

ผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวและคุณภาพของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย
Effect of 1-MCP on Peel Color and Quality Changes in 'Khaek Dam' and 'Pak Mai Lai' Papaya Fruits

กันต์ธีร์ สิริเวชพันธุ์¹ และ ลำแพน ขวัญพูล¹
Kanthee Sirivejabandhu¹ and Lampan Khumpoon¹

Abstract

The effect of 1-MCP on peel color and quality changes in 'Khaek Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya fruits harvested in the hot and cold seasons from Sakaeo province were studied. Fruit samples were treated with 0 (control) 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 hours. The results showed that the fruit of both papaya cultivars treated with 1-MCP exhibited slower peel color change than the non-treated fruits. The changes in L^* , a^* and b^* values of the peel of fruits treated with 1-MCP occurred more slowly than those of the non-treated fruits, but these was no significant difference between seasons. The pulp color change showed no difference among treatments, but tended to increase during storage. The papayas treated with 1-MCP showed higher pulp firmness than the non-treated fruits without significant difference between seasons. After 6 days in storage, the papayas treated with 1-MCP had lower percentage of weight loss than the non-treated fruits (approximately 6 and 3% for 'Khaek Dam' and 'Pak Mai Lai' papayas, respectively). At the end of storage, the papayas treated with 1-MCP had higher TSS/TA than the non-treated fruits. The 1-MCP treated fruits showed decrease of chlorophyll a and b content and chlorophyllase activity compared with the non-treated fruits in storage period without significant difference between seasons.

Keywords: papaya, chlorophyll, chlorophyllase activity

บทคัดย่อ

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงสีผิวและคุณภาพของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อนและฤดูหนาวจากสวนเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว ที่รมด้วย 1-methylcyclopropene (1-MCP) ความเข้มข้น 500 และ 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง พบว่าผลมะละกอทั้งสองพันธุ์ที่รมด้วย 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวช้ากว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมด้วย 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* , a^* และ b^* ของสีเปลือกช้ากว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมสาร แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผลที่รมและไม่ได้รมด้วย 1-MCP เมื่อวัดคุณภาพของผลมะละกอระหว่างการเก็บรักษา พบว่าการรมผลมะละกอด้วย 1-MCP สามารถชะลอการอ่อนนุ่มของเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้รมสาร และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว ในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษาผลมะละกอที่รมด้วย 1-MCP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดต่ำกว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมด้วยสารประมาณ 6 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ในมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่รมด้วย 1-MCP มีสัดส่วน TSS/TA สูงกว่าผลที่ไม่ได้รมสาร การรมผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เก็บเกี่ยวใน 2 ฤดูด้วย 1-MCP สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และ บี และลดกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เอสตลอดการเก็บรักษา และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: มะละกอ คลอโรฟิลล์ กิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เอส

คำนำ

มะละกามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carica papaya* L. อยู่ในวงศ์ Caricaceae และมีชื่อสามัญคือ papaya เป็นไม้ผลล้มลุกขนาดกลาง เป็นพืชปลูกง่ายโตเร็ว ให้ผลเร็ว ให้ผลได้ตลอดทั้งปี สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพภูมิอากาศ (โกศล, 2548) ผลมะละกอสุกอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยสังเกตได้จากสีของเปลือกเปลี่ยนจากเขียวเป็นเหลือง การเปลี่ยนสีของผลผลิตเกิดจากการสังเคราะห์และการสลายของสารสีบางชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ ซึ่งให้สีเขียว มีการสังเคราะห์เกิดขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงช่วงชีวิตสุดท้ายของเซลล์ที่มีการสังเคราะห์แสง แต่ขณะเดียวกันคลอโรฟิลล์ก็มีการสลายอยู่ตลอดเวลา

¹ หลักสูตรพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Program of Horticulture, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

เช่นกัน โดยปริมาณของคลอโรฟิลล์ขึ้นอยู่กับแสง ในที่มีแสงมากจะกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ในปริมาณมาก นอกจากนี้ปริมาณของคลอโรฟิลล์ยังขึ้นกับอายุของพืชหรือส่วนของพืชด้วย และพบว่าการสลายของคลอโรฟิลล์ ยังขึ้นอยู่กับกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัว โดยแยกเอาส่วนที่เป็นไฟโพล ออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ซึ่งคาดกันว่ามีความสำคัญต่อการสลายของคลอโรฟิลล์ โดยในอดีตได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ เช่น การเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ประมาณ 10 องศาเซลเซียส การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตบางกลุ่ม เช่น ไซโทโคนิน และจิบเบอเรลลิน สามารถช่วยชะลอการสลายของคลอโรฟิลล์ได้ (จริงแท้, 2550)

1-Methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดยมีความสามารถในการแย่งพื้นที่จับกับตัวรับสัญญาณเอทิลีนได้ดีกว่าเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ จึงสามารถชะลอกระบวนการสุก ทำให้ผักและผลไม้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น 1-MCP อยู่ในกลุ่มสาร cyclopropene เป็นสารไม่มีกลิ่น และไม่เป็นพิษ ซึ่งในปี 1999 ได้รับการยอมรับจาก Environmental Protection Agency (EPA) ของสหรัฐอเมริกา สำหรับใช้ในดอกไม้ ใช้ชื่อทางการค้าว่า Ethyl bloc® และยังมีการพัฒนามาใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทยืดอายุผลไม้โดยใช้ชื่อการค้าว่า Smart Fresh™ 1-MCP ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีความเป็นพิษในระดับที่ต่ำมาก (จริงแท้, 2550) ดังนั้นในงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวและคุณภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ในระหว่างการสุก และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์และกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส ระหว่างการสุกของผลมะละกอทั้งสองพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อนและฤดูหนาว

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวและคุณภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่พัฒนาผลในช่วงฤดูร้อน (เดือน เมษายน ถึง พฤษภาคม) และฤดูหนาว (เดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์) เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกรในพื้นที่ จ. สระแก้ว นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง จากนั้นนำผลมะละกอมารมด้วย 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 พีพีพี เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับผลมะละกอที่ไม่ได้รมสาร โดยแบ่งเป็น 3 ทริทเมนต์ คือ 1) ไม่รมสาร (ชุดควบคุม) 2) รม 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีพี นาน 12 ชั่วโมง และ 3) รม 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีพี นาน 12 ชั่วโมง แต่ละหน่วยทดลองมี 4 ซ้ำๆ ละ 6 ผล เก็บรักษาผลมะละกอไว้ในอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) และบันทึกผลทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 10 วัน

ทำการบันทึกสีผิว และสีเนื้อ ด้วยเครื่องวัดสี Color Flex ในระบบ CIE L a b color space โดยค่า L* คือค่าความสว่าง มีค่าเท่ากับ 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว ค่า a* โดยถ้าค่า a* เป็นบวก (+) คือสีแดง ค่า a* เป็นลบ (-) คือสีเขียว และค่า b* โดยถ้าค่า b* เป็นบวก (+) คือสีเหลือง ค่า b* เป็นลบ (-) คือสีน้ำเงิน การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์) ความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง firmness tester (นิวตัน) จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อจำนวน 50 กรัมมาคั้นน้ำ นำน้ำคั้นไปวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ด้วย hand refractrometer และนำไปวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) โดยใช้วิธีการไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน (0.1N NaOH) จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกเพื่อวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ บี โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Dere *et al.* (1998) และวัดกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Hershkovitz *et al.* (2005)

ผลการทดลอง

ผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่รมด้วย 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสีผิว (ค่า L*, a* และ b*) ซ้ำกว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมสาร แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างระหว่างฤดูการเก็บเกี่ยว ขณะที่ผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายที่เก็บเกี่ยวจากทั้งสองฤดูกาลและรมด้วย 1-MCP มีค่า a* ต่ำกว่าผลที่ไม่รมสาร และผลมะละกอที่เก็บเกี่ยวในฤดูหนาวรมด้วย 1-MCP มีค่า b* ต่ำกว่าผลที่ไม่รมสาร แต่ไม่มีความแตกต่างในส่วนของคุณค่า L* ขณะที่การเปลี่ยนแปลงค่าสีเนื้อ มีค่า L*, a* และ b* ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผลที่รมและไม่ได้รมด้วย 1-MCP โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (Table 1)

ผลมะละกอที่รมด้วย 1-MCP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดต่ำกว่าผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่ไม่ได้รมด้วยสารประมาณ 6 และ 3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างระหว่างระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว (Table 1)

ความแน่นเนื้อของผลมะละกอที่ไม่ได้รมและที่รมด้วย 1-MCP มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลที่ไม่ได้รมสารมีความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่ผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่รมด้วย 1-MCP ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมด้วยสารประมาณ 100 และ 80 นิวตัน ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว สำหรับค่าสัดส่วนปริมาณ TSS/TA ของผลมะละกอทั้งสองพันธุ์ที่ไม่ได้รมและ

ที่รมด้วย 1-MCP พบว่ามีค่าสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และพบว่าผลมละกะกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม่ลายที่รมด้วย 1-MCP มีค่าสัดส่วนปริมาณ TSS/TA สูงกว่าผลที่ไม่ได้รมสาร แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว (Table 1)

Table 1 Changes in peel color (L^* , a^* and b^*), weight loss (%), firmness (N) and TSS/TA ratio in 'Khaek Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya fruits after treatments with 0 (control), 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 hours then stored at room temperature for 10 days.

Cultivar	Treatment	L^*	a^*	b^*	Weight loss (%)	Firmness (N)	TSS/TA
'Khaek Dam' hot	CT-hot	53.2±9.5a ¹¹	5.8±10.3a	38.6±15.9a	17.6±14.0a	22.7±2.3b	70.5±0.0a
	500 ppb-hot	47.6±12.7b	0.3±9.5b	33.8±18.6b	4.8±4.0b	127.7±1.8a	36.5±8.7b
	1,000 ppb-hot	48.0±12.1b	1.8±10.8b	34.9±18.5b	11.8±11.9b	121.5±2.2a	39.3±7.1b
'Khaek Dam' cold	CT-cold	52.2±7.3a	5.4±4.7a	38.2±5.6a	12.6±6.7a	23.0±1.6b	54.2±0.0a
	500 ppb-cold	48.2±3.8b	0.9±5.2b	33.8±3.1b	8.1±1.6b	122.7±1.8a	28.3±4.5b
	1,000 ppb-cold	47.6±3.3b	1.8±1.2b	34.2±3.6b	10.5±3.9b	121.5±2.2a	27.0±1.9b
'Pak Mai Lai' hot	CT-hot	58.0±5.9a	18.9±3.9a	49.5±8.9a	16.6±0.0a	26.2±1.2b	75.4±0.0a
	500 ppb-hot	60.8±4.4a	7.6±7.0b	54.2±6.2a	17.1±11.7a	100.2±2.0a	21.3±2.1b
	1,000 ppb-hot	60.7±3.7a	10.4±6.4b	54.8±5.3a	12.1±11.7a	98.0±2.1a	22.7±0.8b
'Pak Mai Lai' cold	CT-cold	58.9±2.0a	18.7±4.3a	56.9±4.5a	13.3±0.0a	36.2±6.2b	75.3±0.0a
	500 ppb-cold	60.8±1.0a	8.3±1.1b	52.3±4.0b	11.2±1.6a	105.4±2.3a	26.6±2.6b
	1,000 ppb-cold	60.7±3.3a	9.1±1.6b	53.3±6.2b	9.5±1.5a	110.3±2.3a	27.6±1.7b

1/ Mean ±SD followed by different letters within columns are significantly different by Duncan's multiple range test, $P < 0.05$

การรวมผลมละกะกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม่ลายที่เก็บเกี่ยวจากในสองฤดูกาลและรมด้วย 1-MCP จะลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Figures 1A, C) และ บี (Figures 1B, D) ส่วนผลมละกะกอทั้งสองพันธุ์ที่ไม่ได้รมสารมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว และพบว่าผลมละกะกอทั้งสองพันธุ์ที่รมสาร 1-MCP มีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสต่ำกว่าผลมละกะกอที่ไม่ได้รมสารตลอดการเก็บรักษา โดยผลมละกะกอพันธุ์แขกดำที่ไม่ได้รมสารมีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสสูงสุดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีกิจกรรมมากกว่าผลที่รมสารประมาณ $55 \mu\text{mol/mg protein/min}$ ส่วนผลมละกะกอพันธุ์ปลักไม่ลายมีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสสูงสุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยมีกิจกรรมมากกว่าผลที่รมด้วยสารประมาณ $6 \mu\text{mol/mg protein/min}$ ในขณะที่ผลมละกะกอทั้งสองพันธุ์ที่รมด้วย 1-MCP มีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตามอายุการเก็บรักษา แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยว (Figures 2A, B)

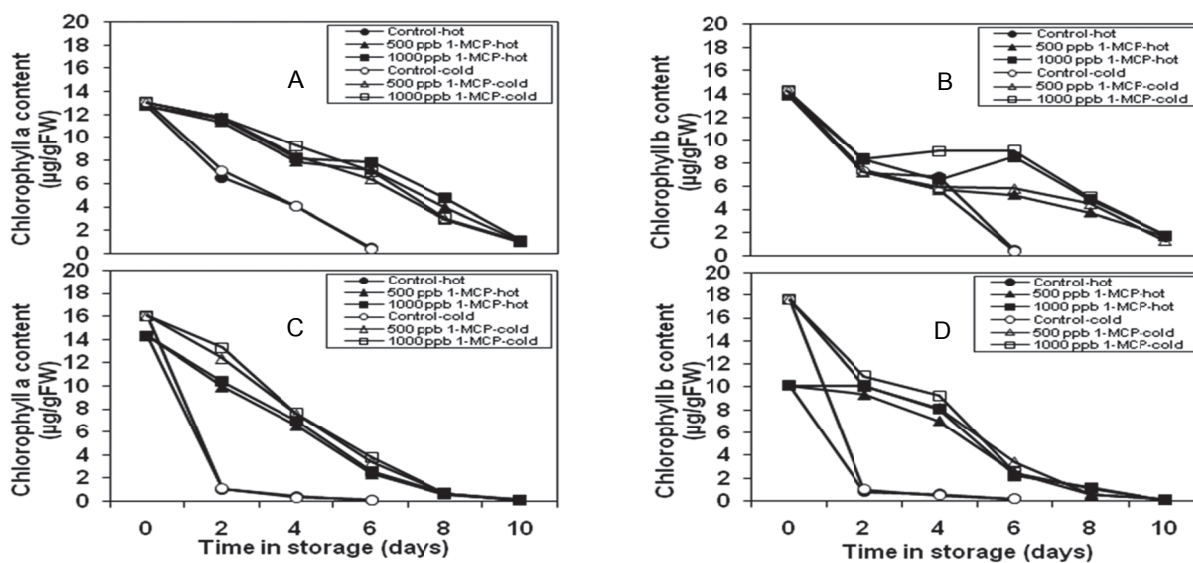


Figure 1 Chlorophyll a (A, C) and chlorophyll b (B, D) content in 'Khaek Dam' (A, B) and 'Pak Mai Lai' (C, D) papaya fruits after treatment with 0 (control), 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 hours and storage at room temperature for 10 days.

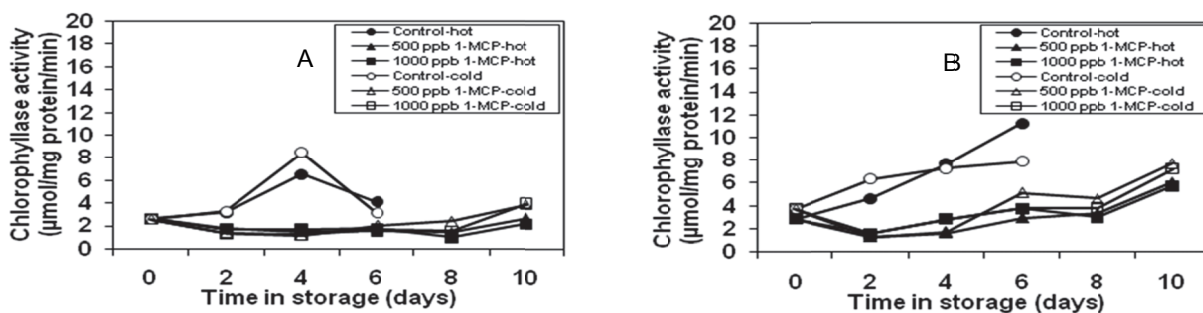


Figure 2 Chlorophyllase activity in 'Khaek Dam' (A) and 'Pak Mai Lai' (B) papaya fruits after treatment with 0 (control), 500 and 1,000 ppb 1-MCP for 12 hours and storage at room temperature for 10 days.

วิจารณ์ผล

จากการทดลองรวมผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทำให้ผลมะละกอมีการเปลี่ยนแปลงสีผิว และการอ่อนนุ่มของเนื้อช้ำกว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมสาร เนื่องจากสาร 1-MCP เข้าไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายของคลอโรฟิลล์ โดยไปกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส และกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายผนังเซลล์ เช่น polygalacturonase (PG), pectinesterase (PE) หรือ cellulase เป็นต้น ทำให้ชะลอการอ่อนนุ่มได้ (จริงแท้, 2550) โดยผลที่รมด้วย 1-MCP มีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลที่ไม่ได้รมสาร 4 วัน สอดคล้องกับการศึกษาในผลมะละกอพันธุ์โกลด์ ซึ่งพบว่าการรมด้วย 1-MCP ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้นานกว่าการไม่ได้รมสารถึง 5 วัน และชะลอการอ่อนนุ่มได้นาน 10 วัน (Manenoi et al., 2007) และในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย การรมด้วย 1-MCP ชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ บี และชะลอกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสได้ การศึกษาของ Bron et al. (2006) พบว่าการรมผลมะละกอพันธุ์ 'Golden' ด้วย 1-MCP สามารถชะลอการอ่อนนุ่มของผล และการเปลี่ยนสี และจากการศึกษาของ Luo et al. (2009) พบว่าการรมผลพลัมพันธุ์ 'Qingnai' ด้วย 1-MCP ชะลอการอ่อนนุ่ม ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส และการเปลี่ยนสีผิวระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งการที่ 1-MCP สามารถชะลอการเปลี่ยนสีได้นั้น เนื่องมาจาก 1-MCP ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส ที่ทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อ 1-MCP ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ จึงทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงและช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ (มาระตรี และอุษณา, 2550)

สรุป

จากการทดลองรวมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อนและฤดูหนาวพบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของผิว ชะลอการอ่อนนุ่มของเนื้อ ชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ ลดกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส และยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลที่ไม่ได้รมสารประมาณ 4 วัน แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด และปริมาณ TSS/TA

เอกสารอ้างอิง

โกศล มารมย์. 2548. การปลูกไม้ผล 9 ชนิด. สำนักพิมพ์ภูมิปัญญา. กรุงเทพฯ. 168 หน้า.
 จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางขายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.
 มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และ อุษณา ไตรนอก. 2550. ผลของ 1-MCP ที่มีต่อผักและผลไม้. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.journal.msu.ac.th/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=38. (28 กันยายน 2552).
 Bron, I. U., A. P. Jacomino and A. L. Pinheiro. 2006. Influence of ripening stage on physical and chemical attributes of 'Golden' papaya fruit treated with 1- methycyclopropene. *Bragantia Campinas* 65: 553-558.
 Dere, S., T. Gunes and R. Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll – A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turk J Bot.* 22: 13-17.
 Hershkovitz, V., S. I. Saguy and E. Pesis. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biol. Technol.* 37: 252-264.
 Luo, Z., J. Xie, T. Xu and L. Zhang. 2009. Delay ripening of 'Qingnai' plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene. *Plant Sci.* 177: 705-709.
 Manenoi, A., E. R. V. Bayogan, S. Thumdee and R. E. Paull. 2007. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 44: 55-62.