

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

-
1. ชุดโครงการวิจัย : -
 2. โครงการวิจัย : การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก (โครงการวิจัยเดี่ยว)
กิจกรรม : การใช้ 1-Methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
 3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ผลของการใช้สาร 1-MCP ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Effect of 1-MCP Treatments to Extend Shelf Life of Fresh Produce
 4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง: นางสาวปรารค์ทอง กวานห้อง กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
ผู้ร่วมงาน:
นางศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ:

1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการชะลอการสุกของผลไม้หลายชนิดและช่วยให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบการใช้สาร 1-MCP เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ระหว่างเดือนกันยายน 2554 - เดือนตุลาคม 2558 โดยนำผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ความแก่ประมาณ 80% (อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วันหลังดอกบาน) มาผ่านคัดเลือกให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย จากนั้น ล้างทำความสะอาดก่อนแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น $250 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ เป็นเวลา 3 นาที เพื่อควบคุมโรคจากเชื้อรา แล้วผึ่งจนแห้งก่อนนำไปทำการทดลองกับสาร 1-MCP ต่อไป

ในการทดลองแรก เป็นการหาระดับความเข้มข้นของสาร 1-MCP และระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมสาร 1-MCP ทำโดยนำมะม่วงรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 1.0 1.5 และ 2.0 μL^{-1} เป็น ระยะเวลา 3 6 หรือ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากนั้น นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ส่วนการทดลองต่อมาเป็นการศึกษาผลการชะลอการสุกของมะม่วงโดยใช้สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0 1.0 1.5 และ 2.0 μL^{-1}) รมเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์บางชนิด คือ 1) ห่อผลด้วยโฟมตาข่าย 2) หุ้มผลด้วยฟิล์มยืดพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่าย และ 3) บรรจุมะม่วงที่หุ้มโฟมตาข่ายในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ที่เจาะรูขนาด \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 40 รู ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และในการทดลองสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบผลของ 1-MCP ต่ออายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงในระดับกึ่งพาณิชย์ โดยนำผลมะม่วงรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.5 μL^{-1} เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผลที่ไม่รมสาร จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทำการเช็คคุณภาพผลทุกสัปดาห์และตรวจสอบการสุกของผลมะม่วงด้วยการเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจนผลสุก

ผลการทดลองพบว่า การรมผลมะม่วงด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มในการช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงให้ช้าลงกว่าผลที่ไม่รมสารเฉลี่ยนาน 3 วัน หลังการเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 หรือ 2.0 μL^{-1} นาน 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์บางชนิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วง โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการนิ่มและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยให้ผลมะม่วงสุกช้ากว่าการไม่รมสาร ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นโดยมะม่วงยังคงสุกได้ตามปกติ การรมมะม่วงด้วย 1-MCP 2.0 μL^{-1} ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่ายช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้ดีกว่าความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเก็บได้นานสูงสุดถึง 34 วัน ขณะที่มะม่วงที่ไม่รมสารและห่อด้วยโฟมตาข่ายเก็บรักษาได้นานเพียง 26 วัน และเมื่อใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุมะม่วงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 37 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับและในการทดสอบการใช้สาร 1-MCP ในระดับการใช้งานกึ่งพาณิชย์ พบว่า สาร 1-MCP มีแนวโน้มที่ดีในการช่วยรักษาคุณภาพ ชะลอการสุก และยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ได้นานขึ้นกว่าการไม่ใช้สาร

คำหลัก: มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้ บรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา

Abstract:

1-methylcyclopropene (1-MCP) has been reported to delay fruit ripening, resulting in prolonged storage life. The effects of the application of 1-MCP on maintaining the quality and delaying the fruit ripening of 'Nam Dok Mai' mangoes were investigated. This study was done at Laboratory of Postharvest Horticultural Crops, Postharvest and Processing Research

and Development Division, Department of Agriculture during September 2011 - October 2015. The mango fruits harvested at fully mature-green stage were selected for uniform size and maturity stage with absence physical damages. Then, the fruits were cleaned and dipped into hot-water at 55°C for 5 min. and 250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ prochloraz for 3 min. to control postharvest diseases in mangoes. After air-drying, the fruits were placed in a sealed container and fumigated with 1-MCP.

The first experiment, mango fruits were treated with 1-MCP at the concentration of 0.0, 1.0, 1.5 and 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 3, 6 and 12 hours at 20°C. After treatment, the fruits were stored at 13°C. The second experiment aimed to observe the effect of different concentrations of 1-MCP and packaging materials on quality changes and storage life of mango fruits. Mangoes were fumigated with 0.0 (control), 1.0, 1.5 and 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ of 1-MCP for 6 hours at 20°C. Then, the fruits were packed with three types of packaging; 1) covering with polyethylene [PE] foam net, 2) wrapping the fruit with polyvinyl chloride [PVC] stretch film before covering with PE foam net, and 3) placing the fruit with PE foam net into perforated polyethylene plastic bags, inside corrugated boxes. All the treated fruits were stored at 13°C. And the last experiment was studied in application of 1-MCP for semi-commercial purpose. The fruits were treated with 1.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ of 1-MCP for 12 hours at 20°C to compare with untreated fruits prior to storing at 13°C. All experiments were obtained the quality changes after storage at 13°C every week and some fruits were transferred to store at 25°C for ripening.

The results indicated that the 1-MCP-treated fruits showed the delay of fruits ripening longer than untreated fruits after storage at 25°C for 3 days. 1-MCP fumigation at 1.5 or 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 6 or 12 hours had higher efficiency in delay the fruit ripening than other treatments. For combination of 1-MCP and packaging materials, it found that both 1-MCP treated and untreated mango fruits covering with PE foam net had higher weight loss than other packaged fruits. Fruit firmness decreased more slowly in 1-MCP-treated fruits than in untreated fruits. Moreover, compared to untreated fruits, fruits with 1-MCP treatments still ripened as usual but the treated fruits delayed their ripening and had longer storage life. The mangoes treated with 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP had the longest of storage life of 34 days. In addition, 1-MCP treatment combined with PVC film or perforated PE bags could reduce weight loss and prolong storage life of mango fruits up to 37 days without a difference in quality. Their eating quality was still acceptable. And the result of semi-commercial trial, it revealed that application of 1-MCP could benefit to maintain the quality changes of

mangoes with the lower weight loss and softness. It also delayed the fruit ripening and extended the shelf life of mango fruits.

Keywords: *Mangifera indica* L, Mangoes, Nam Dok Mai, 1-methylcyclopropene, packaging

6. คำนำ:

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและหลายประเทศ โดยเป็นที่นิยมทั้งในการบริโภคสดและแปรรูป มะม่วงเป็นผลผลิตส่งออกที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยในการส่งออกผลมะม่วงสำหรับการรับประทานสดในปี 2558 ที่ผ่านมา พบว่า มีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 34 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2016) ซึ่งส่วนใหญ่มะม่วงที่มีการส่งออกเป็นมะม่วงที่บริโภคเมื่อผลสุก พันธุ์ที่เป็นที่นิยมสำหรับการส่งออก ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง และน้ำดอกไม้เบอร์สี่) อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่พบในการส่งออกผลมะม่วงไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ คือ การเสื่อมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการวางจำหน่ายสั้น โดยเฉพาะตลาดที่อยู่ห่างไกลซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งนาน ทั้งนี้เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric ที่มีกระบวนการสุกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีซึ่งนำไปสู่การเสื่อมสภาพของผล รวมทั้งผลมะม่วงยังคงมีการเกิดโรคขึ้นแม้มีการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา (Lizada, 1993)

โดยทั่วไป เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสุกของผลไม้ ดังนั้น การยับยั้งการตอบสนองต่อเอทิลีนจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีการนำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว 1-methylcyclopropene หรือ 1-MCP มีสูตรทางเคมี คือ C_4H_6 เป็นสารที่ออกฤทธิ์ในรูปก๊าซ โดยการแย่งพื้นที่ในการจับกับตัวรับเอทิลีนภายในเนื้อเยื่อพืช ทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ส่งผลให้พืชสนองตอบต่อเอทิลีนลดลง จึงถูกนำมาใช้เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนในพืชหลายชนิดทั้งผัก ผลไม้ และไม้ดอก (Sisler and Serek, 1997; Blankenship and Dole, 2003) ความเข้มข้นของ 1-MCP ที่ใช้มีตั้งแต่ความเข้มข้นต่ำที่ระดับ $2.5 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$ จนถึง $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เวลาที่ใช้ในการรม อุณหภูมิ และวิธีการใช้ แต่โดยทั่วไปนิยมนำไปใช้ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส (Blankenship and Dole, 2003)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า 1-MCP ช่วยชะลอการนิ่ม การสุก และรักษาคุณภาพของผลไม้ประเภท climacteric หลายชนิด ได้แก่ อะโวคาโด (Hershkovitza *et al.*, 2005; Jeong *et al.*, 2002) กัลย (Zhang *et al.*, 2006; Zhu *et al.*, 2015) มะละกอ (Ahmad *et al.*, 2013) และสาลี (Argenta *et al.*, 2003) สำหรับงานวิจัยผลของการใช้ 1-MCP ในมะม่วงเพื่อชะลอการสุก การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษา และการชะลอการเกิดโรค ได้เคยมีการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ การใช้สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ รมผลมะม่วงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส ได้ดีที่สุด (จารุวัฒน์และศิริชัย, 2545) การรมผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่ 25 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการสุกของผลได้

นานถึง 9 วัน โดยที่มะม่วงยังสามารถสุกได้ตามปกติ (กันยาและคณะ, 2549) การรมผลมะม่วงพันธุ์เขียวมรกตด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อและการนิ่มของผลมะม่วง ชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ กรดซิตริก และวิตามินซี และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลฟรักโทสได้ดีที่สุด (ยงยุทธและदनัย, 2550) การรมด้วยสาร 1-MCP มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $65\pm 5\%$ โดยการชะลอการเปลี่ยนแปลงของ สีผล ความนิ่มของผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ซึ่ง 1-MCP ความเข้มข้น $0.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดถึง 7 วัน เมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP (Pauziah and Reza Ikwan, 2014) การศึกษาผลของ 1-MCP ในผลมะม่วงพันธุ์ Keitt พบว่ามีผลต่อการชะลอการนิ่มและการสุกของผลมะม่วง ทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น (Nghiem and Shiesh, 2010; Osuna-Garcia *et al.*, 2007) นอกจากนี้ การใช้ 1-MCP ในมะม่วงพันธุ์ Keitt ที่ผ่านและไม่ผ่านขบวนการ hot water treatment (HWT) สามารถช่วยชะลอการนิ่มของผลและยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้เช่นเดียวกัน (Ngamchuachit *et al.*, 2014) และในการทดลองกับมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride พบว่า การรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $0.25 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการสุกได้นานขึ้นกว่าผลที่ไม่ได้รมสารถึง 37% (Hofman *et al.*, 2001)

นอกจากนี้ การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศตัดแปลงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาผลมะม่วงให้ยาวนานขึ้นได้ โดยมีรายงานจากการวิจัยประสิทธิภาพของการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในสภาพบรรยากาศตัดแปลงในพืชหลายชนิด เช่น กล้วย (Jiang *et al.*, 1999) มะม่วงพันธุ์ Zihua (Jiang and Joyce, 2000) อย่างไรก็ตาม ในการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับแต่งสภาพบรรยากาศจะต้องมีการคำนึงถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ สภาพะที่ใช้ในการเก็บรักษา รวมถึงกลิ่นและรสชาติผิดปกติซึ่งเกิดขึ้นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วย (Petracek *et al.*, 2002)

ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การใช้ 1-MCP ในความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมสามารถชะลอการสุก และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงได้ดี และหากมีการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับวิธีการอื่นๆ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาผลมะม่วงให้ยาวนานขึ้นได้ ดังนั้น การศึกษาผลของ 1-MCP และการใช้สารนี้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ จึงเป็นการพัฒนาและหาวิธีการในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดให้สามารถเก็บได้นานขึ้น โดยที่ยังคงมีคุณภาพดี เพื่อประโยชน์ในการส่งออกผลมะม่วงสด

7. วิธีดำเนินการ:

- อุปกรณ์
 - ผลิตผลสด ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง และน้ำดอกไม้เบอร์สี่
 - สาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) สำหรับรม
 - สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ความเข้มข้น 0.02%

- น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น $250 \mu\text{L}^{-1}$ สำหรับควบคุมโรคแอนแทรกโนส (Anthracnose)
- บรรจุภัณฑ์สำหรับการห่อหุ้มและบรรจุ ได้แก่ โฟมตาข่ายสำหรับหุ้มผล ถุงพลาสติก polyethylene (PE) หนา 25 ไมโครเมตร ขนาดกว้าง x ยาว 45×84 เซนติเมตร เจาะรูขนาด $\varnothing 0.5$ เซนติเมตร จำนวน 40 รู พิล์มยืดชนิด polyvinylchloride (PVC) และกล่องกระดาษลูกฟูก
- อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ เครื่องชั่ง เครื่องแก้ว อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการไตเตรท เครื่องวัดสี เครื่องวัดความแน่นเนื้อ เป็นต้น
- อุปกรณ์สำหรับการล้างและตัดแต่งข้าว ได้แก่ กะละมัง กรรไกรตัดกิ่ง กระจาดรอง ตะกร้า

- วิธีการ

1) ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาของสาร 1-MCP ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

1.1 ทำการทดลองแบบ 4×3 factorial in completely randomize design โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ 1-MCP ที่ใช้ 4 ระดับ คือ 0 1.0 1.5 และ $2.0 \mu\text{L}^{-1}$ ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการกรรม 3 ระดับ คือ 3 6 และ 12 ชั่วโมง รวมเป็น 12 กรรมวิธีๆ ละ 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

1.2 เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองความแก่ประมาณ 80% (อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วันหลังดอกบาน) จากแปลงเกษตรกร GAP ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพีชสวน ทำการตัดก้านผลให้มีความยาวเหลือประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร แล้วคัดเลือกผลมะม่วงให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย (เลือกผลที่ลอยในน้ำเกลือเข้มข้น 1% แต่จมน้ำ) จากนั้นล้างในน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02% เพื่อชะล้างสิ่งสกปรก ก่อนนำผลมะม่วงแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น $250 \mu\text{L}^{-1}$ นาน 3 นาที เพื่อควบคุมโรคจากเชื้อรา แล้วผึ่งจนแห้ง

1.3 นำผลมะม่วงไปรมด้วยสาร 1-MCP ในถังรมที่เป็นระบบปิดขนาด 0.5 ลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ตามกรรมวิธี จากนั้นนำมาบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% นาน 3 สัปดาห์ โดยนำผลออกจากห้องเย็นทุกสัปดาห์แล้วเก็บรักษาต่อจน

ผลสุกที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เช็การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทาน

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

2.1 การทดลองแบบ 4x3 factorial in completely randomize design โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ 1-MCP ที่ใช้ 4 ระดับ คือ 0 1.0 1.5 และ 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ปัจจัยที่ 2 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุ 3 ระดับ คือ ห่อผลด้วยโฟมตาข่าย หุ้มผลด้วยฟิล์มยืด PVC ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่าย และห่อผลด้วยโฟมตาข่ายก่อนบรรจุถุง PE เจาะรูจำนวน 40 รู รวมเป็น 12 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

2.2 นำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ความแก่ประมาณ 80% มาตัดก้านผลให้มีความยาวเหลือประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร แล้วคัดเลือกผลมะม่วงให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย ลอยในน้ำเกลือเข้มข้น 1% (แต่จมน้ำ) จากนั้นล้างในน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02% เพื่อชะล้างสิ่งสกปรก ก่อนนำผลมะม่วงแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น 250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ นาน 3 นาที เพื่อควบคุมโรคจากเชื้อรา แล้วผึ่งจนแห้ง

2.3 นำผลมะม่วงไปรมด้วยสาร 1-MCP ในถังรมที่เป็นระบบปิดขนาด 0.5 ลูกบาศก์เมตร ตามกรรมวิธีเป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากนั้นบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% นาน 5 สัปดาห์ นำผลมะม่วงออกจากห้องเย็นทุกสัปดาห์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เช็การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทาน หลังออกจากห้องเย็น และกลุ่มที่ 2 นำไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เพื่อเช็การสุก

3) ผลของ 1-MCP ต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ในระดับกิ่งพาณิชย์

3.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 2 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ คือ
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใช้สาร 1-MCP

กรรมวิธีที่ 2 รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ที่ 20 องศาเซลเซียส

3.2 เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองความแก่ประมาณ 80% จากแปลงเกษตรกร GAP มาทำการตัดก้านผลให้มีความยาวเหลือประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร แล้วคัดเลือกผลมะม่วงให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย (ลอยในน้ำเกลือเข้มข้น 1% แต่จมน้ำ) จากนั้นล้างในน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02% เพื่อชะล้างสิ่งสกปรก ก่อนนำผลมะม่วงแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น 250 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ นาน 3 นาที เพื่อควบคุมโรคจากเชื้อราแล้วผึ่งจนแห้ง

3.3 นำผลมะม่วงไปรมด้วยสาร 1-MCP ในชั้นขนาดประมาณ 1.5 ลูกบาศก์เมตร ที่หุ้มปิดด้วยพลาสติก โดยรอบตามกรรมวิธี เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการรมสาร 1-MCP สำหรับการใช้งานในระดับกิ่งพาณิชย์ (ภาพที่ 1) จากนั้นบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก กล่องละ 15 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% นาน 4 สัปดาห์ นำผลมะม่วงออกจากห้องเย็นทุกสัปดาห์

โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เชื้อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทานหลังจากออกจากห้องเย็น และกลุ่มที่ 2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เพื่อเชื้อการสุก



ภาพที่ 1 ชั้นขนาดประมาณ 1.5 ลูกบาศก์เมตร ที่หุ้มปิดด้วยแผ่นพลาสติกโดยรอบสำหรับรมผลไม้มังสด พันธุ์น้ำดอกไม้สีทองด้วยสาร 1-MCP $1.5 \mu\text{L}^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

4) การบันทึกผล

บันทึกผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพการรับประทาน ได้แก่

4.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss; %)

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักตัวอย่าง ณ วันที่เช็คคุณภาพ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

4.2 การเปลี่ยนแปลงสี

ใช้เครื่องวัดสีระบบดิจิตอล (Color Reader) Minolta CR-10 ในระบบ Hunter Lab เป็น $L^* a^* b^*$ (Hunt, 1998) โดยที่

ค่า L^* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี (Lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 (ค่า 0 = มืด และ ค่า 100 = สว่าง)

ค่า a^* คือ ค่าแสดงความเป็นสีแดงและเขียว (Redness/Greenness) ถ้าค่า a^* มีค่าไปทางบวก หมายถึง สีแดง และถ้าค่า a^* มีค่าไปทางลบ หมายถึง สีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) ถ้าค่า b^* มีค่าไปทางบวก หมายถึง สีเหลือง และถ้าค่า b^* มีค่าไปทางลบ หมายถึง สีน้ำเงิน

4.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS, %)

วัดปริมาณ TSS ในน้ำคั้นของผลไม้ด้วยเครื่อง Digital refractometer ATAGO Co. Ltd, Tokyo, Japan) แล้วบันทึกค่าที่อ่านได้

4.4 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity; %)

ทำการไตเตรทน้ำคั้นผลไม้ด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH จนได้จุดยุติที่ค่าความเป็นกรด-ต่างเท่ากับ

8.2 โดยใช้เครื่อง Titrator

$$\text{ปริมาณกรด (\%)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (N)} \times \text{ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ (mL)} \times \text{acid factor} \times 100}{\text{ปริมาตรน้ำคั้นตัวอย่าง (mL)}}$$

หมายเหตุ acid factor คือ equivalent weight of citric acid = 0.064 กรัม (สำหรับมะม่วง)

4.5 ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล. ของกรดแอสคอร์บิก)

ทำการไตเตรทน้ำคั้นผลไม้ด้วยสารละลาย 2,6-dichloroindophenol sodium salt จนได้จุดยุติเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู คำนวณปริมาณวิตามินซีโดยใช้ปริมาตรที่ไตเตรทได้ของน้ำคั้นผลไม้เทียบกับปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)} = \frac{1}{\text{ปริมาตรที่ใช้ไตเตรท standard solution (mL)}} \times \text{ปริมาตรที่ใช้ไตเตรทน้ำคั้น (mL)} \times 100$$

4.6 คุณภาพการยอมรับ

ประเมินจากคะแนนความชอบรวม (overall preference) ที่ระดับ 1-9 คะแนน (9-point hedonic scale) โดย 9 = ชอบมากที่สุด 5 = ยอมรับได้ และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (Peryam and Girardot, 1952)

5) ข้อมูลคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 สมบัติความหนา อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน (oxygen Transmission Rate, OTR) และ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) ของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง

ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ความหนา (มม.)	ค่า OTR	ค่า WVTR
		(cc/m ² /day) ที่ 23°C 0% RH	(g/m ² /day) ที่ 38°C 90% RH
ถุงชนิด polypropylene (PP)	0.030	9,963	14.8
ถุงชนิด polyethylene (PE)	0.025	10,262	18.2
ถุงชนิด oriented polypropylene (OPP)	0.024	1,352	4.05
ถุงชนิด Modified ชนิด Active M2	0.025	10,970	18.8
ถุงชนิด Modified ชนิด Active M4	0.025	12,000	32.2
ฟิล์มยืด polyvinylchloride (PVC)	0.255	6,500*	-
ถาด polyvinylchloride (PVC) พร้อมฝาปิด	0.255	-	-
ถาด polyethylene terephthalate (PET) พร้อมฝาปิด	0.198	-	-
ถาด polystyrene (PS) พร้อมฝาครอบใส PVC	0.453	-	-

หมายเหตุ * อ้างอิงจาก Jay *et al.* (2005)

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา

เริ่มต้น ตุลาคม 2554 สิ้นสุด กันยายน 2558

สถานที่ทำการทดลอง

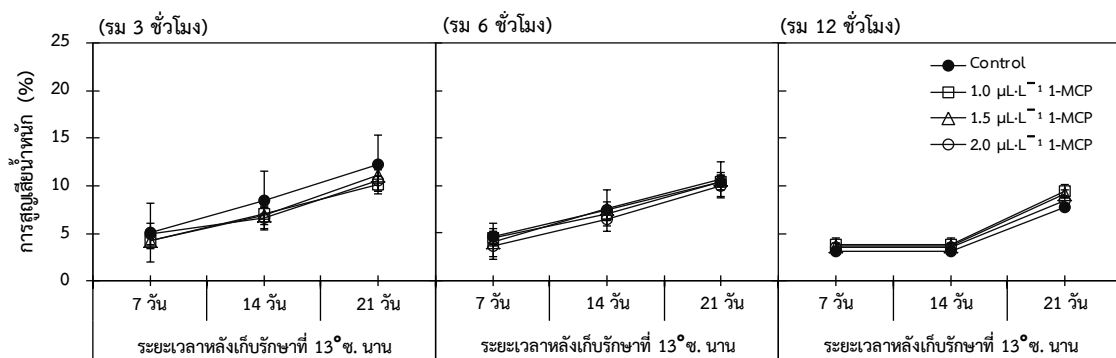
ตึกปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์:

1) ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาของสาร 1-MCP ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

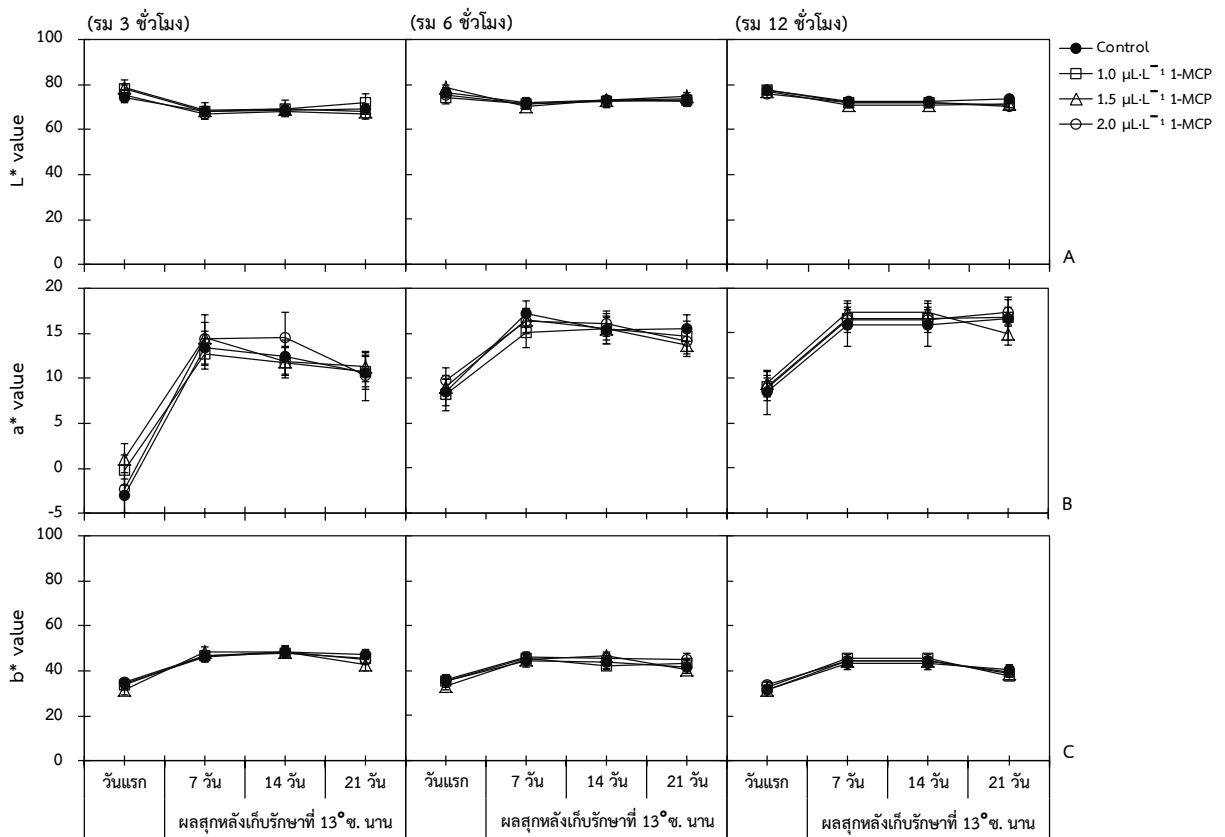
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื่องจากผลมะม่วงมีน้ำเป็นองค์ประกอบของเซลล์สูงจึงมีลักษณะที่อึดตัวไปด้วยแรงดันไอน้ำทำให้มีความดันไอน้ำสูงกว่าความดันไอน้ำของบรรยากาศภายนอก เมื่อเกิดความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำระหว่างภายในและภายนอกผล น้ำจึงแพร่ผ่านจากเซลล์พืชออกสู่บรรยากาศภายนอกตลอดเวลา อีกทั้งผลมะม่วงยังคงมีชีวิตอยู่ทำให้พืชสามารถสูญเสียน้ำจากการหายใจได้อีกด้วย (จริงแท้, 2549; Kitinaja and Kader, 2002) โดยผลมะม่วงที่ผ่านการรมสาร 1-MCP เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษามีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าไม่ม่วงที่ไม่ผ่านการรมสารตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ส่วนผลมะม่วงที่ไม่รมหรือรม 1-MCP นาน 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีค่าการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของระยะเวลาที่ใช้ในการรม 1-MCP ต่อ ผลของการสูญเสียน้ำหนัก พบว่า ผลมะม่วงที่รมสาร 1-MCP นาน 12 ชั่วโมงมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลที่รม 1-MCP นาน 6 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 2) ผลที่เกิดขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการรมมีผลต่อการดูดซับและการออกฤทธิ์ของสาร 1-MCP โดยเมื่อรมด้วยสาร 1-MCP เป็นเวลานานขึ้นทำให้พืชมีโอกาสในการดูดซับสารได้นานขึ้น ปริมาณสารที่เข้าไปในเซลล์พืชจึงมีสูงกว่าทำให้การออกฤทธิ์ของสาร 1-MCP มีประสิทธิภาพสูงกว่าการรมในระยะเวลาสั้น



ภาพที่ 2 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ กัน ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน

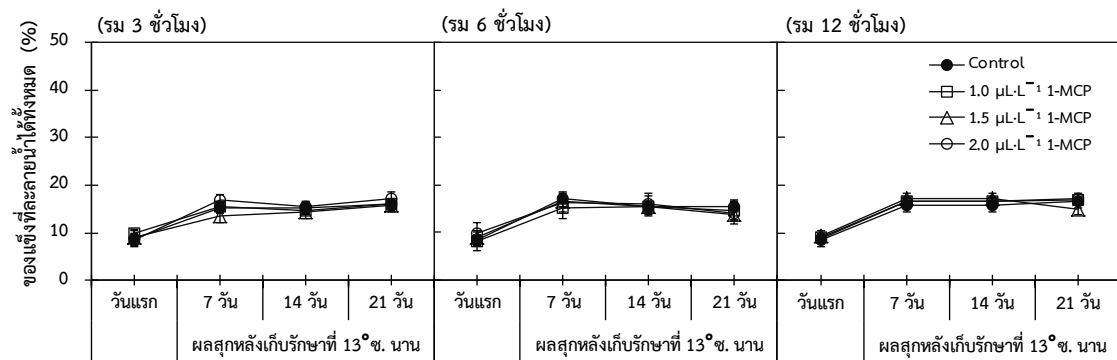
การเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงโดยวัดจากค่า L^* a^* และ b^* พบว่า โดยภาพรวมการรวมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี เนื่องจากทุกความเข้มข้นมีค่าการวัดสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3) โดยเมื่อพิจารณาจากค่า L^* จะเห็นได้ว่าคุณค่า L^* ลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาที่เก็บรักษา แสดงว่าผลมะม่วงมีค่าความสว่างลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีผิวผลเป็นสีเหลืองแม้ผลจะยังดิบอยู่ จึงมีค่า L^* สูง แต่เมื่อผลเริ่มสุก สีผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มขึ้นค่าความสว่างจึงลดลง (ภาพที่ 3A) ส่วนค่า a^* มีค่าต่ำที่สุดในวันแรกของการทดลองเพราะเมื่อสีผลของมะม่วงจะออกเหลืองแต่ก็ยังคงมีความเป็นสีเขียว ค่า a^* จึงต่ำในวันแรกของการทดลอง (ค่า a^* มาทางลบแสดงว่าผลมะม่วงมีความเป็นสีเขียวสูงกว่า) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ค่า a^* ทุกกรรมวิธีสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่ามะม่วงมีความเป็นสีเขียวลดลง (ภาพที่ 3B) สำหรับค่า b^* เป็นค่าแสดงความเป็นสีเหลืองของผลมะม่วง เมื่อ b^* มีค่าสูงขึ้น แสดงว่ามะม่วงมีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งผลมะม่วงในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มการเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3C)



ภาพที่ 3 ค่าการวัดสี L^* (A) a^* (B) และ b^* (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

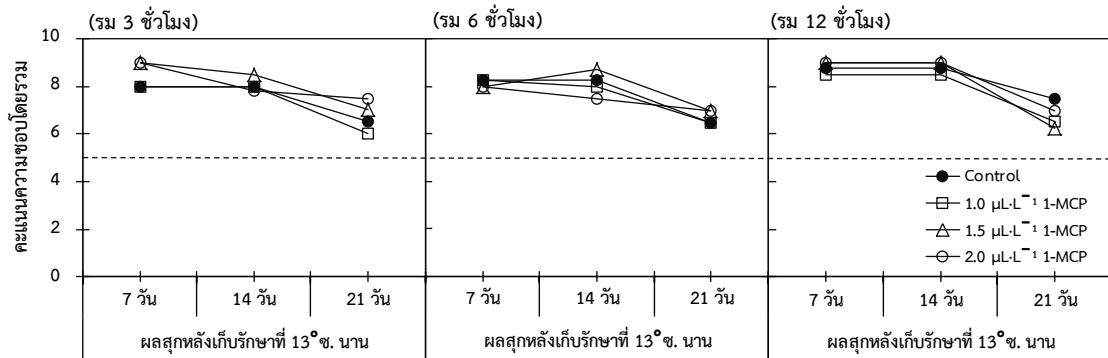
การตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) พบว่า ค่า TSS ของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.9% เพราะมะม่วงยังคงดิบอยู่ จากนั้นเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 15.7 ถึง 16.1% ระหว่างการเก็บรักษาจนผลสุก (ภาพที่ 4) อย่างไรก็ตาม แม้ค่า TSS ของผลมะม่วงที่ไม่รมและรมสาร 1-MCP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP เข้มข้น $1.5 \mu\text{L}^{-1}$ ทุกระยะเวลาการรมมีค่า TSS ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่า การรมด้วย 1-MCP มีผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS ในผลมะม่วง สอดคล้องกับการศึกษาของ อภิรตีและคณะ (2555) ในการวิจัยผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วง พันธุ์โชคอนันต์ โดยพบว่า สาร 1-MCP ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ TSS ในผลมะม่วงช้าลงกว่าผลที่ไม่รมสาร



ภาพที่ 4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

คุณภาพการยอมรับและอายุการเก็บรักษา

ในส่วนของคุณภาพการยอมรับโดยการพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนความชอบรวมมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ด้วยคะแนนความชอบโดยรวมที่สูงกว่า 5 คะแนน (ภาพที่ 5) สำหรับผลของ 1-MCP ต่อการสุกของผลมะม่วง พบว่า ผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มในการช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงให้ช้าลงกว่าผลที่ไม่รมสารเฉลี่ยนาน 3 วัน หลังการเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 และ 2.0 μL^{-1} นาน 6 และ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ไม่ได้แสดงผลข้อมูล) ซึ่งให้ผลไปในแนวทางเดียวกับ จารูวัฒน์ และศิริชัย (2545) และอภิรตีและคณะ (2555) ที่รายงานว่า การใช้สาร 1-MCP 1.0 μL^{-1} ซึ่งเป็นความเข้มข้นสูงสุดในการทดลอง รมผลมะม่วง 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการสุกของผลมะม่วงได้นานกว่าการไม่ใช้สาร 1-MCP

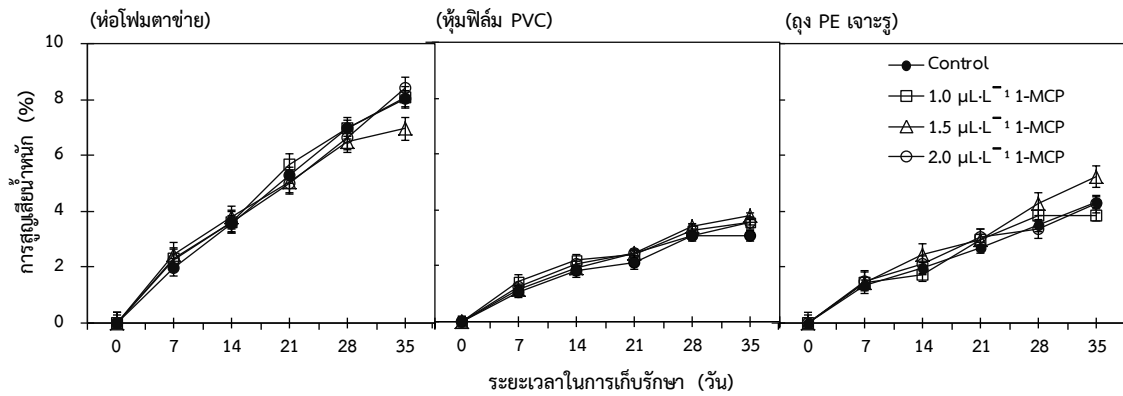


ภาพที่ 5 คะแนนความชอบโดยรวมของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ กัน ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (คะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่า 5 คะแนน ถือว่ามีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ)

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาสับประรดพันธุ์ภูเก็ตแลดัดแต่งพร้อมบริโภค

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

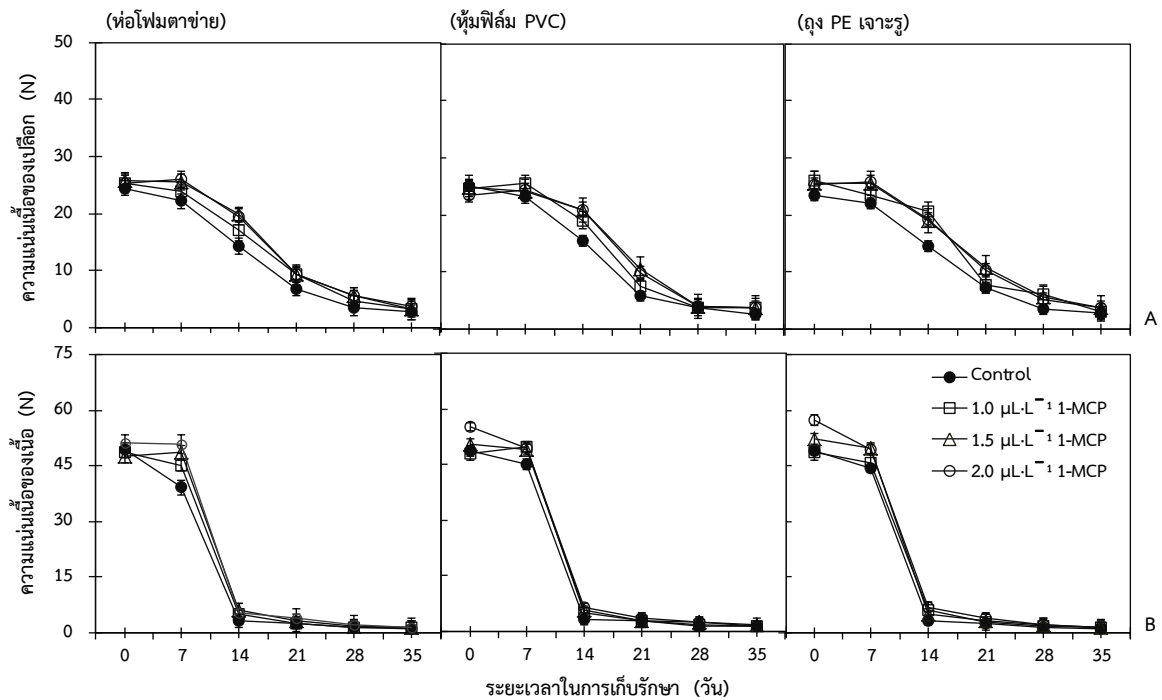
ภาพที่ 6 แสดงผลของ 1-MCP และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สีหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยพบว่าผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยผลมะม่วงที่หุ้มด้วยโฟมตาข่าย PE มีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยจาก 0.0% ในวันแรกของการเก็บรักษา เพิ่มขึ้นเป็น 7.9% หลังการเก็บรักษานาน 35 วัน ขณะที่ผลมะม่วงที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดจากวันแรกของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นถึงเพียง 3.5% หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน อย่างไรก็ตาม การใช้สาร 1-MCP ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 6) สอดคล้องกับการศึกษาของ Brackmann และคณะ (2014) ซึ่งรายงานว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มผลมะม่วงสามารถช่วยลดการสูญเสียและชะลอการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษาได้



ภาพที่ 6 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โพลีเอทิลีน ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผล

ความแน่นเนื้อของเปลือกและของเนื้อผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมหรือผ่านการรมสาร 1-MCP ในทุกชนิดของบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ มีการลดลงตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา แต่ผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP มีการลดลงของความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใช้สาร 1-MCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7) โดยค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของเปลือกมะม่วงที่ห่อด้วยโพลีเอทิลีน หุ้มด้วย PVC และผลที่บรรจุในถุง PE เจาะรู มีการลดลงจาก 25.2 24.5 และ 25.1 นิวตัน ตามลำดับ ในวันแรกของการเก็บรักษา เหลือ 3.1 3.4 และ 3.3 นิวตัน ตามลำดับ หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน (ภาพที่ 7A) ขณะที่ความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงที่แพคด้วยบรรจุภัณฑ์ข้างต้น มีค่าเฉลี่ย 49.2 50.5 และ 51.8 นิวตัน ตามลำดับ ในวันแรกของการเก็บรักษา ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 4.9 5.1 และ 5.4 นิวตัน ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 14 วัน จากนั้นค่อยๆ ลดลงเหลือ 1.4 1.6 และ 1.4 นิวตัน ตามลำดับ ที่ 35 วันของการเก็บรักษา (ภาพที่ 7B) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถแสดงให้เห็นว่า การใช้สาร 1-MCP สามารถช่วยชะลอการเกิดผลนิ่มของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ให้ช้าลงได้ ตรงกับการศึกษาที่ผ่านๆ มา ซึ่งรายงานว่าผลมะม่วงยังคงมีความแน่นเนื้อและเกิดผลนิ่มช้าลงได้เมื่อได้รับการรมด้วยสาร 1-MCP (Ngamchuachit *et al.*, 2014; Nghiem and Shiesh, 2010; Osuna-Garcia *et al.*, 2007)

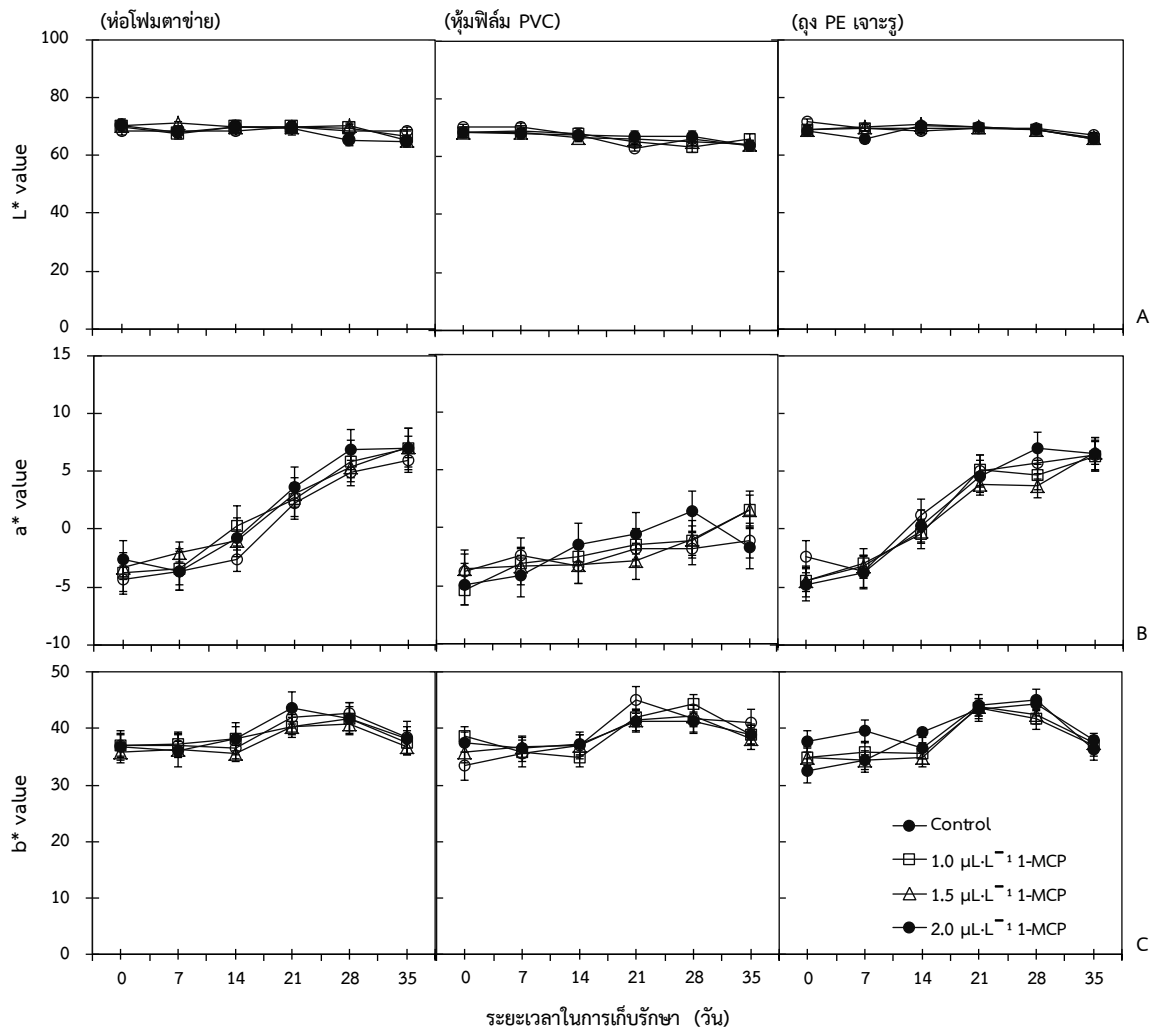


ภาพที่ 7 ความแน่นเนื้อของเปลือก (A) และเนื้อผล (B) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โฟมตาข่าย ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพทางเคมี

ในการเปลี่ยนแปลงค่าวัดสี (L^* , a^* และ b^*) ของผลมะม่วง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมหรือรมสาร 1-MCP มีค่า L^* หรือค่าความสว่างของผลเฉลี่ยอยู่ที่ 8.1 (ภาพที่ 8A) ส่วนค่า a^* ของแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างผลมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ผลมะม่วงที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีค่า a^* อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษานาน 35 วัน ขณะที่ผลมะม่วงที่ห่อด้วยโฟมตาข่ายและผลที่ห่อโฟมตาข่ายแล้วบรรจุถุง PE ที่เจาะรูมีค่า a^* อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าตั้งแต่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันขึ้นไป (ภาพที่ 8B) ซึ่งค่า a^* ที่มีค่าไปในทางลบ แสดงให้เห็นว่าเปลือกของผลมะม่วงยังคงมีสีเขียวมากกว่า จึงหมายความว่า การใช้ฟิล์มหุ้ม PVC ช่วยชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกของผลมะม่วงได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ ผลมะม่วงที่รมด้วย 1-MCP มีค่า a^* ที่ต่ำกว่าผลที่ไม่รม นั่นคือ การใช้สาร 1-MCP ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงให้เปลี่ยนสีช้าลงได้ สำหรับค่า b^* เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นสีเหลืองของเปลือกมะม่วง พบว่า มีค่าค่อนข้างขึ้นๆลงๆ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 32.6 ถึง 45.1 ซึ่งผลมะม่วงที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ในทุกบรรจุภัณฑ์ มีแนวโน้มค่า b^* สูงกว่าผลที่รมสาร 1-MCP แสดงว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รมสารมีค่าเปลือกที่เป็นสีเหลืองสูงกว่า แต่ค่า b^* ที่ต่างกันนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 8C) อย่างไรก็ตาม จากผลที่ได้นี้เป็นแนวทางในการแสดงถึงประสิทธิภาพของสาร

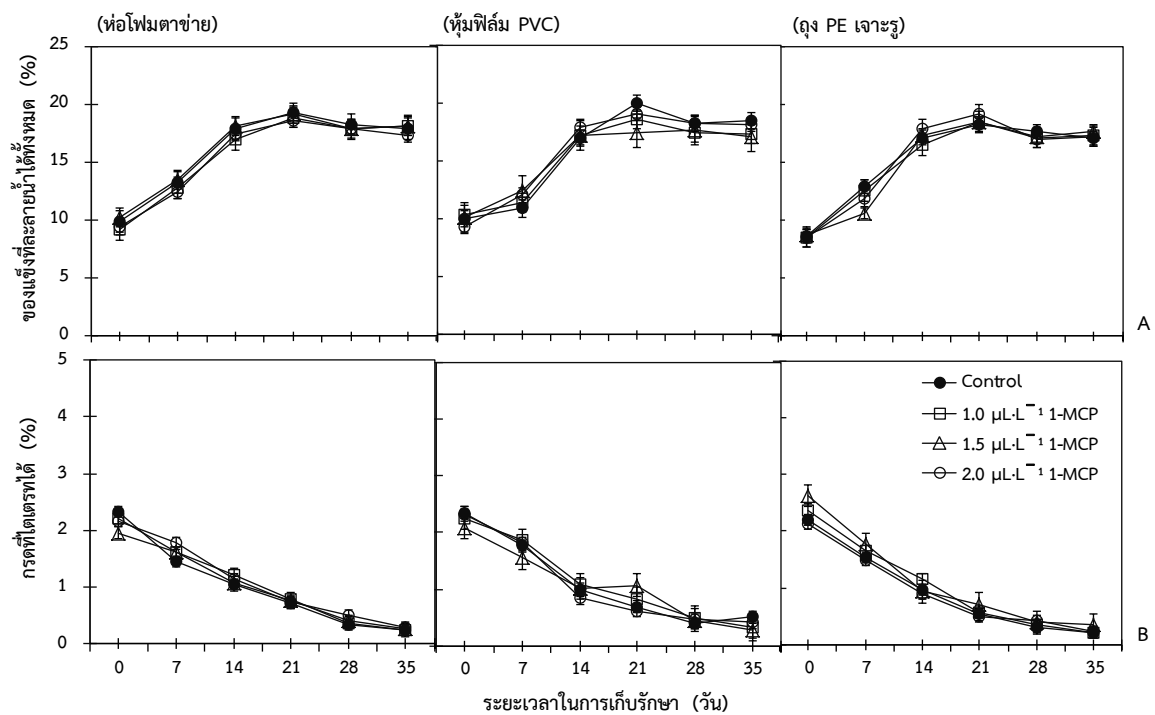
1-MCP ในการชะลอการสุกของผลมะม่วง เช่นเดียวกับงานวิจัยการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น $0.25 \mu\text{L}^{-1}$ เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในผลมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride พบว่า การรม 1-MCP ช่วยชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลที่ไม่รมสารถึง 37% (Hofman *et al.*, 2001) นอกจากนี้ Puziah และ Reza Ikwan (2014) ยังรายงานว่าการใช้ 1-MCP ช่วยรักษาคุณภาพของผลมะม่วง ในช่วงการเก็บรักษาโดยการชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกและเนื้อของมะม่วง



ภาพที่ 8 ค่าการวัดสี L^* (A) a^* (B) และ b^* (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ $2.0 \mu\text{L}^{-1}$ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โฟมตาข่าย ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ (TA) ที่เกิดขึ้นของผลมะม่วงระหว่างเก็บรักษาแสดงในภาพที่ 9 โดยปริมาณ TSS ของผลมะม่วงทั้งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีการเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาถึงหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน

หลังจากนั้นค่า TSS อยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (35 วัน) ค่าเฉลี่ยของระดับ TSS ในผลมะม่วงทุกระบบวิธีมีค่าจาก 8.7% ในวันแรก เพิ่มขึ้นเป็น 19.0% หลังการเก็บรักษานาน 21 วัน คงที่อยู่ที่ระดับนี้จนถึง 35 วันของการเก็บรักษา สำหรับความแตกต่างของค่า TSS ในผลมะม่วงที่ผ่านและไม่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ (ภาพที่ 9A) ในทางกลับกัน ค่า TA ของผลมะม่วงทุกระบบวิธีมีระดับลดลงอย่างต่อเนื่องจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยที่ค่า TA ของผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มสูงกว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมสาร แต่การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TA ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 9B) จากผลที่ได้แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการเปลี่ยนแปลงของค่า TSS และ TA ในผลมะม่วงทุกระบบวิธีตลอดอายุการเก็บรักษานาน 35 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

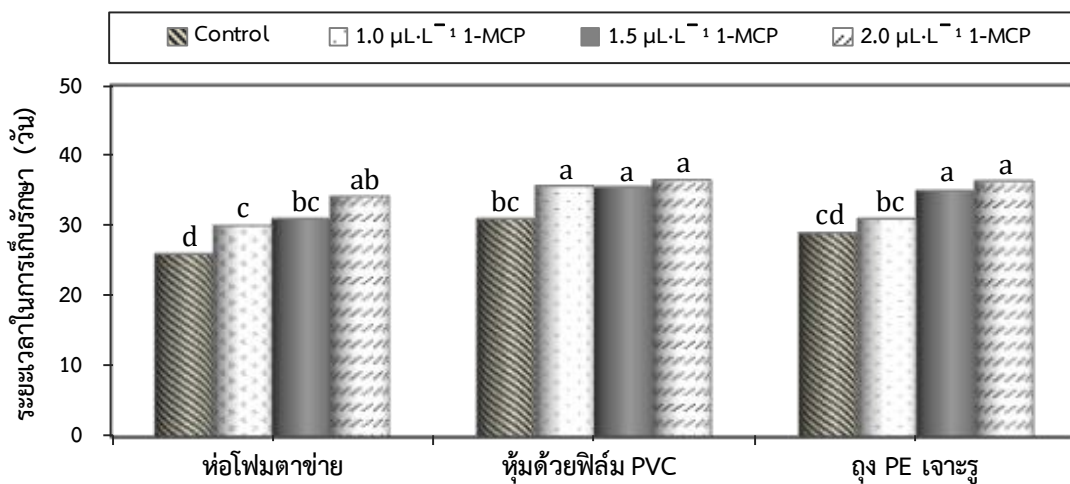


ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (B) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โพลีเอทิลีน ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

ในผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์บางชนิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ ช่วยลดการสูญเสีย

น้ำหนักของผลมะม่วง ช่วยชะลอการเน่าและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วง นอกจากนี้ การรมด้วยสาร 1-MCP ทุกความเข้มข้นส่งผลให้ผลมะม่วงสุกช้ากว่าการไม่รมสาร ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นโดยมะม่วงยังคงสุกได้ตามปกติ การรมมะม่วงด้วยสาร 1-MCP 1.5 หรือ 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่ายช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้ดีกว่าความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเก็บได้นานสูงสุดถึง 34 วัน ขณะที่มะม่วงที่ไม่รมสารและห่อด้วยโฟมตาข่ายเก็บรักษาได้นานเพียง 26 วัน และเมื่อใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุมะม่วงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นเป็น 35-37 วัน (ภาพที่ 10) โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiang และคณะ (1999) ที่ใช้ 1-MCP ร่วมกับการเก็บรักษาในถุง PE เพื่อชะลอการเปลี่ยนสีผลและยืดอายุการเก็บรักษาในผลกล้วยซึ่งเป็นไม้ผลประเภท climacteric เช่นเดียวกับผลมะม่วง โดย 1-MCP มีผลในการชะลอการหายใจและการผลิตเอทิลีน จึงมีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือกและผลกล้วยและยังคงความแน่นเนื้อสูง ทำให้กล้วยมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

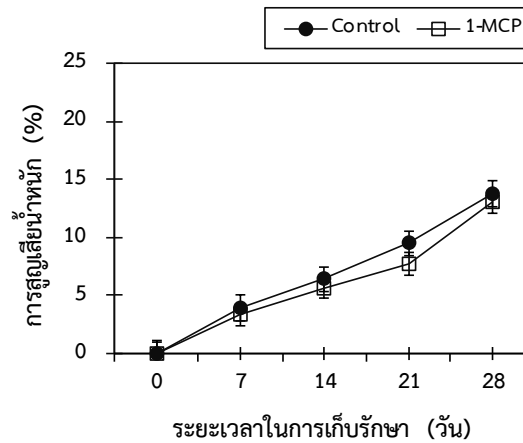


ภาพที่ 10 อายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โฟมตาข่าย ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

3) ผลของ 1-MCP ต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในระดับกิ่งพาณิชย์ การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

ในการเปรียบเทียบระหว่างผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ไม่รมสารและผลที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่าการรมสาร 1-MCP สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน โดยมะม่วงที่ไม่รม 1-MCP มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 3.9% หลังการเก็บรักษานาน 7 วัน จากนั้น

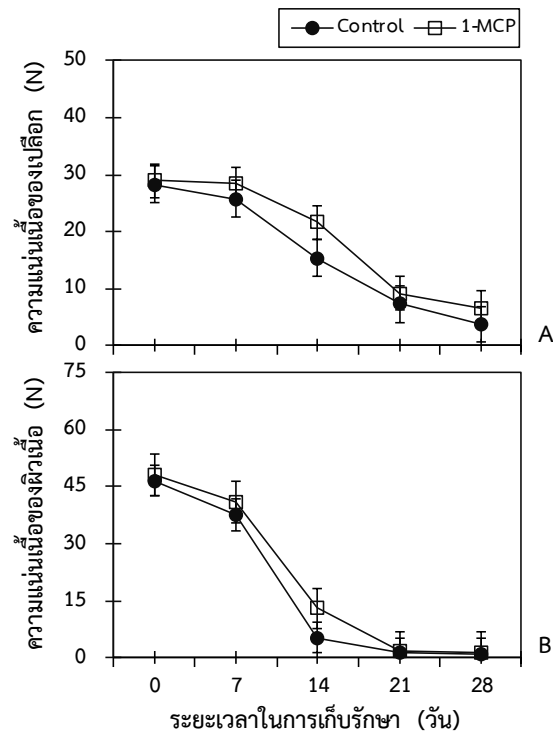
เพิ่มขึ้นเป็น 16.2% หลังการเก็บรักษานาน 28 วัน ขณะที่ผลมะม่วงที่ผ่านการรมสาร 1-MCP มีค่าการสูญเสีย น้ำหนักจาก 3.3% เป็น 13.1% ในช่วงเวลาเดียวกัน (ภาพที่ 11) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ อภิรดีและคณะ (2555) ที่รายงานว่ามะม่วงที่รมด้วย 1-MCP มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลที่ไม่รมสาร



ภาพที่ 11 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการรมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผล

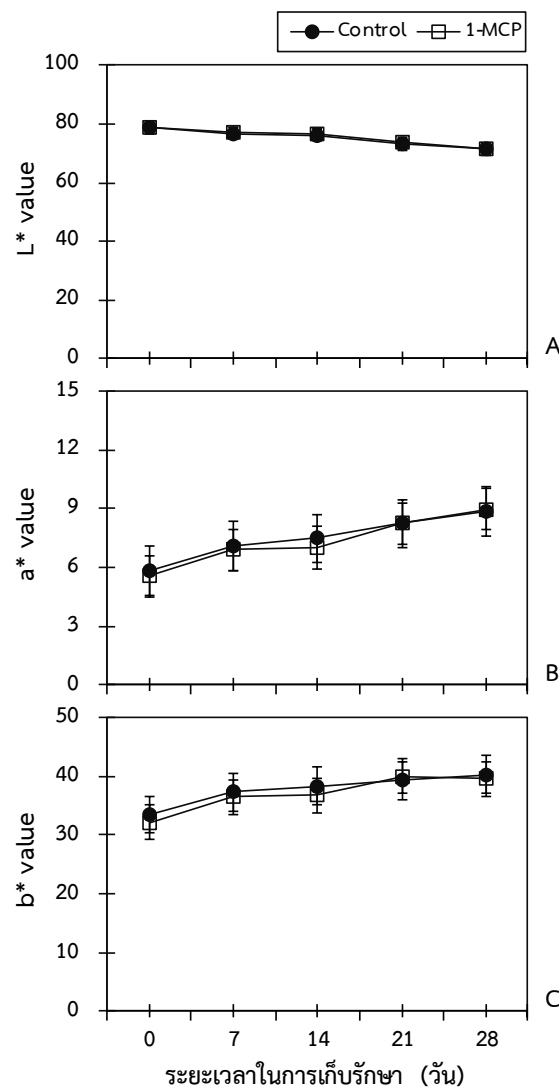
ผลการรม 1-MCP ต่อค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่รม ให้ผลไปในแนวทางเดียวกับการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วง นั่นคือ มะม่วงที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อของเปลือกและของเนื้อผลสูงกว่าผลที่ไม่รมตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 12A และ 12B) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารรม 1-MCP ช่วยชะลอการเกิดผลนิ่มของมะม่วงได้ เช่นเดียวกับกรณีศึกษาของ จารุวัฒน์และศิริชัย (2545) และอภิรดี และคณะ (2555) ที่พบว่า มะม่วงที่ผ่านการรม 1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่ามะม่วงที่ไม่รม 1-MCP



ภาพที่ 12 ความแน่นเนื้อของเปลือก (A) และเนื้อผล (B) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการรมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.5 \mu\text{L}^{-1}$ ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพทางเคมี

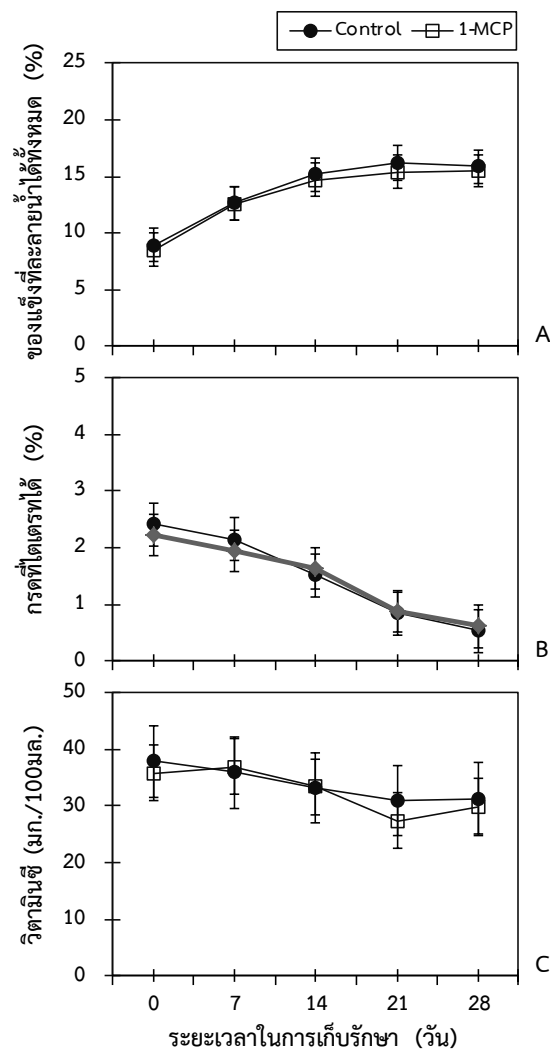
การเปลี่ยนแปลงค่าวัดสีของผลมะม่วง พบว่า ค่า L^* ของผลมะม่วงที่ไม่รมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า L^* มีค่าลดลงเล็กน้อยตลอดในช่วงเวลาการเก็บรักษานาน 28 วัน (ภาพที่ 13A) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีสีเป็นโทนสีเหลืองตั้งแต่ผลดิบ เมื่อผลสุกสีเหลืองมีความเข้มข้นทำให้ค่าความสว่างลดลง (ค่า L^* ลดลง) ส่วนค่า a^* ของผลมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา เป็นการบ่งบอกว่าเปลือกมะม่วงมีความเป็นสีเขียวลดลง ซึ่งผลมะม่วงที่รมด้วย 1-MCP มีแนวโน้มค่าความเป็นสีเขียวมากกว่าผลที่ไม่รม (มีค่า a^* ต่ำกว่า) อย่างไรก็ตามค่า a^* ของผลมะม่วงที่ไม่รมและรมด้วย 1-MCP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 13B) ในกรณีของค่า b^* ผลมะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีค่า b^* เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น นั่นคือ ผลมะม่วงมีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น เป็นการแสดงให้เห็นว่ามะม่วงมีการสุกมากขึ้น และเช่นเดียวกันผลมะม่วงที่รม 1-MCP มีแนวโน้มของค่า b^* ต่ำกว่าผลที่ไม่รม เป็นการบ่งบอกว่ามะม่วงที่รมสาร 1-MCP มีความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าผลที่ไม่รม (ค่า b^* ต่ำกว่า) แต่ค่าที่ต่างกันนี้ไม่มีผลทางสถิติ (ภาพที่ 13C) ซึ่งจากค่าการเปลี่ยนแปลงสีเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การใช้สาร 1-MCP รมผลมะม่วงมีแนวโน้มในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผลของมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้



ภาพที่ 13 ค่าการวัดสี L* (A) a* (B) และ b* (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการรมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ค่าการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ค่า TSS TA และวิตามินซี ของผลมะม่วงที่ไม่รมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดย TSS มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 21 วัน ค่า TSS คงที่ในระดับเดิม (ภาพที่ 14A) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลมะม่วงเริ่มมีการสุกทำให้ค่า TSS ไม่เพิ่มขึ้นอีก อย่างไรก็ตาม จากภาพ 14A จะเห็นได้ว่าผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP มีระดับ TSS ต่ำกว่าผลที่ไม่รม แสดงให้เห็นว่ามะม่วงที่รมด้วย 1-MCP มีการสุกช้ากว่าผลที่ไม่รม จึงมีระดับ TSS ที่ต่ำกว่า ส่วนปริมาณ TA เป็นไปในทางตรงข้ามกับปริมาณ TSS คือ ค่า TA ของผลมะม่วงมีการลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 14B) เนื่องจากมะม่วงมีการสุกมากขึ้น ปริมาณกรดในผลมะม่วงจึงลดลง แต่การลดลงของค่า TA นี้ไม่ได้รับผลกระทบจากการรมสาร 1-MCP เพราะระดับ TA ของ

ผลมะม่วงทั้งที่รมและไม่รมสารมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี พบว่า ในระยะแรกของการเก็บรักษาผลมะม่วงที่รมสาร 1-MCP มีระดับวิตามินซีสูงกว่าผลที่ไม่รม แต่หลังจาก 14 วันของการเก็บรักษา ระดับวิตามินซีของผลที่ไม่รมสารสูงกว่าผลที่รมด้วย 1-MCP (ภาพที่ 14C) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาของ ยงยุทธและदनัย (2550) ที่รายงานว่ากรรมผลมะม่วงพันธุ์เขียวมรกตด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.0 \mu\text{L}^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส จะลดการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ กรดซิตริก และวิตามินซี และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลฟรักโทสได้



ภาพที่ 14 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (B) และปริมาณวิตามินซี (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการรมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.5 \mu\text{L}^{-1}$ ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

การทดลองการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.5 \mu\text{L}^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารเพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของสาร 1-MCP ในระดับสเกลที่ใหญ่ขึ้นนี้ พบว่า สาร 1-MCP มีแนวโน้มที่ดีในการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเน่าของผล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และการสุก ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ได้นานขึ้น โดยหลังจากเก็บนาน 21 วัน ผลมะม่วงที่ไม่ใช้ 1-MCP เริ่มมีการสุกและเกิดช้ำเน่า ขณะที่ผลมะม่วงที่ใช้ 1-MCP ยังมีเนื้อสูงและคุณภาพที่ดีกว่า (ภาพที่ 15) อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษานานถึง 28 วัน พบว่า แม้สาร 1-MCP ช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ แต่ผลมะม่วงกลับมีปัญหาการเกิดช้ำเน่าทำให้คุณภาพผลไม่เป็นที่ยอมรับ (ไม่ได้แสดงข้อมูล)



ภาพที่ 15 เปรียบเทียบผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการรมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.5 \mu\text{L}^{-1}$ ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ:

จากการทดลองการใช้สาร 1-MCP รมผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ในการหาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการรมสาร 1-MCP ได้พบว่าผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 หรือ $2.0 \mu\text{L}^{-1}$ นาน 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และเมื่อประยุกต์ใช้กรรมสาร 1-MCP ร่วมกับการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์บางชนิด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้ฟิล์ม PVC หุ้มผลมะม่วงหรือการบรรจุผลมะม่วงในถุง PE เจาะรู ก่อนบรรจุกล่องกระดาษ ร่วมกับการรมด้วย 1-MCP สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงได้ดี และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้นานขึ้น โดยการรมผลมะม่วงด้วยสาร 1-MCP แล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ให้ผลดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษา โดยสามารถเก็บรักษาได้นานเฉลี่ย 37 วัน โดยที่ผลมะม่วงยัง

สามารถสูงและมีคุณภาพการรับประทานตามปกติ ส่วนการนำกรรมวิธีกรรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น $1.5 \mu\text{L}^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มาปรับใช้ในสเกลที่ใหญ่ขึ้นเพื่อการใช้งานกิ่งพาณิชย์ โดยเปรียบเทียบกับกรรมวิธีกรรมสาร พบว่า สาร 1-MCP มีแนวโน้มที่ดีในการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการเน่าของผล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและการสุก ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ได้นานขึ้น อย่างไรก็ตาม คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงสดขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลมะม่วงตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะปัญหาจากการเกิดโรคแอนแทรกโนสและขี้ผลเน่า ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพการเก็บรักษาของผลมะม่วงมากที่สุด

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์:

10.1 การนำไปใช้ประโยชน์

- จัดพิมพ์เป็นหนังสือเผยแพร่/เผยแพร่ในวารสารวิชาการต่างๆ
- เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ
- เผยแพร่ในรูปแบบของโปสเตอร์หรือแผ่นพับ

10.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ผู้ส่งออก เกษตรกร และผู้สนใจ
- หน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษาต่าง ๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกต่างๆ
- บริษัทผู้ผลิตมะม่วงส่งออก

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) :

12. เอกสารอ้างอิง:

- กันยา แอนกาศ จ่านง อุทัยบุตร กานดา หวังชัย กอบเกียรติ แสงนิล และสุจิตรา รัตนมน. 2549. ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาการรมสาร 1-เมทิลไซโคลโพรพินต่อการสุกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. *Postharvest Newsletter*. 5: 1-4.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2549. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 6. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล และศิริชัย กัลป์ยานรัตน์. 2545. ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. *ว.วิทย์.เกษตร*. 33: 60-67.
- ยงยุทธ ข้ามสี และดนัย บุญเกียรติ. 2550. ผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลมะม่วงพันธุ์เขียวมรกต. *ว.วิทย์.เกษตร*. 38: 167-178.

- อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และสุกัญญา เอี่ยมลออ. 2555. การรมสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. *ว.วิทย.เกษตร.* 43: 493-496.
- สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2016. ดัชนีสินค้าเกษตรนำเข้าส่งออก: มะม่วงสด. [ระบบออนไลน์]. http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 6 กรกฎาคม 2559.
- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 1-25.
- Herskovitza, V., S.I. Saguyb and E. Pesis. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biol. Technol.* 37: 252-264.
- Hunt, R.W.G. 1998. Measuring color. 3rd edn. Ellis Horwood, New York. pp. 469.
- Jeong, J., D.J. Huber and S.A. Sargent. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 25: 241-256.
- Lizada, M.C.C. 1993. Mango. pp. 255-271. *In* Seymour, G.B., J.E. Taylor and G.A. Tucker (eds.). Biochemistry of fruit ripening. Chapman&Hall. New York.
- Sisler, E.C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol. Plant* 100: 577-582.
- Zhang, M.J., Y.M. Jiang, W.B. Jiang and X.J. Liu. 2006. Regulation of ethylene synthesis of harvested banana fruit by 1-methylcyclopropene. *Food Technol. Biotechnol.* 44: 111-115.
- Zhu, X., L. Shen, D. Fu, Z. Si, B. Wu and W. Chen. 2015. Effects of the combination treatment of 1-MCP and ethylene on the ripening of harvested banana fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 107: 23-32.
- Peryam, D.R. and N.F. Girardot. 1952. Advanced taste test method. *Food Eng.* 24: 58-61.
- Kitinoja, L. and A. Kader. 2002. Small-scale postharvest handling practices: A manual for horticultural crops (4th edn.). USDA/FAS/TMP/SEA Program Washington D.C. USA. 260 p.
- Ahmad, A., Z.M. Ali and Z. Zainal. 2013. Delayed softening of papaya (*Carica papaya* L. cv. Sekaki) fruit by 1-methylcyclopropene (1-MCP) during ripening at ambient and low temperature storage conditions. *Austral. J. Crop Sci.* 7: 750-757.

- Argenta, L.C., X. Fan and J.P. Mattheis. 2003. Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv. pear fruit. *J. Agric. Food Chem.* 51: 3858-3864.
- Brackmann, A., F.R. Thewes, R.O. Anese, V. Both and A.R. Gasperin. 2014. Respiration rate and its effect on mass loss and chemical qualities of 'Fuyu' persimmon fruit stored in controlled atmosphere. *Ciência Rural, Santa Maria* 44: 612-615.
- Hoffman, P.J., M. Jobin-Décor, G.F. Meiburg, A.J. Macnish and D.C. Joyce. 2001. Ripening and quality response of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Austral. J. Expt. Agr.* 41: 567-572.
- Jiang, Y. and D.C. Joyce. 2000. Effects of 1-methylcyclopropene and in combination with polyethylene bags on the postharvest life of mango fruit. *Ann. Appl. Biol.* 137: 321-327.
- _____ and A.J. Macnish. 1999. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biol. Technol.* 16: 187-193.
- Ngamchuachit, P., D.M. Barrett and E.J. Mitcham. 2014. Effects of 1-methylcyclopropene and hot water quarantine treatment on quality of "Keitt" mangos. *J. Food Sci.* 79: 505-509.
- Nghiem, L.T. and C.C. Shiesh 2010. Effect of 1-methylcyclopropene on quality of 'Keitt' mango fruit. *Hortic. NCHU* 35: 27-35.
- Osuna-Garcia, J.A., I. Cáceres-Morales, E.G. Montalvo, M.M. Montes de Oca and B. Tovar-Gómez. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and hot water treatment on the physiology and quality of 'Keitt' mangos. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 13: 157-163.
- Pauziah, M. and W.W.W.M. Reza Ikwani. 2014. Effects of 1-methylcyclopropene on quality of Chokanan mangoes stored at ambient. *J. Trop. Agric. Fd. Sc.* 42: 37-49.
- Petracek, P.D., D.W. Joles, A. Shirazi and A.V. Cameron. 2002. Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L., cv. 'Sams') fruit: Metabolic responses to oxygen, carbon dioxide, and temperature. *Postharvest Biol. Technol.* 24: 259-270.

13. ภาคผนวก: