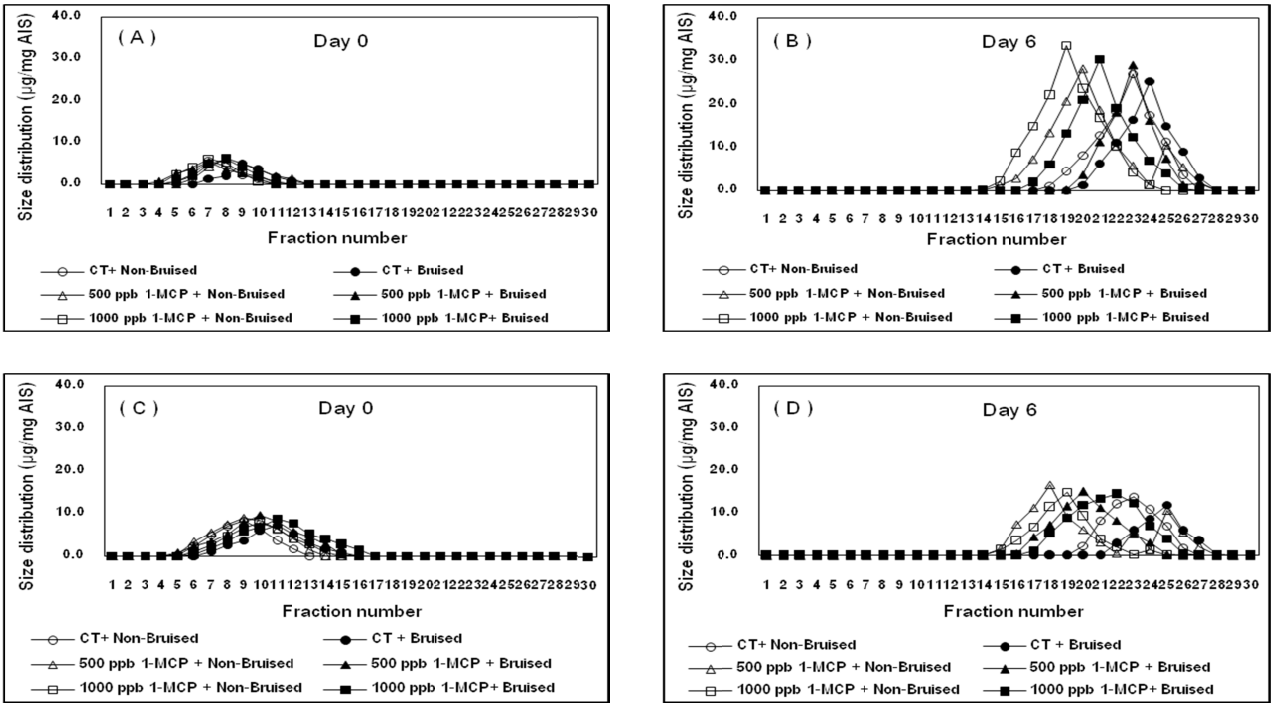

Figure 1 Changes in molecular size distribution of water soluble pectin on day 0 (A, C) and day 6 (B, D) in 'Khak Dam' (A, B) and 'Pak Mai Lai' (C, D) papaya from treated and non-treated 1-MCP then impacted from height level at 60 cm, stored at room temperature for 6 days

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า ผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่ไม่ได้รมสารและทำให้เกิดการช้ำมีค่าปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ มากกว่าผลที่ได้รมสารและไม่ทำให้เกิดการช้ำ โดยการรมสาร 1-MCP ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ เพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH และสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ใน สารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 อีกทั้งยังช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 1,000 และ 500 ppb ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสาร 1-MCP มีประสิทธิภาพในการชะลอการลดลงของปริมาณเพคติน อาจเกี่ยวข้องกับไปยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายผนังเซลล์ (จริงแท้, 2550) เช่นเดียวกับการศึกษาในลูกพลับโดยใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 3 ppm สามารถชะลอกิจกรรมของ pectin methylesterase (PME) และ polygalacturonase (PG) ในระหว่างการสุก และลดการเพิ่มขึ้นของเพคตินที่ละลายน้ำได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Luo, 2007) และสาร 1-MCP สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้โดยการเข้าไปจับกับตัวรับเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่มีผลในการกระตุ้นการสุกของผล และการเปลี่ยนแปลงผนังเซลล์ซึ่งจะทำให้ผลไม้เกิดการอ่อนนุ่ม ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าระหว่างที่ผลมะละกอเกิดการสุกมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์โดยเฉพาะเพคติน และเมื่อผลมะละกอเกิดการช้ำ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดเร็วขึ้น ทำให้ผลิตผลเกิดความเสียหายหลังเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว เกิดการย่อยสลายของ เพคตินทำให้ละลายในน้ำเพิ่มมากขึ้น และมีขนาดของโมเลกุลเล็กลง สอดคล้องกับการทำงานของเอนไซม์ PG ในกระบวนการสุกของมะละกอพันธุ์ Maradol (Sãnudo-Barajasa *et al*. 2009)

สรุป

การรมด้วยสาร 1-MCP ก่อนการทำให้เกิดการช้ำช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH และสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 อีกทั้งยังช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ และพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของการรมด้วยสารในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายคือ 1,000 และ 500 ppb ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หลักสูตรพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กันต์ธีร์ สิริเวชพันธุ และลำแพน ขวัญพูล. 2553. การชะลอการสุกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำด้วยสาร 1-methylcyclopropene. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1 พิเศษ): 23-26.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2544. รายงานเกณฑ์คุณภาพและวิธีการตรวจวัดคุณภาพวัตถุดิบมะละกอเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช และลำแพน ขวัญพูล. 2548. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์และกิจกรรมของเอนไซม์ระหว่างการแตกของผล และการอ่อนนุ่มของเนื้อทุเรียน. Postharvest Nesletter 4(2): 5.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.

เทอดธวัช โสภณดิลก, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และวาริช ศรีละออง. 2553. การใช้ 1-MCP ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอพันธุ์แขกดำ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1 พิเศษ): 27-30.

Ali, Z. M. and S. M. Mamat. 2010. Response of papaya ('Eksotika') fruit to different 1-methylcyclopropene concentrations. ISHS Acta Horticulturae 880: 347-352.

Brummell, D. A., V. D. Cin, S. Lurie, C. H. Crisosto and J. M. Labavitch. 2004a. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. Journal of Experimental Botany 55: 2041-2052.

Brummell, D. A., V. D. Cin, S. Lurie, C. H. Crisosto and J. M. Labavitch. 2004b. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. Journal of Experimental Botany 55: 2029-2039.

Luo, Z. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit. Food Science and Technology 40: 285-291.

Sãnudo-Barajasa, J. A., J. M. Labavitch, C. Greveb, T. Osuna-Encisoa, A. D. Muy-Rangel and J. Siller-Cepedaa. 2009. Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases. Postharvest Biology and Technology 51: 158-167.