รายงานโครงการวิจัย

การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก

Postharvest Quality Management of Fresh Produces for Export

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายภาณุมาศ โคตรพงศ์

Mr Panumas Kotepong

ปี พ.ศ. 2558

รายงานโครงการวิจัย

การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก

Postharvest Quality Management of Fresh Produces for Export

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายภาณุมาศ โคตรพงศ์

Mr Panumas Kotepong

ปี พ.ศ. 2558

สารบัญ

	หน้า
ผู้วิจัย	1
บทนำ	2
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
กิจกรรมงานวิจัย 1 ผลของ Modified atmosphere packaging และอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผัก	
กิจกรรมงานวิจัย 2 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อใช้ในการยืดอายุผลิตผลสด	
กิจกรรมงานวิจัย 3 การใช้เทคโนโลยีควบคุมบรรยากาศด้วย CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุผลิตผลสด	
กิจกรรมงานวิจัย 4 การใช้ 1 – Methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด	
กิจกรรมงานวิจัย 5 การจัดทำฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผลิตผลสด	
กิจกรรมงานวิจัย 6 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกผักและผลไม้บางชนิด	
กิจกรรมงานวิจัย 7 การพัฒนาการใช้ Near Infrared Spectroscopy (NIR) ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา	
กิจกรรมงานวิจัย 8 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค	
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	

คณะผู้วิจัย

1. นางสาวเบญจมาส รัตนชินกร	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ (เกษียณอายุราชการ)
2. นายภาณุมาศ โคตรพงศ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
3. นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
4. นางสาวปรางค์ทอง กวานห้อง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
5. นางศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ

บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นข้าว พืชไร่ ผัก และผลไม้ต่างๆ และมีหลายประเทศไม่ว่าจะเป็นตลาดเก่าหรือตลาดใหม่สนใจนำเข้าผลิตผลของไทย แต่ปัญหาที่พบซึ่งเป็นข้อจำกัดในการส่งออก โดยเฉพาะกับผลิตผลสดของไทย คือ การเน่าเสีย หรือเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว ซึ่งนอกจากจะเป็นลักษณะตามธรรมชาติของผลิตผลสดแล้ว การเสื่อมคุณภาพยังเกิดจากกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม รวมถึงการคัดคุณภาพ การทำ pre-treatment ต่างๆ การบรรจุภัณฑ์ การจัดการอุณหภูมิและการขนส่ง มีผลทำให้ผลิตผลสดมีอายุการวางจำหน่ายสั้น โดยที่บางพืชอาจไม่สามารถวางจำหน่ายได้เมื่อถึงตลาดปลายทาง

นอกจากการบริโภคผลิตผลเกษตรในรูปแบบผลิตผลสดแล้ว ปัจจุบัน ผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศหันมานิยมบริโภคผักและผลไม้สดในรูปแบบการตัดแต่งพร้อมบริโภคมากขึ้น เพราะมีคุณภาพการรับประทานเหมือนผลิตผลสด แต่มีความสะดวกในการรับประทานและเก็บรักษา เนื่องจากมีขนาดบรรจุภัณฑ์เล็ก โอกาสการขยายตลาดของผลิตผลตัดแต่งจึงมีศักยภาพที่ดี อย่างไรก็ตาม ผักและผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งก็มีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายและเสื่อมเสียได้ง่ายเช่นเดียวกัน จากการเกิดกระบวนการชีวเคมีต่างๆในผักและผลไม้ เช่น กระบวนการหายใจ กระบวนการสร้างเอทิลีน รวมทั้งการเข้าทำลายของแบคทีเรียต่างๆ ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้น เกิดการสุก เนื้อนิ่ม และเกิดการเน่าเสียได้

ดังนั้น ในการพัฒนาการส่งออกผลิตผลสดของไทยรวมถึงการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคให้มีคุณภาพดีสามารถส่งออกได้มากขึ้น จำเป็นต้องศึกษาวิธีการแบบผสมผสานเพื่อรักษาคุณภาพความสดและคุณภาพการรับประทานที่ดีได้นาน เหมาะกับตลาดเป้าหมายแต่ละแห่ง ซึ่งในการศึกษานี้จะครอบคลุมถึงการรักษาคุณภาพด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมี 1-Methylcyclopropene (1-MCP) การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง (CO_2 shock) การเคลือบผิว การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม รวมถึงการจัดการอุณหภูมิและผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผลิตผลแต่ละชนิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเก็บรักษาและการขนส่งไปต่างประเทศของผักและผลไม้ไทย รวมถึงหาวิธีการตรวจสอบคุณภาพและประเมินคุณภาพของผลิตผลแบบไม่ทำลายเพื่อลดความเสียหาย

การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก
กิจกรรมวิจัยที่ 1 ผลของ Modified atmosphere packaging และอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผัก
กิจกรรมวิจัยที่ 2 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อใช้ในการยืดอายุผลิตผลสด
กิจกรรมวิจัยที่ 3 การใช้เทคโนโลยีควบคุมบรรยากาศด้วย CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุผลิตผลสด
กิจกรรมวิจัยที่ 4 การใช้ 1 – Methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด
กิจกรรมวิจัยที่ 5 การจัดทำฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผลิตผลสด
กิจกรรมวิจัยที่ 6 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกผักและผลไม้บางชนิด
กิจกรรมวิจัยที่ 7 การพัฒนาการใช้ Near Infrared Spectroscopy (NIR) ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา
กิจกรรมวิจัยที่ 8 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

บทคัดย่อ

การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพผลิตผลสดให้ใกล้เคียงกับวันเก็บเกี่ยวมากที่สุดเพื่อให้ผู้บริโภคได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี ดังนี้จึงต้องมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในกระบวนการจัดการดังกล่าว เช่น การจัดการอุณหภูมิที่เหมาะสม การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง การใช้สารเคลือบผิว การใช้สารดูดซับเอทิลีน การใช้สารยับยั้งเอทิลีน การจัดการระบบการขนส่ง การควบคุมสภาพบรรยากาศ การประเมินการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างการเก็บรักษา การบรรจุภัณฑ์ การประเมินคุณภาพโดยการไม่ทำลายตัวอย่าง และการผลิตผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เป็นต้น

การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวทำให้ได้เทคโนโลยีที่ช่วยในรักษาคุณภาพผลิตผลสด ได้แก่ การใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ PE สามารถทดแทนการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE เพื่อลดต้นทุนในการบรรจุภัณฑ์ในการขนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ การใช้สารเคลือบผิวชนิด OPE ในอัตรา 25 เปอร์เซ็นต์ ยังเป็นสารเคลือบผิวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในฟิล์มบรรจุภัณฑ์แก่ผลมะม่วงและลองกองสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง แต่ยังไม่ได้ผลชัดเจนในลองกอง การใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุมะม่วงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 37 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การศึกษาอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผักและผลไม้ 22 ชนิด สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพและข้อมูลในการยยืดอายุการเก็บรักษาได้ ส่วนการจัดการคุณภาพและอุณหภูมิของมังคุดที่ขนส่งทางอากาศไปประเทศออสเตรเลีย พบว่า การบรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูกโดยตรงทำให้กล่องกระดาษลูกฟูกเปียกชื้นและภายในตู้โหลดพบไอน้ำเกาะรอบๆตู้ มังคุดที่เก็บในถุง PE เจาะรูและไม่เจาะรู รักษาความสดของมังคุดได้ดีกว่ามังคุดที่ไม่บรรจุถุง เมื่อทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5-15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นานประมาณ 7 วัน โดยการเก็บมังคุดในถุง PE หรือ PP เจาะรู จะช่วยรักษาความสดของมังคุดได้ ในการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์4 มะม่วงพันธุ์มหาชนก ฝรั่งพันธุ์กิมจู ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง โดยใช้เครื่องวัดNIR แบบพกพาวัดการสะท้อนของแสงช่วงคลื่นสั้นระหว่าง 700-1100 นาโนเมตรกับผลไม้สามารถนำมาเทคนิค NIR มาใช้ในการทำนายคุณภาพได้ การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักตัดแต่งพร้อมบริโภคบางชนิด ได้แก่ มะเขือเปราะ ผักสลัดกรีนคอส บัตเตอร์เฮด และผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคบางชนิด ได้แก่ กล้วยหอม สับปะรดพันธุ์ภูแล ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ และมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวย

ดังนั้นจากการวิจัยดังกล่าวสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการการจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพผลิตผลและลดต้นทุนในการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

Quality management of fresh produce after harvest for export is important for maintaining the quality of fresh produce as close to harvest day. This research can be developed postharvest management in the process. For example temperature management, modified atmosphere, chemical coating, ethylene absorber, ethylene inhibitor, transport system, controlled atmosphere, physiological change, packaging, NIR and processing of fresh cut.

Post harvest handling technologies can be maintained quality fresh produce. The PP and PE packaging can replace LDPE bag packaging to reduce the cost of packaging to transport products for export. OPE coating application at a rate of 25 percent can be prolonged the shelf life of mangoes. The high CO_2 with film packaging can be stored for 21 days for prolonging the shelf life of mangoes. But it is not clear in longkong. 1-MCP application with PVC or PE drilled holes bag can extend the shelf life for up to 37 days by the quality to be acceptable to consumers. The study of respiratory rate production of ethylene with temperature management on the quality of vegetables and fruits, 22 types can be used to assess the quality and extend the shelf life. The quality and temperature management of mangosteen to Australia. It found that mangosteen packed in corrugated boxes, corrugated boxes directly to damp and condensation inside the cabinet load. Mangosteen storage in a PE bag punching and punching can be maintain the freshness of the mangosteen than without the bag. To measure quality by non-destructive technique for mangoes cv No. 4, Mango cv Mahachanok, Guava cv Kim Ju, Guava cv gold. Using a NIR measurements Portable measure the reflection of light at short wavelength between 700-1100 nm with fruit. The equation developed to measure soluble solids and acid content of the dry weight of the two mango varieties. A correlation coefficient higher than 0.90 and a standard error of the building equation and predictive value to be measured and the low error. The NIR technique can be used to predict the fruit quality. Use appropriate packaging to extend the shelf life of vegetables can cut consumption of certain types of eggplant, greens cos and butter head. For fruit fresh cut consumption of certain types of banana, pineapple, durian and Mango.

Therefore, the research can be applied for managing of quality fresh produce after harvest in order to maintain product quality and reduce the cost of managing it effectively.

กิจกรรมงานวิจัย 1

ผลของ Modified Atmosphere Packaging (MAP) และอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผัก
Effect of Modified Atmosphere Packaging (MAP) and Temperature for Vegetable Storage

ภาณุมาศ โคตรพงศ์ และ เบญจมาส รัตนชินกร

Panumas Kotepong and Benjamas Ratanachinakorn

คำสำคัญ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ถุงบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิ ผัก

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บรักษาในถุงบรรจุภัณฑ์สำหรับผักที่มีศักยภาพในการส่งออกและมีการปลูกกันมากในพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหน่ โดยคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ polypropylene (PP), polyethylene (PE), high density polyethylene (HDPE) เปรียบเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ผักที่จำหน่ายเป็นการค้าในปัจจุบัน ได้แก่ ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด low density polyethylene (LDPE) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาถุงบรรจุภัณฑ์ที่ต้นทุนต่ำเพื่อลดต้นทุนในการผลิตถุงบรรจุภัณฑ์ผักที่จำหน่ายเป็นการค้าซึ่งมีราคาสูง ทำการทดสอบคุณสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม (thickness) ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate; O_2TR) และอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide transmission rate; CO_2TR) พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีความหนาของฟิล์มระหว่าง 23-62 µm อัตราการซึมผ่านไอน้ำระหว่าง 5.76-26.6 g/m^2/day อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนระหว่าง 2,825-14,000 cm^3/m^2/day และอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่าง 984-6,240 cm^3/m^2/day หลังจากนั้นนำผักแต่ละชนิดไปบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE (กรรมวิธีควบคุม) PP PE และ HDPE แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 5 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส เพื่อให้ทราบระยะเวลาการเก็บรักษาผักในแต่ละอุณหภูมิในการนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพในระหว่างการขนส่งและการวางจำหน่าย ทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์ และคุณภาพผลผลิตในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การยอมรับของผู้บริโภค การสูญเสียน้ำหนัก การหลุดร่วงของใบ และการเกิดสีน้ำตาล พบว่า ผักชีฝรั่งและโหระพาที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP รวมไปถึงกะเพราและสะระแหน่ที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE มีการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพดีใกล้เคียงกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ที่มีการจำหน่ายการเป็นการค้า ดังนั้นการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ PE สามารถทดแทนการใช้ถุงบรรจุ

ภัณฑ์ชนิด LDPE เพื่อลดต้นทุนในการบรรจุภัณฑ์ผักแต่ละชนิดได้ โดยในผักชีฝรั่งลดลง 25.33 เปอร์เซ็นต์ ในกะเพราลดลง 32.29 เปอร์เซ็นต์ ในโหระพาลดลง 31.67 เปอร์เซ็นต์ และในสะระแหน่ลดลง 20.39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ส่วนการเก็บรักษาในสภาพที่เหมาะสมในการส่งออกนั้น พบว่า ผักชีฝรั่งและสะระแหน่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 18 วัน ในขณะที่กะเพราและโหระพาสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส นาน 6 และ 9 วัน ตามลำดับแต่เมื่อวิเคราะห์ถึงสภาพในการขนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศซึ่งต้องใช้อุณหภูมิเดียวกันกับผักในแต่ละชนิดจึงแนะนำให้ทำการขนส่งผักทั้ง 4 ชนิด ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษากะเพราได้นาน 6 วัน โหระพาได้นาน 9 วัน ผักชีฝรั่งและสะระแหน่ได้นานถึง 18 วัน โดยที่ผักทั้ง 4 ชนิดยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

Regarding the technology development for vegetable storage to extend the expiration, the study focuses on the vegetables which are culantro, holy basil, sweet basil and marsh mint, mostly exported and grown in the central region. Starting from selecting 3 types of the following packages: polypropylene (PP), polyethylene (PE), high density polyethylene (HDPE) compared with commercial packaging; low density polyethylene (LDPE) for reducing packaging. The testing would consider from thickness, water vapor transmission rate (WVTR), oxygen transmission rate (O_2TR) and carbondioxide transmission rate (CO_2TR). It was found that the thickness of film package is 23-62 μm, WVTR between 5.76 - 26.6 g/m^2/day, O_2TR between 2,825-14,000 cm^3/m^2/day and CO_2TR between 984-6,240 cm^3/m^2/day. After that, each vegetable's storage which were packed in PP PE HDPE and LDPE (control) packages before moving to the different temperature rooms at 5, 10, 15, 20 and 25 ^{o}C in order to realize the duration of storage. This was for evaluating vegetables' quality during distribution. And then, recorded the change of oxygen, carbondioxide and ethylene content in those packages, including the loss of weight, leaf browning, leaf abscission and quality during storage. It was found that the appropriate temperatures to keep vegetables are different. Holy basil and sweet basil were appropriately stored at 10-15 ^{o}C, culantro and marsh mint at 5-10 ^{o}C. Meanwhile, for the packages, PP package was suitable for culantro and sweet basil and PE package is suitable for marsh mint and holy basil. Therefore, the PP and PE can replace LDPE to reduce the cost of packaging vegetables each category. The culantro, holy basil, sweet basil and

marsh mint can be down 25.33, 32.29, 31.67 and 20.39 percent resepctively compared to the packaging of LDPE. These packages were able to keep vegetables and consumers were satisfied in theirs quality and lowest cost for packaging. The study was found that to keep all vegetables in the package was capable to store holy basil for 6 days, sweet basil for 9 days, marsh mint and culantro for 18 days, while consumers accept theirs quality.

บทนำ

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพมีผลต่อคุณภาพผลผลิตเมื่อถึงมือผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตผลสดในกลุ่มพืชผักเนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวผักมีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวง่ายจึงมีการนำบรรจุภัณฑ์มาช่วยในการรักษาคุณภาพผักให้ได้มากที่สุดจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ในการเลือกใช้ชนิดของบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญเนื่องมาจากสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์จะถูกดัดแปลงไปเพื่อควบคุมการหายใจและเมแทบอลิซึมของผลผลิตให้เหมาะสม โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ควรมีคุณสมบัติในการให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้มากพอที่ผลผลิตใช้ในการหายใจแบบใช้ออกซิเจนในระดับต่ำที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (จริงแท้, 2541) ปัจจัยที่สำคัญของการคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษาผัก ก็คือ อัตราการซึมผ่านไอน้ำ ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของถุงบรรจุภัณฑ์มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผัก หากบรรจุภัณฑ์มีการซึมผ่านก๊าซและความชื้นที่เหมาะสมจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักได้นานขึ้น (Deshpande *et al*., 2002; Jacopson *et al*., 2004)

บรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่ผลิตมาจากพลาสติกซึ่งจัดเป็นวัสดุพอลิเมอร์ที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นสายโซ่ยาวๆ แต่ไม่สามารถมองเห็นเป็นสายโซ่ได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งสายโซ่ดังกล่าวประกอบด้วยหน่วยย่อยๆที่เรียกว่า มอนอเมอร์ พอลิเมอร์สามารถสังเคราะห์ได้จากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) ของมอนอเมอร์ โดยใช้แหล่งวัตถุดิบจากปิโตรเคมีเป็นหลัก ในปัจจุบันมีพลาสติกที่กันอยู่เป็นจำนวนมากแต่ละจำพวกยังอาจแยกตามน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่น พลาสติกที่นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับผัก คือ พอลิเอทิลีน (poloyethylene) คุณสมบัติของพอลิเอทิลีน คือ ลักษณะโปร่งแสงหรือโปร่งใส จะขึ้นกับความหนาและความหนาแน่น ผิวไม่มีขั้ว ยืดตัวได้มาก ฉีกขาดยาก ต้านทานไขมันได้น้อย ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและกลิ่นได้น้อย พอลิเอทิลีนมีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ พอลิเอทิลีนผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรเซชั่น (polymerisation) ของก๊าซเอทิลีน (ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงโดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (metal catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้พอลิเอทิลีนที่ได้ออกมามีความหนาแตกต่างกัน พอลิเอทิลีน แบ่งเป็น 3 ประเภทตามค่าความหนาแน่น คือ

1. Low density polyethylene (LDPE) มีความหนาแน่น 0.910 - 0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร พลาสติกชนิด low density Polyethylene เป็นพลาสติกที่ใช้มากและชื่อสามัญเรียกว่าถุงเย็น มักจะใช้ทำถุงฟิล์มหดและฟิล์มยืด ขวดน้ำ ฝาขวด เป็นต้น เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดผนึกได้ดี โครงสร้างของพอลิเอทิลีนจะ

สามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควร แต่จุดอ่อนของ LDPE คือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย แต่ทนต่อกรดและด่างทั่วๆ ไป ส่วน linear low density polyethylene (LLDPE) เป็นพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นเป็นวัสดุใช้ผสมกับ LDPE เพื่อเพิ่มความเหนียวให้กับตัวผลิตภัณฑ์

2. Medium density polyethylene (MDPE) มีความหนาแน่น 0.926 ถึง 0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนมาก MDPE ใช้ในการทำท่อก๊าซและฟิล์มบรรจุภัณฑ์

3. High density polyethylene (HDPE) มีความหนาแน่น 0.95 ถึง 0.97 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน (polyethylene; PE) ที่มีค่าความหนาแน่นสูง การเรียงตัวของโมเลกุลจะมีกิ่งก้านมาก มีความหนาแน่นมาก นิยมใช้กันมากในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก เช่น ขวด ถัง ถาด ถุงที่ต้องการความแข็งแรงแต่ไม่ต้องการความใสมากนัก คุณสมบัติทั่วไปของ HDPE มีความขุ่นแสงผ่านได้น้อยกว่า low density polyethylene (LDPE) และ linear low density polyethylene (LLDPE) นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการทนกรดและด่าง ไม่ว่องไวต่อสารเคมี มีความเหนียว ค่อนข้างนิ่ม ยืดหยุ่น ความต้านทานแรงต่างๆ ได้ดี ทนทานต่อการแตกหรือการหักงอได้ดี มักใช้งานเป็นถุงที่ต้องรับน้ำหนักมาก ป้องกันการผ่านของอากาศได้ต่ำ จึงไม่เหมาะสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ใช้การอัดอากาศป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้สูงมาก (สมพงษ์, 2550)

นอกจากนี้ยังมีถุงบรรจุภัณฑ์อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า พอลีโพรพิลีน (polypropylene; PP) เป็นเม็ดพลาสติกที่มีคุณสมบัติคล้ายพอลิเอทิลีน ยอมให้แสงผ่านได้ดี สามารถมองเห็นอาหารที่บรรจุอยู่ภายในได้ ทนความร้อนได้สูงกว่า PE ถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์ รับแรงดึงได้ถึง 100,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีความเหนียวทนทานกว่า ในประเทศไทยใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีนเป่าเป็นถุงบรรจุเอนกประสงค์ ทั้งถุงร้อนและถุงเย็น รวมทั้งทำเป็นเชือก กระสอบ พื้นพรม สนามหญ้าเทียม ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องใช้ภายในบ้าน เป็นต้น

ปัจจุบันมีบริษัทผู้ส่งออกนำถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE หรือที่เรียกกันว่า ถุงบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) มีความสามารถในการชะลอกระบวนการทางชีวภาพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการหายใจ การคายน้ำ และการสุก ด้วยการดัดแปลงบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ มาช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้ส่งออกผักสามารถรักษาความสดของผลิตผลตลอดทั้งกระบวนการขนส่ง และยังสามารถวางจำหน่ายยังปลายทางได้อีกหลายวัน ในผักและผลไม้บางชนิดหากสามารถเปลี่ยนการขนส่งจากการขนส่งทางอากาศเป็นการขนส่งทางเรือได้ ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าขนส่งได้มาก ผักผลไม้สดที่สามารถใช้ถุงบรรจภัณฑ์แอคทีฟส่งทางเรือได้ เช่น ข้าวโพดอ่อน หน่อไม้ฝรั่ง คะน้า เงาะ และมะม่วง เป็นต้น นอกจากนี้ถุงบรรจุภัณฑ์แอคทีฟยังสามารถใช้เป็นจุดขายของสินค้าในด้านความสะอาดได้อีกด้วย เนื่องจากผู้จำหน่ายสามารถปิดผนึกถุงได้สนิทจากสถานที่บรรจุทำให้สามารถป้องกันการผ่านเข้าของเชื้อโรคไปยังผักและผลไม้สด ในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถุงบรรจุภัณฑ์แอคทีฟได้ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานความ

ปลอดภัยสำหรับการบรรจุอาหาร อีกทั้งได้มีการทดสอบประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และได้มีการประยุกต์ใช้งานจริงแล้ว โดยใช้บรรจุผักสดหลายชนิดสำหรับตลาดซูปเปอร์มาร์เก็ตในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น และประเทศในทวีปยุโรป ถุงบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ได้พัฒนาขึ้นนี้มีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่าบรรจุภัณฑ์แอคทีฟราคาแพงที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ (ศรัณยา, 2552ก ข ค) จากรายงานของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟโดยมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถให้ก๊าซที่ใช้ในกระบวนการหายใจซึมผ่านเข้าออกได้ดีและสอดคล้องกับอัตราการใช้และการสร้างก๊าซในกระบวนการหายใจทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (equilibrium modified atmosphere; EMA) ขึ้นในถุงบรรจุภัณฑ์ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 2-15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้เกิดการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้นานขึ้น 2-5 เท่า และยังสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายในถุงบรรจุภัณฑ์ให้อยู่ระหว่าง 95-99 เปอร์เซ็นต์ (ศรัณยา, 2552ก) ในขณะเดียวกันการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดแอกทีฟก็มีปัญหาเรื่องราคาสูงทำให้บริษัทผู้ส่งออกมีต้นทุนการผลิตสูง จากข้อมูลราคาถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดแอกทีฟเปรียบเทียบกับถุงพลาสติกธรรมดา พบว่า ราคาถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดแอกทีฟมีราคาสูงกว่าถุงบรรจุภัณฑ์ที่จำหน่ายกันในท้องตลาด เช่น ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดแอกทีฟ ขนาด 10x15 นิ้ว มีราคาใบละ 2 บาท ในขณะที่ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE PP มีราคาเพียงใบละ 0.45 และ 0.48 บาท ตามลำดับ

Table 1 Shelf life of fresh produces in active packaging stored at 10 $^{\circ}$C

Item	Fresh produces	Shelf life (days)
1	Lettuce	11
2	Holy basil	9
3	Baby corn	16
4	Kailaan	22
5	Grape	27
6	Mango	27
7	Papaya	18
8	Guava	20
9	Pineapple	22
10	Melon	41

11	Salak	19
12	Mangosteen	28
13	Rambutan	14
14	Longkong	14
15	Lychee	19
16	Eggplent	10

ดัดแปลงข้อมูลจาก ศรัณยา (2552ก)

นอกจากนี้ในการบรรจุเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพให้ได้นานที่สุดจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค อีกวิธีที่นิยมวิธีหนึ่งก็คือ การบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่เรียกว่า การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere; MA) โดยการลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (O_2) และเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพื่อลดอัตราการหายใจของเนื้อเยื่อและลดการผลิตเอทิลีนส่งผลให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและรักษาคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่าย (Soliva-Fortuny and Martin-Belloso, 2003) มีรายงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยทั่วไปจะมีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 2-15 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของผลิตผล เช่น ในผักหวานบ้านนั้น เมื่อเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในถุง PE ที่ปิดสนิท และมีการบรรจุก๊าซ O_2 และ CO_2 เริ่มต้น ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงการบรรจุสารดูดซับเอทิลีน สามารถลดการหลุดร่วงของใบและยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 15 วัน (อดิศักดิ์, 2549) ในขณะที่ประภารัตน์ (2546) ได้ศึกษาผลของการเก็บรักษาหอมใหญ่พร้อมบริโภคในสภาพบรรยากาศควบคุม พบว่า ในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน 2 เปอร์เซ็นต์ มีผลชะลอการหายใจ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล การสูญเสียปริมาณ pyruvic acid และลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ในหน่อไม้ฝรั่งเมื่อเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ อัตราการหายใจ ปริมาณกรดซิตริก กรดมาลิค กรดซัคซินิค ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เตสได้ดีที่สุด (ชลธิรา, 2545) ส่วนการเก็บรักษาโหระพาในสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำ ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ โหระพามีคุณภาพดีที่สุด และมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 10 วัน (ปฐมพงศ์, 2546) สำหรับกะเพราขาว พบว่า เมื่อเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE ปิดสนิทร่วมกับตัวดูดซับเอทิลีน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทำให้กะเพราขาวมีคุณภาพดีที่สุด โดยไม่มีผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงปริมาณ eucalyptol linalool methyl chavical eugenol และ methyl eugenol ซึ่งเป็นน้ำมันหอมระเหยที่เป็นกลิ่นหลักในใบกะเพรา (ชวนพิศ, 2548) ส่วนในบล็อกโคลี่นั้น พบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิด Oriented polypropylene (OPP) ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีดอก ความแน่นเนื้อ การสูญเสียปริมาณวิตามินซี ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และกิจกรรมของเอนไซม์ ascorbate peroxidase ได้ดี (นงลักษณ์, 2554) ในขณะที่การทดลองในเห็ดกระดุมเมื่อเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีก๊าซออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ นั้น มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 19 วัน โดยในสภาพบรรยากาศปกตินั้นเก็บได้นานเพียง 13 วัน (สุพนิดา, 2545) นอกจากนี้อุณหภูมิก็มีผลต่อการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงอีกด้วย เช่น การทดลองลดอุณหภูมิของเห็ดฟางด้วยวิธี force air cooling ที่ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที ที่ระดับอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด PVC LLDPE PE ความหนา 15 ไมโครเมตร แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า เห็ดฟางที่บรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด PE มีคุณภาพดีที่สุดลดการเปลี่ยนแปลงสารประกอบ ฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน (ศิรากานต์, 2547)

ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดของบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตทั้งในเรื่องของราคาผลิตผล ราคาถุงบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษา เพื่อให้เหมาะสมกับผักแต่ละชนิดและระยะเวลาการเก็บรักษาให้ได้นาน ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาผัก 4 ชนิด ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหน่ ในการลดต้นทุนการผลิตของถุงบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษาเพื่อจำหน่ายเป็นการค้า อีกทั้งมีการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บรักษาผักในถุงบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยในการรักษาคุณภาพผักหลังการเก็บเกี่ยวและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักเพื่อการส่งออกต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. พืชผักทดลอง ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหน่
2. ตะกร้าพลาสติก
3. กล่องโฟม
4. ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP, PE, HDPE และ LDPE
5. รถกระบะ
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก

7. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ (data logger)
8. เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก
9. กรรไกรตัดแต่งกิ่ง
10. เครื่องเป่าลมแห้ง
11. ถุงมือยาง
12. หมวกคลุม
13. ปากกาเคมี
14. ห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการ

1. นำถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ถุงบรรจุภัณฑ์แอกทีฟที่จำหน่ายเป็นการค้าชนิด low density polyethylene (LDPE) เป็นกรรมวิธีควบคุม (control) ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด high density polyethylene (HDPE) polyethylene (PE) และ polypropylene (PP) มาทดสอบคุณสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม (thickness) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate; O_2TR) และอัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide transmission rate; CO_2TR)

2. ทำการศึกษาผลของชนิดถุงบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาผักแต่ละชนิดที่เก็บรักษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ split plot โดยมีชนิดถุงบรรจุภัณฑ์ จำนวน 4 ชนิด เป็น main plot ได้แก่ ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE (control) HDPE PE และ PP และอายุการเก็บรักษาเป็น sub plot จำนวน 5 ซ้ำๆ 5 ถุง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 5 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส ทำการบรรจุผักแต่ละชนิด ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหน่ น้ำหนัก 80 กรัม ลงในถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี ทำการบันทึกผลทุก 3 วัน โดยวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ และคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การยอมรับของผู้บริโภคโดยประเมินความยอมรับได้ของผู้บริโภค จำนวน 10 คน จากการสังเกตุความสด สี กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบเป็น 5-point hedonic scale (Lawless and Heymann, 1998) (Appendix Table 2) ทุก 3 วัน จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา และต้นทุนการผลิตของถุงบรรจุภัณฑ์และผักแต่ละชนิด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาลโดยประเมินจากพื้นที่การเกิดสีน้ำตาลต่อพื้นที่ใบทั้งหมดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วให้คะแนนเป็น 1-5 (คะแนน 1 = 0-20%, คะแนน 2 = 21-40%, คะแนน 3 = 41-60%, คะแนน 4 = 61-80% และ

คะแนน 5 = 81-100%) (Appendix Table 1) การหลุดร่วงของใบโดยประเมินจากจำนวนใบที่หลุดร่วงต่อจำนวนใบทั้งหมดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม statistical analysis system (SAS) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการทดลอง ตุลาคม พ.ศ. 2553 - กันยายน พ.ศ. 2557

สถานที่ดำเนินการทดลอง

แปลงเกษตรกร จังหวัดนครปฐมและราชบุรี

อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

1. คุณสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์

จากการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตกันเป็นการค้า ได้แก่ ถุงบรรจุภัณฑ์ทั่วไปชนิด high density polyethylene (HDPE) polyethylene (PE) และ polypropylene (PP) เปรียบเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์แอกทีฟชนิด low density polyethylene (LDPE) ที่บริษัทผู้ส่งออกแนะนำให้ใช้ในการเก็บรักษาผัก พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยมีค่าความหนาระหว่าง 23-62 ไมครอน อัตราการซึมผ่านไอน้ำระหว่าง 5.76 - 26.6 g/m^2/day อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนระหว่าง 2,825-14,000 cm^3/m^2/day และอัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่าง 984-6,240 cm^3/m^2/day ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE เป็นถุงบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด โดยมีค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 14,000 cm^3/m^2/day และค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6,240 cm^3/m^2/day ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆ ระหว่างภายในและภายนอกถุงบรรจุภัณฑ์ได้สูงสุด ในขณะที่ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด คือ 2,825 cm^3/m^2/day และถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP มีอัตราการซึมผ่านก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุด คือ 984 $cm^3/m^2/day$ ทำให้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด HDPE PE และ PP มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆ ได้ต่ำกว่าถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE (Table 2)

2. ผลของ Modified Atmosphere Packaging (MAP) และอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผัก

1. ผักชีฝรั่ง

1.1 การยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินการยอมรับผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ระดับ 3 คือ พอใจปานกลาง พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาและชนิดถุงบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับผู้บริโภค โดยการบรรจุผักชีฝรั่งในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP สามารถเก็บรักษาผักชีฝรั่งได้นานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE และ HDPE เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน ทำให้ทราบได้ว่า ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP เป็นถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชีฝรั่ง โดยผักชีฝรั่งที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP แล้วทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดเป็นเวลา 18 วัน โดยคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับ 3.0 - 3.2 คะแนน แต่เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลงโดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 9 และ 6 วัน ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บรักษาผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาได้สั้นที่สุด คือ 3 วัน (Table 3)

1.2 การสูญเสียน้ำหนัก

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 4.10-5.60 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน จะมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 2.17 และ 2.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

1.3 การหลุดร่วงของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน มีการหลุดร่วงของใบระหว่าง 19.7-25.2 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน จะมีการหลุดร่วงของใบไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 5.0 และ 5.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 5)

1.4 การเกิดสีน้ำตาลของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน มีการเกิดสีน้ำตาลของใบระหว่าง 3.0-3.6 คะแนน แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน จะมีการเกิดสีน้ำตาลของใบไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 2.0 และ 2.1 คะแนน ตามลำดับ (Table 6)

1.5 ปริมาณก๊าซในถุงบรรจุภัณฑ์

1.5.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาผักชีฝรั่งที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน คือ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 19.0-19.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งควรมีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 7)

1.5.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาผักชีฝรั่งที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน คือ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 3.40-4.70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งควรมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 8)

1.5.3 ปริมาณก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาผักชีฝรั่งที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน คือ มีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 0.26-0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งควรมีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 9)

2. กะเพรา

2.1 การยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินการยอมรับผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ระดับ 3 คือ พอใจปานกลาง พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาและชนิดถุงบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับผู้บริโภค โดยการบรรจุกะเพราในทุกชนิดถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ LDPE HDPE PE และ PP สามารถเก็บรักษากะเพราที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ได้นาน 6 วัน แต่การเก็บรักษากะเพราในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE มีการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด HDPE และ PP คือ 3.0-3.3

คะแนน แต่เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษากะเพราได้นานเพียง 3 วัน ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวได้ (จริงแท้, 2541) ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลงโดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 3 วัน เช่นเดียวกัน (Table 10)

2.2 การสูญเสียน้ำหนัก

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษากะเพราในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 1.62-2.89 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 0.51 เปอร์เซ็นต์ (Table 11)

2.3 การหลุดร่วงของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษากะเพราในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 วัน มีการหลุดร่วงของใบระหว่าง 15.3-18.6 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะมีการหลุดร่วงของใบไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 3.4 และ 5.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 12)

2.4 การเกิดสีน้ำตาลของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษากะเพราในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 วัน มีการเกิดสีน้ำตาลของใบระหว่าง 2.7-2.8 คะแนน แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน จะมีการเกิดสีน้ำตาลของใบแตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 2.2 และ 2.3 คะแนน ตามลำดับ (Table 13)

2.5 ปริมาณก๊าซในถุงบรรจุภัณฑ์

2.5.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษากะเพราที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 วัน คือ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 17.8-19.4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษากะเพราควรมีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 14)

2.5.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษากะเพราที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 วัน คือ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 3.06-4.12 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษากะเพราควรมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 15)

2.5.3 ปริมาณก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษากะเพราที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 วัน คือ มีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 0.60-1.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษากะเพราควรมีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 16)

3. โหระพา

3.1 การยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินการยอมรับผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ระดับ 3 คือ พอใจปานกลาง พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาและชนิดถุงบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับผู้บริโภค โดยการบรรจุโหระพาในทุกชนิดถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ LDPE และ PP สามารถเก็บรักษาโหระพาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ได้นาน 9 วัน โดยคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับ 3.0 - 3.2 คะแนน แต่เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษาโหระพาได้นานเพียง 6 วัน ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลงโดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 6 และ 3 วัน ตามลำดับ (Table 17)

3.2 การสูญเสียน้ำหนัก

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาโหระพาในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 4.23-5.69 เปอร์เซ็นต์ (Table 18)

3.3 การหลุดร่วงของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาโหระพาในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน มีการหลุดร่วงของใบ

ระหว่าง 7.9-10.9 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะมีการหลุดร่วงของใบแตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 2.8 และ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 19)

3.4 การเกิดสีน้ำตาลของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาโหระพาในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน มีการเกิดสีน้ำตาลของใบระหว่าง 3.3-3.6 คะแนน แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะมีการเกิดสีน้ำตาลของใบไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 1.8 คะแนน (Table 20)

3.5 ปริมาณก๊าซในถุงบรรจุภัณฑ์

3.5.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาโหระพาที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน คือ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 13.1-16.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาโหระพาควรมีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 21)

3.5.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาโหระพาที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน คือ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 3.17-4.52 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาโหระพาควรมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 22)

3.5.3 ปริมาณก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาโหระพาที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PP ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน คือ มีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 1.12-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาโหระพาควรมีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 23)

4. สะระแหน่

4.1 การยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินการยอมรับผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ระดับ 3 คือ พอใจปานกลาง พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาและชนิดถุงบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับผู้บริโภค โดยการบรรจุ

สะระแหน่ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE สามารถเก็บรักษาสะระแหน่ได้นานที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE และ HDPE เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน ทำให้ทราบได้ว่าถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE เป็นถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสะระแหน่ โดยสะระแหน่ที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE แล้วทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดเป็นเวลา 18 วัน โดยคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับ 3.0 คะแนน แต่เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 12 และ 9 วัน ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บรักษาสะระแหน่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาได้สั้นที่สุด คือ 3 วัน (Table 24)

4.2 การสูญเสียน้ำหนัก

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาสะระแหน่ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่าง 5.9-7.4 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 15 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 3.70 และ 3.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 25)

4.3 การหลุดร่วงของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาสะระแหน่ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน มีการหลุดร่วงของใบระหว่าง 25.1-32.3 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน จะมีการหลุดร่วงของใบไม่แตกต่างจากวันที่เก็บเกี่ยวเริ่มต้น คือ 8.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 26)

4.4 การเกิดสีน้ำตาลของใบ

ในสภาพที่ผู้บริโภคที่สามารถยอมรับได้ในการเก็บรักษาสะระแหน่ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน มีการเกิดสีน้ำตาลของใบระหว่าง 3.0-3.5 คะแนน (Table 27)

4.5 ปริมาณก๊าซในถุงบรรจุภัณฑ์

4.5.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาสะระแหน่ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศา

เซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน คือ มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 15.3-16.2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสะระแหน่ควรมีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 28)

4.5.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาสะระแหน่ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน คือ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 3.19-4.14 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสะระแหน่ควรมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 29)

4.5.3 ปริมาณก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์

สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซเอทิลีนในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาสะระแหน่ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE และ PE ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 วัน คือ มีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 0.29-0.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการคัดเลือกถุงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสะระแหน่ควรมีปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ในช่วงดังกล่าว (Table 30)

3. การคัดเลือกสภาพที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักเพื่อการส่งออก

จากการทดลองผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผักทั้ง 4 ชนิด พบว่าผักแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อชนิดบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ทั้งในเรื่องของความหนา อัตราการซึมผ่านไอน้ำ อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนและอัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผักซึ่งจะเห็นว่าการยอมรับของผู้บริโภคของผักทั้ง 4 ชนิด ที่ระดับคะแนน 3 ขึ้นไป ซึ่งเป็นระดับการพอใจปานกลางในการตัดสินใจซื้อผักเพื่อนำไปบริโภค รวมไปถึงคุณภาพของผลผลิตอื่นๆ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การหลุดร่วงของใบ และการเกิดสีน้ำตาลนั้น ผักชีฝรั่งและโหระพาที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP รวมไปถึงกะเพราและสะระแหน่ที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE มีการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพดีใกล้เคียงกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ที่มีการจำหน่ายการเป็นการค้า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE มีคุณสมบัติที่สำคัญก็คือ อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนและอัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในและภายนอกถุงบรรจุภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น แต่จากทดลองจะเห็นว่า มีถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพในการรักษา

คุณภาพผักใกล้เคียงกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE เช่น ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP สำหรับผักชีฝรั่งและโหระพา และถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE สำหรับกะเพราและสะระแหน่ แสดงให้เห็นว่า ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE และ PE มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ก็เพียงพอต่อการหายใจของผักภายในถุงบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว (Table 2) สภาพก๊าซที่เหมาะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาให้ได้นานควรมีปริมาณก๊าซออกซิเจนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผักชีฝรั่งในระหว่าง 19.0-19.5 เปอร์เซ็นต์ กะเพราในระหว่าง 17.8-19.4 เปอร์เซ็นต์ โหระพาในระหว่าง 13.1-16.5 เปอร์เซ็นต์ และสะระแหน่ในระหว่าง 15.3-16.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผักชีฝรั่งในระหว่าง 3.40-3.70 เปอร์เซ็นต์ กะเพราในระหว่าง 3.06-4.12 เปอร์เซ็นต์ โหระพาในระหว่าง 3.17-4.52 เปอร์เซ็นต์ และสะระแหน่ในระหว่าง 3.19-4.14 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณก๊าซปริมาณก๊าซเอทิลีนสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผักชีฝรั่งในระหว่าง 0.26-0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร กะเพราในระหว่าง 0.60-1.03 มิลลิกรัมต่อลิตร โหระพาในระหว่าง 1.12-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และสะระแหน่ในระหว่าง 0.29-0.62 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 31) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ถึงต้นทุนในการบรรจุภัณฑ์ผักในแต่ละชนิด พบว่า การใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ PE สามารถทดแทนการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE เพื่อลดต้นทุนในการบรรจุภัณฑ์ผักแต่ละชนิดได้ ดังนี้ ในผักชีฝรั่งลดลง 25.33 เปอร์เซ็นต์ ในกะเพราลดลง 32.29 เปอร์เซ็นต์ ในโหระพาลดลง 31.67 เปอร์เซ็นต์ และในสะระแหน่ลดลง 20.39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE (Table 32 and 33)

สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักทั้ง 4 ชนิด มีการยอมรับของผู้บริโภคของผักทั้ง 4 ชนิด ที่ระดับคะแนน 3 ขึ้นไป ซึ่งเป็นระดับการพอใจปานกลางแตกต่างกันโดยผักชีฝรั่งและสะระแหน่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 18 วัน ในขณะที่กะเพราและโหระพาสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส นาน 6 และ 9 วัน ตามลำดับ (Table 31) แต่เมื่อวิเคราะห์ถึงสภาพในการขนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศซึ่งต้องใช้อุณหภูมิเดียวกันกับผักในแต่ละชนิดจึงแนะนำให้ทำการขนส่งผักทั้ง 4 ชนิด ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษากะเพราได้นาน 6 วัน โหระพาได้นาน 9 วัน ผักชีฝรั่งและสะระแหน่ได้นานถึง 18 วัน โดยที่ผักทั้ง 4 ชนิดยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Figure 1)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของ Modified Atmosphere Packaging (MAP) และอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผัก พบว่า

1. ผักชีฝรั่งและโหระพาที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP รวมไปถึงกะเพราและสะระแหน่ที่บรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PE มีการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพดีใกล้เคียงกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ที่มีการจำหน่ายการเป็นการค้า

2. การใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ PE สามารถทดแทนการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE เพื่อลดต้นทุนในการบรรจุภัณฑ์ผักแต่ละชนิดได้ โดยในผักชีฝรั่งลดลง 25.33 เปอร์เซ็นต์ ในกะเพราลดลง 32.29 เปอร์เซ็นต์ ในโหระพาลดลง 31.67 เปอร์เซ็นต์ และในสะระแหน่ลดลง 20.39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE

3. ผักชีฝรั่งและสะระแหน่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 18 วัน ในขณะที่กะเพราและโหระพาสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส นาน 6 และ 9 วัน ตามลำดับแต่เมื่อวิเคราะห์ถึงสภาพในการขนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศซึ่งต้องใช้อุณหภูมิเดียวกันกับผักในแต่ละชนิดจึงแนะนำให้ทำการขนส่งผักทั้ง 4 ชนิด ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษากะเพราได้นาน 6 วัน โหระพาได้นาน 9 วัน ผักชีฝรั่งและสะระแหน่ได้นานถึง 18 วัน โดยที่ผักทั้ง 4 ชนิดยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดลองข้างต้นได้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1. เผยแพร่ข้อมูลสภาพการเก็บรักษาผักชีฝรั่ง กะเพรา โหระพา และสะระแหนในสภาพที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพให้ได้นานที่สุดและมีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด

2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่โรงคัดบรรจุ และผู้ส่งออก ภายใต้การฝึกอบรมหลักสูตรการผลิตพืชผักตามมาตรฐานการส่งออก เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2557 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรราชบุรี ให้มีการจัดการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสมและลดต้นทุนการผลิตเพื่อรักษาคุณภาพ

3. เสนอผลงานในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 ปี 2558 ในหัวข้อเรื่อง ผลของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพโหระพาในระหว่างการเก็บรักษา

4. เสนอผลงานในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54 ปี 2559 ในหัวข้อเรื่อง การเก็บรักษาสะระแหนในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (อยู่ในระหว่างการพิจารณา)

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ชลธิรา หนูเนื้อ. 2545. **การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของหน่อไม้ฝรั่งภายใต้สภาวะบรรยากาศควบคุม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 123 หน้า.

ชวนพิศ จิระพงษ์. 2548. **ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพและปริมาณน้ำมันหอมระเหยในโหระพาขาว (*Ocimum sanctum* L. cv. Kha-o)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 96 หน้า.

นงลักษณ์ เจริญจงสุข. 2554. **ผลของชนิดฟิล์มพลาสติก สัดส่วนของก๊าซ O_2 และ CO_2 และการบรรจุแบบแอกตีฟต่อคุณภาพของบร็อคโคลี่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 102 หน้า.

ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา. 2546. **ผลของสภาพบรรยากาศควบคุม อุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของโหระพา (*Ocimum basilicum* L.)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 134 หน้า.

ประภารัตน์ ธีสิงห์. 2546. **ผลของสภาวะออกซิเจนสูงและสภาพบรรยากาศควบคุมต่อการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่พร้อมบริโภค**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 78 หน้า.

สมพงษ์ เฟื่องอารมย์. 2550. **บรรจุภัณฑ์กับการส่งออก**. จามจุรีโปรดักท์. กรุงเทพฯ. 448 หน้า.

สุพนิดา ไทยใจดี. 2545. **ผลของอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศควบคุมต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของเห็ดกระดุม (*Agaricus bisporus*.)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 166 หน้า.

ศรัณยา ศรีรัตนะ. 2552ก. **บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (Active Packaging) ช่วยยืดอายุและรักษาคุณภาพของผักและผลไม้สด**. เมืองไม้ผล. (1) 98-101.

ศรัณยา ศรีรัตนะ. 2552ข. **ปัญหาและแนวโน้มตลาดบรรจุภัณฑ์ถุงสดเพื่อการส่งออกสินค้าเกษตร. เมืองไม้ผล**. (2) 139-141.

ศรัณยา ศรีรัตนะ. 2552ค. **บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (Active Packaging) ช่วยยืดอายุผักและผลไม้สด. เมืองไม้ผล**. (2) 139-141.

ศิรากานต์ ขยันการ. 2547. **ผลของการลดอุณหภูมิด้วยลมเย็นและวิธีการบรรจุต่อคุณภาพของเห็ดฟางในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 89 หน้า.

อดิศักดิ์ ชั้นประเสริฐ. 2549. **ผลของอุณหภูมิ ความชื้น เอทิลีนและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษายอดผักหวานบ้านพันธุ์ทองผาภูมิ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 99 หน้า.

Deshpande, S.D., S. Sokhansanj, and J. Irudayaraj. 2002. Effect of moisture content and storage temperature on rate of respiration of alfafa. **Biosystem Enginerring.** 82: 79-86.

Jacobson, A., T. Nielson, and K. Wendin. 2004. Influence of packaging material and storage condition on sensory quality of broccoli. **Food Quality and Preference.** 15: 301-310.

Kader, A.A. 1997. Biological bases of O_2 and CO_2 effects on postharvest-life of horticultural perishable, PE. 160-163. *In* **Proceedings of the 7th International Controlled Atmosphere Research Conference**. University of California, Davis.

Lawless, T.H. and H. Heymann. 1998. Sensory evaluation of food principles and practices. Chapman and Hall, Inc., New York.

Soliva-Fortuny, R.C. and O. Martin-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: A review. **Trends Food Sci. Technol.** 14(9): 341-353.

Table 2 Characteristics of packaging in the experiment.

packaging type	thickness (μm)	water vapor transmission rate ($g/m^2/day$)	oxygen vapor transmission rate ($cm^3/m^2/day$)	carbondioxide vapor transmission rate ($cm^3/m^2/day$)
low density polyethylene (LDPE)	26	26.6	14,000	6,240
high density polyethylene (HDPE)	23	14.5	7,250	2,075
polyethylene (PE)	62	5.76	2,825	1,215
polypropylene (PP)	30	11.6	3,470	984

Table 3 Change in overall acceptability of culantro on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage								
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	21	Mean[1]
5	LDPE	5.0	5.0	4.0	3.9	3.6	3.6	3.2	3.0	3.9a
	HDPE	5.0	3.5	3.8	3.2	3.0	2.9	2.8	2.2	3.3b
	PE	5.0	5.0	3.9	3.5	3.0	2.9	2.6	2.5	3.6ab
	PP	5.0	5.0	4.0	3.8	3.4	3.2	3.0	2.9	3.8a
	Mean[1/]	5.0a	5.0a	4.0a	3.7a	3.2b	3.1b	2.8c	2.7c	
10	LDPE	5.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.2	3.0	-	3.8a
	HDPE	5.0	3.9	3.5	3.3	3.0	2.8	2.5	-	3.4b
	PE	5.0	4.0	3.9	3.5	3.0	2.9	2.5	-	3.5b
	PP	5.0	4.0	3.9	3.8	3.4	3.3	3.0	-	3.8a
	Mean[1/]	5.0a	4.0a	3.9b	3.7b	3.2b	3.1b	2.8c	-	
15	LDPE	5.0	4.0	3.5	3.2	3.0	-	-	-	3.7a
	HDPE	5.0	3.5	3.0	2.9	2.2	-	-	-	3.3b
	PE	5.0	3.5	3.0	2.8	2.5	-	-	-	3.4b
	PP	5.0	4.0	3.5	3.0	2.8	-	-	-	3.7a
	Mean[1/]	5.0a	3.8b	3.3b	2.9c	2.7c	-	-	-	
20	LDPE	5.0	3.8	3.4	3.0	2.5	-	-	-	3.5a
	HDPE	5.0	3.0	2.8	2.6	2.2	-	-	-	3.1b
	PE	5.0	3.5	3.0	2.5	2.3	-	-	-	3.3b
	PP	5.0	3.8	3.5	3.0	2.5	-	-	-	3.6a
	Mean[1/]	5.0a	3.7b	3.3b	2.8b	2.4b	-	-	-	
25	LDPE	5.0	3.0	2.3	-	-	-	-	-	3.4a
	HDPE	5.0	2.7	2.2	-	-	-	-	-	3.3b
	PE	5.0	2.9	2.4	-	-	-	-	-	3.4a
	PP	5.0	3.0	2.9	-	-	-	-	-	3.6a
	Mean[1/]	5.0a	2.9b	2.5b	-	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 4 Change in weight loss (%) of culantro on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage								
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	21	Mean[1]
5	LDPE	0	1.49	1.97	2.36	3.54	4.26	4.93	5.10	3.38b
	HDPE	0	1.03	1.60	2.00	2.60	3.89	4.20	4.90	2.89a
	PE	0	1.23	1.90	2.40	2.80	3.45	4.56	5.10	3.06a
	PP	0	2.17	3.20	3.40	3.50	3.80	4.10	4.20	3.48b
	Mean[1/]	0a	1.48a	2.17a	2.54b	3.11b	3.85b	4.45b	4.83b	
10	LDPE	0	1.32	2.40	3.80	4.21	5.10	5.60	-	3.20b
	HDPE	0	1.80	2.50	2.79	4.10	4.30	5.20	-	2.96a
	PE	0	1.80	2.45	2.98	3.56	4.78	5.90	-	3.07a
	PP	0	2.10	3.50	3.64	3.98	4.21	4.60	-	3.15b
	Mean[1/]	0a	1.76a	2.71a	3.30b	3.96b	4.60b	5.33b	-	
15	LDPE	0	1.90	4.30	5.20	5.80	-	-	-	3.44b
	HDPE	0	1.90	4.20	4.50	5.30	-	-	-	3.18b
	PE	0	1.80	3.60	4.90	6.10	-	-	-	3.28b
	PP	0	2.00	3.80	4.10	4.87	-	-	-	2.95a
	Mean[1/]	0a	1.90a	3.98b	4.68b	5.52b	-	-	-	
20	LDPE	0	1.90	4.80	5.40	5.90	-	-	-	3.60b
	HDPE	0	1.90	4.30	4.60	5.90	-	-	-	3.34b
	PE	0	1.70	3.70	5.00	6.20	-	-	-	3.32b
	PP	0	2.00	4.00	4.20	4.98	-	-	-	3.04a
	Mean[1/]	0a	1.88b	4.20b	4.80b	5.75b	-	-	-	
25	LDPE	0	2.19	4.21	-	-	-	-	-	2.13b
	HDPE	0	1.89	3.80	-	-	-	-	-	1.90a
	PE	0	2.10	3.20	-	-	-	-	-	1.77a
	PP	0	1.70	3.00	-	-	-	-	-	1.57a
	Mean[1/]	0a	1.97a	3.55b	-	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly

different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 5 Change in leaf abscission (%) of culantro on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage								
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	21	Mean[1]
5	LDPE	0	2.0	5.0	8.1	12.0	16.0	19.7	35.8	12.3a
	HDPE	0	5.0	8.2	11.2	15.2	18.0	28.3	49.0	16.9b
	PE	0	2.3	5.3	7.9	11.0	15.6	20.3	41.0	12.9a
	PP	0	2.9	4.7	9.2	15.0	19.1	25.2	30.5	13.3a
	Mean[1/]	0a	2.6a	5.0a	8.6b	13.0b	17.4b	22.8b	35.8c	
10	LDPE	0	3.6	6.5	9.9	14.3	18.2	25.2	-	11.1a
	HDPE	0	6.0	10.2	15.2	18.2	20.2	35.5	-	15.0b
	PE	0	3.1	5.0	10.5	18.0	25.0	30.2	-	13.1a
	PP	0	2.8	6.0	9.5	15.0	22.0	25.1	-	11.5a
	Mean[1/]	0a	3.0a	5.5a	10.0b	16.5b	23.5b	27.7b	-	
15	LDPE	0	7.5	10.0	16.5	34.2	-	-	-	13.6a
	HDPE	0	6.0	10.2	22.2	39.2	-	-	-	15.5b
	PE	0	5.0	6.5	28.2	32.2	-	-	-	14.4b
	PP	0	4.2	6.1	24.2	28.2	-	-	-	12.5b
	Mean[1/]	0a	4.6a	6.3a	26.2b	30.2b	-	-	-	
20	LDPE	0	7.0	13.2	18.0	36.2	-	-	-	14.9a
	HDPE	0	8.2	11.3	23.5	40.5	-	-	-	16.7b
	PE	0	6.0	7.5	30.2	34.2	-	-	-	15.6b
	PP	0	5.1	7.5	26.4	30.5	-	-	-	13.9b
	Mean[1/]	0a	5.6a	7.5a	28.3b	32.4b	-	-	-	
25	LDPE	0	8.9	15.6	-	-	-	-	-	8.2a
	HDPE	0	11.2	20.2	-	-	-	-	-	10.5b
	PE	0	10.0	15.3	-	-	-	-	-	8.4b
	PP	0	9.5	19.5	-	-	-	-	-	9.7b
	Mean[1/]	0a	9.8b	17.4b	-	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 6 Change in browning index of culantro on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage								
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	21	Mean[1]
5	LDPE	1.0	1.0	2.0	2.1	2.6	2.8	3.0	3.0	2.2a
	HDPE	1.0	1.0	2.5	2.8	3.0	3.2	3.6	3.5	2.6b
	PE	1.0	1.0	2.0	2.3	2.8	3.0	3.2	3.5	2.4b
	PP	1.0	1.0	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.0	2.2a
	Mean[1/]	1.0a	1.0a	2.0a	2.3b	2.7b	2.9b	3.1b	3.3b	
10	LDPE	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	3.6	-	2.4a
	HDPE	1.0	1.5	2.5	3.0	3.2	3.6	4.0	-	2.7b
	PE	1.0	1.5	2.1	2.5	3.0	3.2	3.9	-	2.5a
	PP	1.0	1.5	2.0	2.3	2.6	3.2	3.5	-	2.3a
	Mean[1/]	1.0a	1.5a	2.1a	2.4b	2.8b	3.2b	3.7b	-	
15	LDPE	1.0	2.0	2.1	2.5	3.0	-	-	-	2.1a
	HDPE	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	-	-	-	2.4b
	PE	1.0	2.0	2.5	3.1	3.6	-	-	-	2.4b
	PP	1.0	2.0	2.0	2.5	3.0	-	-	-	2.1a
	Mean[1/]	1.0a	2.0a	2.3b	2.8b	3.3b	-	-	-	
20	LDPE	1.0	2.0	2.1	3.0	3.5	-	-	-	2.3a
	HDPE	1.0	2.0	2.5	3.5	3.8	-	-	-	2.6b
	PE	1.0	2.0	2.5	3.5	3.6	-	-	-	2.5b
	PP	1.0	2.0	2.0	3.0	3.5	-	-	-	2.3a
	Mean[1/]	1.0a	2.0a	2.3b	3.3b	3.6b	-	-	-	
25	LDPE	1.0	2.1	3.5	-	-	-	-	-	2.2a
	HDPE	1.0	2.5	4.0	-	-	-	-	-	2.5b
	PE	1.0	2.5	3.6	-	-	-	-	-	2.4b
	PP	1.0	2.0	3.5	-	-	-	-	-	2.2a
	Mean[1/]	1.0a	2.3b	3.6b	-	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly

different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 7 Change in oxygen content (%) of culantro on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage								
		0	3	6	9	12	15	18	21	Mean[1]
5	LDPE	20.8	19.3	19.9	19.7	19.4	19.8	19.5	19.6	19.8
	HDPE	20.8	19.9	19.7	19.9	19.1	19.1	19.0	19.1	19.6
	PE	20.8	18.7	19.5	18.9	18.9	19.1	19.7	19.5	19.4
	PP	20.9	20.7	19.2	18.5	19.3	18.7	19.0	19.5	19.5
	Mean[1/]	20.8a	19.7a	19.6a	19.3b	19.2b	19.2b	19.3b	19.4b	
10	LDPE	20.9	20.2	19.8	19.3	19.3	19.6	19.5	-	19.8
	HDPE	20.6	20.6	19.9	18.7	18.8	18.9	19.4	-	19.6
	PE	20.7	19.6	19.6	19.7	19.0	18.9	19.0	-	19.5
	PP	20.7	19.6	19.1	18.3	19.0	18.5	19.4	-	19.2
	Mean[1/]	20.7a	20.0a	19.6a	19.0b	19.0b	19.0b	19.3b	-	
15	LDPE	20.7	18.2	18.8	18.4	18.3	-	-	-	18.9
	HDPE	20.8	19.6	18.1	17.7	17.8	-	-	-	18.8
	PE	20.1	18.6	18.6	18.3	18.0	-	-	-	18.7
	PP	20.2	19.6	18.1	17.4	18.3	-	-	-	18.7
	Mean[1/]	20.5a	19.0a	18.4b	18.0b	18.1b	-	-	-	
20	LDPE	19.9	18.2	18.8	18.4	18.5	-	-	-	18.8
	HDPE	20.4	19.5	18.7	17.4	17.9	-	-	-	18.8
	PE	20.1	18.9	18.3	18.0	18.0	-	-	-	18.7
	PP	20.4	19.4	18.7	17.8	17.3	-	-	-	18.7
	Mean[1/]	20.2a	19.0a	18.6b	17.9b	17.9b	-	-	-	
25	LDPE	20.1	19.8	19.7	-	-	-	-	-	19.9
	HDPE	20.8	19.7	19.5	-	-	-	-	-	20.0
	PE	20.6	19.9	17.7	-	-	-	-	-	19.4
	PP	21.0	20.1	17.4	-	-	-	-	-	19.5
	Mean[1/]	20.6a	19.8a	18.5b	-	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 8 Change in carbondioxide content (%) of culantro on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage								
		0	3	6	9	12	15	18	21	Mean[1]
5	LDPE	1.59	3.08	3.11	3.15	3.33	3.07	3.40	3.45	3.02a
	HDPE	1.45	3.70	3.50	3.90	3.35	3.65	3.80	3.95	3.41a
	PE	1.58	4.15	4.12	4.10	4.15	4.07	4.25	4.35	3.85a
	PP	1.54	4.49	4.48	4.37	4.51	4.47	4.60	4.80	4.16b
	Mean[1/]	1.54a	3.86b	3.80b	3.88b	3.84b	3.82b	4.01b	4.14b	
10	LDPE	1.57	3.21	3.24	3.27	3.44	3.17	3.50	-	3.06a
	HDPE	1.55	3.83	3.63	4.05	3.46	3.75	3.90	-	3.45a
	PE	1.60	4.28	4.25	4.25	4.26	4.17	4.35	-	3.88a
	PP	1.54	4.62	4.63	4.52	4.62	4.59	4.70	-	4.17b
	Mean[1/]	1.57a	3.99b	3.94b	4.02b	3.95b	3.92b	4.11b	-	
15	LDPE	1.57	3.41	3.34	3.47	3.64	-	-	-	3.09a
	HDPE	1.45	3.93	3.93	4.25	3.76	-	-	-	3.46a
	PE	1.50	4.48	4.45	4.45	4.56	-	-	-	3.89a
	PP	1.56	4.82	4.83	4.62	4.82	-	-	-	4.13b
	Mean[1/]	1.52a	4.16b	4.14b	4.20	4.20b	-	-	-	
20	LDPE	1.58	3.61	3.54	3.77	3.84	-	-	-	3.27a
	HDPE	1.45	4.13	4.23	4.55	4.16	-	-	-	3.70a
	PE	1.49	4.78	4.75	4.75	5.06	-	-	-	4.17b
	PP	1.51	5.22	5.29	5.02	5.32	-	-	-	4.47b
	Mean[1/]	1.50a	4.44b	4.45b	4.52	4.60b	-	-	-	
25	LDPE	1.59	3.57	3.72	-	-	-	-	-	2.96a
	HDPE	1.54	4.02	4.79	-	-	-	-	-	3.45a
	PE	1.49	4.67	5.75	-	-	-	-	-	3.97b
	PP	1.57	5.14	5.65	-	-	-	-	-	4.12b
	Mean[1/]	1.54a	4.35b	4.97b	-	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 9 Change in ethylene content (mg/L) of culantro on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage								
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	21	Mean[1]
5	LDPE	0.12	0.23	0.20	0.22	0.24	0.39	0.26	0.41	0.26a
	HDPE	0.11	0.39	0.71	0.98	1.00	0.98	0.90	0.80	0.73b
	PE	0.11	0.41	0.33	0.67	0.60	0.79	0.48	0.60	0.50a
	PP	0.08	0.70	0.64	0.55	0.48	0.45	0.54	0.50	0.49a
	Mean[1/]	0.11a	0.43b	0.47b	0.61b	0.58b	0.65b	0.55b	0.58b	
10	LDPE	0.10	0.24	0.25	0.26	0.29	0.40	0.50	-	0.29a
	HDPE	0.15	0.41	0.78	0.99	1.10	1.02	1.00	-	0.78b
	PE	0.12	0.45	0.42	0.70	0.78	0.84	0.65	-	0.57b
	PP	0.09	0.80	0.70	0.65	0.54	0.48	0.56	-	0.55b
	Mean[1/]	0.12a	0.48b	0.54b	0.65b	0.68b	0.69b	0.68b	-	
15	LDPE	0.10	0.29	0.30	0.35	0.36	-	-	-	0.28a
	HDPE	0.09	0.51	0.81	1.01	1.20	-	-	-	0.72b
	PE	0.12	0.50	0.48	0.79	0.89	-	-	-	0.56a
	PP	0.09	0.98	0.80	0.75	0.60	-	-	-	0.64b
	Mean[1/]	0.10a	0.57b	0.60b	0.73b	0.76b	-	-	-	
20	LDPE	0.12	0.40	0.56	0.64	0.65	-	-	-	0.47a
	HDPE	0.15	0.64	0.84	1.20	1.36	-	-	-	0.84b
	PE	0.18	0.65	0.54	0.98	1.01	-	-	-	0.67a
	PP	0.15	1.12	1.00	0.85	0.90	-	-	-	0.80b
	Mean[1/]	0.15a	0.70b	0.74b	0.92b	0.98b	-	-	-	
25	LDPE	0.15	1.21	0.89	-	-	-	-	-	0.75a
	HDPE	0.16	1.98	1.23	-	-	-	-	-	1.12b
	PE	0.09	1.02	1.02	-	-	-	-	-	0.71a
	PP	0.10	1.00	0.98	-	-	-	-	-	0.69a
	Mean[1/]	0.13a	1.30b	1.03b	-	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 10 Change in overall acceptability of holy basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage				
		0	3	6	9	Mean[1]
5	LDPE	5.0	3.0	2.5	-	3.5a
	HDPE	5.0	3.0	2.0	-	3.3b
	PE	5.0	3.1	2.3	-	3.5a
	PP	5.0	3.0	2.2	-	3.4b
	Mean[1/]	5.0a	3.0b	2.3b	-	
10	LDPE	5.0	4.0	3.0	2.5	3.6a
	HDPE	5.0	4.0	2.5	2.2	3.4b
	PE	5.0	4.0	3.0	2.8	3.7a
	PP	5.0	4.0	2.9	2.1	3.5b
	Mean[1/]	5.0a	4.0a	2.9b	2.4b	
15	LDPE	5.0	3.5	3.0	2.2	3.4a
	HDPE	5.0	3.5	3.0	1.8	3.3b
	PE	5.0	3.5	3.3	2.3	3.5a
	PP	5.0	3.5	3.0	2.0	3.4a
	Mean[1/]	5.0a	3.5b	3.1b	2.1b	
20	LDPE	5.0	3.0	2.7	-	3.6a
	HDPE	5.0	3.0	2.2	-	3.4b
	PE	5.0	3.2	2.8	-	3.7a
	PP	5.0	3.1	2.5	-	3.5b
	Mean[1/]	5.0a	3.1b	2.6b	-	
25	LDPE	5.0	3.0	2.5	-	3.5a
	HDPE	5.0	3.0	2.0	-	3.3b
	PE	5.0	3.0	2.5	-	3.5a
	PP	5.0	3.0	2.3	-	3.4b
	Mean[1/]	5.0a	3.0b	2.3b	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 11 Change in weight loss (%) of holy basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage				
		0	3	6	9	Mean[1]
5	LDPE	0	0.43	1.60	-	0.68a
	HDPE	0	0.34	1.84	-	0.73b
	PE	0	0.31	1.93	-	0.75b
	PP	0	0.56	1.46	-	0.67a
	Mean[1/]	0a	0.41a	1.71b	-	
10	LDPE	0	0.55	1.87	2.74	1.29a
	HDPE	0	0.84	2.11	2.98	1.48b
	PE	0	0.31	1.62	2.95	1.22a
	PP	0	0.34	1.79	2.89	1.26a
	Mean[1/]	0a	0.51a	1.85b	2.89b	
15	LDPE	0	0.84	2.01	3.21	1.52a
	HDPE	0	1.02	2.54	3.61	1.79a
	PE	0	1.64	2.89	3.11	1.91a
	PP	0	1.64	2.64	3.76	2.01b
	Mean[1/]	0a	1.29b	2.52b	3.42b	
20	LDPE	0	2.98	3.54	-	2.17b
	HDPE	0	2.44	3.78	-	2.07b
	PE	0	2.94	3.52	-	2.15b
	PP	0	2.41	3.24	-	1.88a
	Mean[1/]	0a	2.69b	3.52b	-	
25	LDPE	0	3.54	5.15	-	2.90a
	HDPE	0	3.98	5.32	-	3.10b
	PE	0	3.47	4.84	-	2.77a
	PP	0	3.65	4.98	-	2.88a
	Mean[1/]	0a	3.66b	5.07b	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly

different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 12 Change in leaf abscission (%) of holy basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage				
		0	3	6	9	Mean[1]
5	LDPE	0	4.0	16.5	-	6.8b
	HDPE	0	4.9	15.2	-	6.7b
	PE	0	4.2	16.8	-	7.0b
	PP	0	2.3	15.6	-	6.0a
	Mean[/1]	0a	3.9a	16.0b	-	
10	LDPE	0	2.5	16.5	25.6	11.2a
	HDPE	0	5.2	20.6	40.5	16.6b
	PE	0	2.3	15.3	30.0	11.9a
	PP	0	3.5	19.0	35.5	14.5ab
	Mean[1/]	0a	3.4a	17.9b	32.9b	
15	LDPE	0	3.5	18.6	30.2	13.1a
	HDPE	0	5.2	20.6	45.1	17.7b
	PE	0	6.5	18.6	35.5	15.2a
	PP	0	5.4	25.1	38.1	17.2b
	Mean[1/]	0a	5.2a	20.7b	37.2b	
20	LDPE	0	4.8	17.9	-	7.6b
	HDPE	0	6.8	21.3	-	9.4b
	PE	0	4.8	17.6	-	7.5a
	PP	0	4.7	18.5	-	7.7a
	Mean[1/]	0a	5.3a	18.8b	-	
25	LDPE	0	5.5	20.2	-	8.6a
	HDPE	0	8.6	25.5	-	11.4b
	PE	0	5.1	18.2	-	7.8a
	PP	0	5.6	20.5	-	8.7a
	Mean[1/]	0a	6.2a	21.1b	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 13 Change in browning index of holy basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage				
(°C)	Packaging	0	3	6	9	Mean[1]
5	LDPE	1.0	2.0	3.2	-	2.1a
	HDPE	1.0	2.5	3.8	-	2.4b
	PE	1.0	2.0	3.2	-	2.1a
	PP	1.0	2.5	3.3	-	2.3b
	Mean[1/]	1.0a	2.3b	3.4b	-	
10	LDPE	1.0	2.0	2.8	3.1	2.2a
	HDPE	1.0	2.5	3.0	3.5	2.5b
	PE	1.0	2.0	2.7	3.0	2.2a
	PP	1.0	2.3	2.6	3.1	2.3a
	Mean[1/]	1.0a	2.2b	2.8b	3.2b	
15	LDPE	1.0	2.5	2.8	3.2	2.4b
	HDPE	1.0	2.5	3.1	3.6	2.6b
	PE	1.0	2.1	2.8	3.0	2.2a
	PP	1.0	2.2	2.9	3.2	2.3a
	Mean[1/]	1.0a	2.3b	2.9b	3.3b	
20	LDPE	1.0	1.9	3.8	-	2.2a
	HDPE	1.0	2.1	4.0	-	2.4b
	PE	1.0	2.0	3.9	-	2.3a
	PP	1.0	2.1	4.3	-	2.5b
	Mean[1/]	1.0a	2.0b	4.0b	-	
25	LDPE	1.0	2.1	4.0	-	2.4a
	HDPE	1.0	2.5	4.1	-	2.5a
	PE	1.0	2.5	4.1	-	2.5a
	PP	1.0	2.5	4.7	-	2.7b
	Mean[1/]	1.0a	2.4b	4.2b	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly

different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 14 Change in oxygen content (%) of holy basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage				
		0	3	6	9	Mean[1]
5	LDPE	20.2	19.8	19.5	-	19.8
	HDPE	20.4	19.6	19.4	-	19.8
	PE	20.0	19.7	19.4	-	19.7
	PP	20.3	19.4	19.5	-	19.7
	Mean[1/]	20.2a	19.6b	19.5b	-	
10	LDPE	19.9	19.7	19.4	19.2	19.6
	HDPE	20.1	19.6	19.4	18.9	19.5
	PE	20.4	20.0	18.9	18.4	19.4
	PP	20.1	19.7	19.3	18.3	19.4
	Mean[1/]	20.1a	19.8a	19.3b	18.7b	
15	LDPE	19.8	18.7	18.5	18.1	18.8
	HDPE	20.0	18.7	18.5	17.1	18.6
	PE	20.1	19.1	17.8	16.4	18.4
	PP	20.1	19.2	18.4	16.1	18.5
	Mean[1/]	20.0a	18.9b	18.3b	16.9b	
20	LDPE	19.9	18.1	15.5	-	17.8b
	HDPE	21.0	17.7	15.6	-	18.1b
	PE	20.5	16.7	14.5	-	17.2a
	PP	20.1	18.4	13.1	-	17.2a
	Mean[1/]	20.4a	17.7b	14.7b	-	
25	LDPE	19.9	15.6	13.2	-	16.2a
	HDPE	19.9	14.7	12.6	-	15.7b
	PE	20.1	14.3	11.7	-	15.4b
	PP	20.5	14.9	10.5	-	15.3b
	Mean[1/]	20.1a	14.9b	12.0b	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 15 Change in carbondioxide content (%) of holy basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage				
(°C)	Packaging	0	3	6	9	Mean[1]
5	LDPE	2.42	2.92	3.01	-	2.78a
	HDPE	2.94	3.04	3.20	-	3.06b
	PE	2.85	2.97	3.48	-	3.10b
	PP	2.75	2.92	3.53	-	3.07b
	Mean[1/]	2.74a	2.96b	3.31b	-	
10	LDPE	2.55	3.87	3.06	2.46	2.99a
	HDPE	2.96	3.13	4.22	3.61	3.48b
	PE	2.31	2.84	3.94	4.20	3.32b
	PP	2.94	3.16	4.22	4.57	3.72b
	Mean[1/]	2.69a	3.25b	3.86b	3.71b	
15	LDPE	2.44	3.84	3.56	3.96	3.45a
	HDPE	2.77	3.98	4.52	4.81	4.02b
	PE	2.43	3.54	4.12	4.51	3.65a
	PP	2.97	3.56	4.26	4.67	3.87b
	Mean[1/]	2.65a	3.73b	4.12b	4.49b	
20	LDPE	2.30	4.50	4.90	-	3.90a
	HDPE	2.80	4.10	5.60	-	4.17b
	PE	2.70	4.60	5.10	-	4.13b
	PP	2.60	4.90	5.30	-	4.27b
	Mean[1/]	2.60a	4.53b	5.23b	-	
25	LDPE	2.55	4.96	4.86	-	4.12a
	HDPE	2.78	4.28	5.67	-	4.24a
	PE	2.99	4.64	5.19	-	4.27a
	PP	3.19	4.89	5.65	-	4.58b
	Mean[1/]	2.88a	4.69b	5.34b	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 16 Change in ethylene content (mg/L) of holy basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage				
(°C)	Packaging	0	3	6	9	Mean[1]
5	LDPE	0.11	0.23	0.78	-	0.37a
	HDPE	0.09	0.54	0.94	-	0.52b
	PE	0.12	0.38	0.65	-	0.38a
	PP	0.08	0.46	0.76	-	0.43a
	Mean[1/]	0.10a	0.40b	0.78b	-	
10	LDPE	0.10	0.45	0.70	1.21	0.62a
	HDPE	0.08	0.78	0.89	1.64	0.85b
	PE	0.09	0.75	0.60	0.98	0.61a
	PP	0.06	0.45	0.98	1.32	0.70a
	Mean[1/]	0.08a	0.61b	0.79b	1.29b	
15	LDPE	0.11	0.56	0.89	1.36	0.73a
	HDPE	0.07	0.98	1.25	1.79	1.02b
	PE	0.08	0.84	1.03	1.12	0.77a
	PP	0.09	0.56	1.10	1.65	0.85a
	Mean[1/]	0.09a	0.74b	1.07b	1.48b	
20	LDPE	0.09	0.78	1.31	-	0.73a
	HDPE	0.1	1.23	1.56	-	0.96a
	PE	0.09	1.54	1.46	-	1.03b
	PP	0.12	1.11	1.78	-	1.00b
	Mean[1/]	0.10a	1.17b	1.53b	-	
25	LDPE	0.08	2.15	3.12	-	1.78a
	HDPE	0.07	2.64	3.45	-	2.05b
	PE	0.1	2.87	3.97	-	2.31b
	PP	0.12	2.45	3.48	-	2.02b
	Mean[1/]	0.09a	2.53b	3.51b	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 17 Change in overall acceptability of sweet basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage					
		0	3	6	9	12	Mean[1]
5	LDPE	5.0	3.7	3.0	2.8	-	3.6a
	HDPE	5.0	3.1	2.9	2.4	-	3.4b
	PE	5.0	3.5	3.0	2.6	-	3.5b
	PP	5.0	3.8	3.0	2.8	-	3.7a
	Mean[1/]	5.0a	3.5b	3.0b	2.7b		
10	LDPE	5.0	3.8	3.5	3.0	2.3	3.5a
	HDPE	5.0	3.2	3.0	2.5	1.7	3.1b
	PE	5.0	4.0	3.0	2.6	2.2	3.4a
	PP	5.0	3.8	3.1	3.0	2.4	3.5a
	Mean[1/]	5.0a	3.7b	3.2b	2.8b	2.2b	
15	LDPE	5.0	4.9	4.0	3.2	2.6	3.9a
	HDPE	5.0	4.0	3.5	2.5	1.8	3.4b
	PE	5.0	4.0	3.5	2.6	2.2	3.5b
	PP	5.0	4.5	3.7	3.0	2.8	3.8a
	Mean[1/]	5.0a	4.4b	3.7b	2.8b	2.4b	
20	LDPE	5.0	4.0	3.5	2.6	-	3.8a
	HDPE	5.0	3.8	3.0	2.0	-	3.5b
	PE	5.0	4.0	3.3	2.5	-	3.7a
	PP	5.0	4.0	3.5	2.8	-	3.8a
	Mean[1/]	5.0a	4.0b	3.3b	2.5b		
25	LDPE	5.0	4.1	2.5	-	-	3.9a
	HDPE	5.0	3.6	2.2	-	-	3.6b
	PE	5.0	3.8	2.3	-	-	3.7b
	PP	5.0	4.0	2.5	-	-	3.8a
	Mean[1/]	5.0a	3.9b	2.4b			

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 18 Change in weight loss (%) of sweet basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage					
		0	3	6	9	12	Mean[1]
5	LDPE	0	1.98	3.40	4.12	-	2.38b
	HDPE	0	2.01	3.64	4.62	-	2.57a
	PE	0	2.12	4.68	4.98	-	2.95b
	PP	0	2.25	3.78	4.05	-	2.52a
	Mean[1/]	0a	2.09b	3.88b	4.44b		
10	LDPE	0	2.16	4.81	5.69	5.95	3.17b
	HDPE	0	2.75	5.02	4.89	5.89	3.17b
	PE	0	3.0	4.68	5.79	6.35	3.36b
	PP	0	2.62	4.12	4.23	5.65	2.74a
	Mean[1/]	0a	2.62b	4.66b	5.15c	5.96c	
15	LDPE	0	2.34	4.69	5.51	5.41	3.59b
	HDPE	0	2.65	4.89	4.56	5.56	3.53b
	PE	0	2.8	4.54	5.54	5.15	3.60b
	PP	**0**	2.84	4.22	4.43	5.04	2.87a
	Mean[1/]	0a	2.65b	4.59b	5.01c	5.29c	
20	LDPE	0	2.9	4.69	5.51	-	3.28b
	HDPE	0	2.65	4.89	4.56	-	3.03b
	PE	0	2.8	4.54	5.54	-	3.22b
	PP	0	2.84	4.22	4.43	-	2.87a
	Mean[1/]	0a	2.79b	4.59c	5.01c		
25	LDPE	0	3.41	5.12	-	-	2.84a
	HDPE	0	3.95	6.14	-	-	3.36b
	PE	0	3.69	5.98	-	-	3.22b
	PP	0	3.45	5.36	-	-	2.94a
	Mean[1/]	0a	3.63b	5.65b			

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 19 Change in leaf abscission (%) of sweet basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage					
		0	3	6	9	12	Mean[1]
5	LDPE	0	1.5	3.0	10.6	-	3.8a
	HDPE	0	1.9	3.5	12.8	-	4.6b
	PE	0	1.5	4.5	9.5	-	3.9a
	PP	0	1.4	4.9	9.7	-	4.0a
	Mean[1/]	0a	1.6a	4.0b	10.7b		
10	LDPE	0	2.1	3.0	8.8	15.6	5.9a
	HDPE	0	3.5	4.5	10.2	23.2	8.3b
	PE	0	3.0	6.4	8.4	18.6	7.3b
	PP	0	2.4	5.1	8.9	18.9	7.1a
	Mean[1/]	0a	2.8b	4.8b	9.1b	18.6c	
15	LDPE	0	2.7	3.5	10.9	21.1	7.6a
	HDPE	0	5.1	6.5	12.2	20.1	8.8b
	PE	0	2.9	6.1	8.1	21.5	7.7a
	PP	0	2.3	5.3	7.9	18.1	6.7a
	Mean[1/]	0a	3.3b	5.4b	9.8b	20.2c	
20	LDPE	0	4.2	12.2	23.2	-	9.9a
	HDPE	0	8.5	13.2	27.2	-	12.2b
	PE	0	8.3	10.5	23.5	-	10.6b
	PP	0	7.9	10.2	21.2	-	9.8a
	Mean[1/]	0a	7.2b	11.5	23.8c		
25	LDPE	0	8.7	18.2	-	-	9.0a
	HDPE	0	10.1	20.5	-	-	10.2b
	PE	0	8.5	15.6	-	-	8.0a
	PP	0	9.5	15.9	-	-	8.5a
	Mean[1/]	0a	9.2b	17.6b			

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 20 Change in browning index of sweet basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage					
		0	3	6	9	12	Mean[1]
5	LDPE	1.0	2.5	3.5	4.1	-	2.8a
	HDPE	1.0	2.5	4.0	4.5	-	3.0b
	PE	1.0	2.5	3.5	4.3	-	2.8a
	PP	1.0	2.4	3.5	4.2	-	2.8a
	Mean[1/]	1.0a	2.5b	3.6b	4.3b		
10	LDPE	1.0	1.5	2.5	3.6	4.0	2.5a
	HDPE	1.0	2.0	3.0	4.2	4.5	2.9b
	PE	1.0	2.1	2.5	3.4	4.0	2.6b
	PP	1.0	1.7	3.0	3.5	4.1	2.7b
	Mean[1/]	1.0a	1.8a	2.8b	3.7b	4.2b	
15	LDPE	1.0	1.5	2.0	3.3	3.7	2.3b
	HDPE	1.0	2.0	2.8	3.9	4.0	2.7b
	PE	1.0	1.9	2.2	3.5	3.8	2.5b
	PP	1.0	1.7	2.0	3.3	3.7	2.0a
	Mean[1/]	1.0a	1.8a	2.3b	3.5b	3.8b	
20	LDPE	1.0	2.0	2.5	3.3	-	2.2a
	HDPE	1.0	2.5	3.0	3.8	-	2.6b
	PE	1.0	2.0	2.8	3.5	-	2.3a
	PP	1.0	2.5	2.8	3.6	-	2.5b
	Mean[1/]	1.0a	2.3b	2.8b	3.6b		
25	LDPE	1.0	1.5	3.5	-	-	2.0a
	HDPE	1.0	2.0	4.1	-	-	2.4b
	PE	1.0	1.5	3.5	-	-	2.0a
	PP	1.0	1.5	3.0	-	-	1.8a
	Mean[1/]	1.0a	1.6a	3.5b			

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 21 Change in oxygen content (%) of sweet basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature (°C)	Type of Packaging	Days after storage					
		0	3	6	9	12	Mean[1]
5	LDPE	20.4	19.5	18.5	16.9	-	18.8a
	HDPE	20.2	18.6	18.4	17.2	-	18.6a
	PE	20.1	17.8	15.6	14.6	-	17.0b
	PP	19.8	17.4	16.5	15.8	-	17.4b
	Mean[1/]	20.1a	18.3b	17.3b	16.1b	-	
10	LDPE	20.5	17.4	16.6	15.5	15.3	17.5a
	HDPE	20.4	14.6	15.4	13.2	14.5	15.9b
	PE	20.1	15.5	13.5	12.4	12.7	15.4b
	PP	19.9	15.4	14.5	13.6	12.5	15.9b
	Mean[1/]	20.2a	15.7b	15.0b	13.7b	13.8b	
15	LDPE	20.1	18.4	17.5	16.5	16.3	17.8a
	HDPE	20.8	15.6	16.1	14.2	15.5	16.4b
	PE	19.2	16.5	14.5	13.5	13.6	15.5b
	PP	20.4	16.4	14.5	13.1	12.0	16.1b
	Mean[1/]	20.1a	16.7b	15.7b	14.3b	14.4b	
20	LDPE	20.4	15.5	13.4	15.8	-	16.3a
	HDPE	20.3	14.6	12.4	13.4	-	15.2b
	PE	20.1	15.6	12.5	11.1	-	14.8b
	PP	20.7	15.9	13.2	10.2	-	15.0b
	Mean[1/]	20.4a	15.4b	12.9b	12.6b		
25	LDPE	20.6	15.6	13.3	-	-	16.5a
	HDPE	20.1	13.5	12.4	-	-	15.3b
	PE	19.1	12.5	11.0	-	-	14.2b
	PP	20.7	12.1	10.9	-	-	14.6b
	Mean[1/]	20.1b	13.4b	11.9b			

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 22 Change in carbondioxide content (%) of sweet basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage					
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	Mean[1]
5	LDPE	1.59	2.98	3.01	3.05	-	2.66a
	HDPE	1.57	4.39	4.38	4.27	-	3.65b
	PE	1.58	4.05	4.02	4.09	-	3.44b
	PP	1.75	3.60	3.40	3.80	-	3.14b
	Mean[1/]	1.62a	3.76b	3.70b	3.80b		
10	LDPE	1.47	3.11	3.14	3.17	3.34	2.85a
	HDPE	1.45	3.73	3.53	3.95	3.36	3.20b
	PE	1.50	4.18	4.15	4.15	4.16	3.63b
	PP	1.44	4.52	4.53	4.42	4.52	3.89b
	Mean[1/]	1.47a	3.89b	3.84b	3.92b	3.85b	
15	LDPE	1.51	3.31	3.24	3.37	3.54	2.86a
	HDPE	1.57	4.38	4.35	4.35	4.46	3.66b
	PE	1.98	3.60	4.80	5.10	5.00	3.87b
	PP	1.56	4.77	4.73	4.52	4.72	4.06b
	Mean[1/]	1.66a	4.02b	4.28b	4.34b	4.43b	
20	LDPE	1.58	3.51	3.44	3.69	-	3.06a
	HDPE	1.55	4.03	4.13	4.47	-	3.55a
	PE	1.49	4.68	4.67	4.65	-	3.87a
	PP	1.51	5.12	5.17	4.92	-	4.18b
	Mean[1/]	1.53a	4.34b	4.35b	4.43b		
25	LDPE	1.69	3.47	3.62	-	-	2.93a
	HDPE	1.44	3.92	4.69	-	-	3.35b
	PE	1.68	4.57	5.65	-	-	3.97b
	PP	1.67	5.04	5.55	-	-	4.09b
	Mean[1/]	1.62a	4.25b	4.88b			

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 23 Change in ethylene content (mg/L) of sweet basil on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage					
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	Mean[1]
5	LDPE	0.08	0.23	0.59	1.11	-	0.50a
	HDPE	0.10	0.26	0.89	1.21	-	0.62b
	PE	0.08	0.24	0.56	1.01	-	0.47a
	PP	0.08	0.34	0.74	1.34	-	0.63b
	Mean[1/]	0.09a	0.27a	0.70b	1.17b		
10	LDPE	0.11	0.41	0.56	1.12	1.84	0.55a
	HDPE	0.15	0.56	0.78	1.23	1.99	0.68a
	PE	0.12	0.46	0.69	1.18	1.46	0.61a
	PP	0.09	0.66	0.98	1.23	1.64	0.74b
	Mean[1/]	0.12a	0.52b	0.75b	1.19b	1.73b	
15	LDPE	0.11	0.55	1.23	1.65	2.10	1.13b
	HDPE	0.09	0.68	0.97	1.23	2.12	1.02a
	PE	0.07	0.98	1.21	1.64	1.98	1.18b
	PP	0.08	1.00	1.40	2.00	2.30	1.36b
	Mean[1/]	0.09a	0.80b	1.20b	1.63b	2.13b	
20	LDPE	0.11	0.87	1.34	1.97	-	1.07a
	HDPE	0.11	0.99	1.45	2.01	-	1.14b
	PE	0.12	1.11	1.68	2.14	-	1.26b
	PP	0.09	1.12	1.78	2.25	-	1.31b
	Mean[1/]	0.11a	1.02b	1.56b	2.09b		
25	LDPE	0.12	2.15	2.65	-	-	1.64a
	HDPE	0.11	2.32	2.98	-	-	1.80a
	PE	0.09	2.11	3.31	-	-	1.84a
	PP	0.12	2.63	3.61	-	-	2.12b
	Mean[1/]	0.11a	2.30b	3.14b			

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 24 Change in overall acceptability of marsh mint on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage							
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	Mean[1]
5	LDPE	5.0	5.0	4.0	3.8	3.4	3.2	3.0	3.9a
	HDPE	5.0	3.5	3.8	3.2	3.0	2.9	2.8	3.5b
	PE	5.0	5.0	4.7	4.2	3.4	3.2	3.0	4.1a
	PP	5.0	5.0	3.9	3.6	3.0	2.9	2.6	3.7b
	Mean[1/]	5.0a	4.6a	4.1a	3.7b	3.2b	3.1b	2.9b	
10	LDPE	5.0	4.0	3.9	3.8	3.8	3.2	3.0	3.8a
	HDPE	5.0	3.9	3.5	3.3	3.0	2.8	2.5	3.4b
	PE	5.0	4.0	3.9	3.8	3.4	3.3	3.0	3.8ab
	PP	5.0	4.0	3.9	3.5	3.0	2.3	2.1	3.4b
	Mean[1/]	5.0a	4.0a	3.8a	3.6b	3.3b	2.9b	2.7b	
15	LDPE	5.0	4.0	3.5	3.2	3.0	-	-	3.7a
	HDPE	5.0	3.5	3.0	2.9	2.2	-	-	3.3b
	PE	5.0	4.0	3.5	3.0	2.8	-	-	3.7a
	PP	5.0	3.5	3.0	2.8	2.3	-	-	3.3b
	Mean[1/]	5.0a	3.8a	3.3b	3.0b	2.6b			
20	LDPE	5.0	3.8	3.5	3.0	-	-	-	3.8a
	HDPE	5.0	3.0	2.8	2.6	-	-	-	3.4b
	PE	5.0	3.8	3.5	3.0	-	-	-	3.8a
	PP	5.0	3.5	3.0	2.5	-	-	-	3.5b
	Mean[1/]	5.0a	3.5b	3.2	2.8b				
25	LDPE	5.0	3.0	2.4	-	-	-	-	3.5a
	HDPE	5.0	2.8	2.2	-	-	-	-	3.3b
	PE	5.0	3.1	2.9	-	-	-	-	3.7a
	PP	5.0	2.9	2.4	-	-	-	-	3.4b
	Mean[1/]	5.0a	2.9b	2.5b	-	-	-	-	

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly

different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 25 Change in weight loss (%) of marsh mint on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage							
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	Mean[1]
5	LDPE	0	3.29	3.77	4.16	5.34	6.06	6.73	4.19b
	HDPE	0	2.83	3.50	3.80	4.40	5.69	6.00	3.75a
	PE	0	3.97	5.10	5.20	5.30	5.60	5.90	4.44b
	PP	0	3.97	5.00	5.30	5.40	5.80	9.80	5.04b
	Mean[1/]	0a	3.52a	4.34b	4.62b	5.11b	5.79b	7.11b	
10	LDPE	0	3.12	4.20	5.60	6.01	6.90	7.40	4.75b
	HDPE	0	3.60	4.30	4.59	5.90	6.10	7.00	4.50a
	PE	0	3.90	5.30	5.44	5.78	6.01	6.40	4.61b
	PP	0	3.60	4.25	4.78	5.36	6.58	7.70	4.61b
	Mean[1/]	0a	3.54a	4.60b	5.21b	5.90b	6.34b	6.93b	
15	LDPE	0	3.70	6.10	7.00	7.60	-	-	4.88b
	HDPE	0	3.70	6.10	6.30	7.10	-	-	4.64b
	PE	0	3.80	5.60	5.90	6.67	-	-	4.72b
	PP	0	3.60	5.40	6.70	7.90	-	-	4.39a
	Mean[1/]	0a	3.70a	5.80a	6.48b	7.32b			
20	LDPE	0	3.70	6.60	7.20	-	-	-	4.38b
	HDPE	0	3.70	6.30	6.80	-	-	-	4.20b
	PE	0	3.80	5.80	6.00	-	-	-	3.98a
	PE	0	3.50	5.60	6.80	-	-	-	3.90a
	Mean[1/]	0a	3.68a	6.08b	6.70b				
25	LDPE	0	3.99	6.01	-	-	-	-	3.33b
	HDPE	0	3.69	5.60	-	-	-	-	3.10b
	PE	0	3.50	4.80	-	-	-	-	2.77a
	PP	0	3.90	5.90	-	-	-	-	3.27b
	Mean[1/]	0a	3.77a	5.58b					

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 26 Change in leaf abscission (%) of marsh mint on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage							
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	Mean[1]
5	LDPE	0	2.0	5.0	8.1	12.0	16.0	31.7	10.7a
	HDPE	0	5.1	8.2	11.2	15.2	18.0	40.3	14.0b
	PE	0	2.3	5.3	7.9	11.0	15.6	32.3	10.6a
	PP	0	2.3	5.3	8.9	11.2	15.6	42.3	12.2a
	Mean[1/]	0a	3.2a	6.3a	9.3b	12.5b	16.4b	38.3c	
10	LDPE	0	3.6	6.5	9.9	14.3	18.2	25.2	11.1a
	HDPE	0	6.3	10.2	15.2	19.3	21.3	35.5	15.4b
	PE	0	2.8	6.0	9.5	15.0	22.0	25.1	11.5a
	PP	0	3.1	5.7	10.5	19.5	26.4	30.2	13.6a
	Mean[1/]	0a	4.0a	7.1a	11.3b	17.0b	22.0b	29.0c	
15	LDPE	0	7.5	10.0	16.5	34.2	-	-	13.6a
	HDPE	0	6.4	11.2	22.2	39.2	-	-	15.8b
	PE	0	4.2	6.9	25.4	29.1	-	-	13.1a
	PP	0	5.4	6.5	28.2	30.3	-	-	14.1a
	Mean[1/]	0a	5.9a	8.7a	23.1b	33.2b			
20	LDPE	0	7.0	13.2	18.0	-	-	-	9.6a
	HDPE	0	8.2	11.3	23.5	-	-	-	10.8b
	PE	0	5.1	7.5	26.4	-	-	-	9.8a
	PP	0	6.0	7.5	30.2	-	-	-	10.9b
	Mean[1/]	0a	6.6b	9.9b	24.5c				
25	LDPE	0	8.9	15.3	-	-	-	-	8.1a
	HDPE	0	13.5	17.4	-	-	-	-	10.3b
	PE	0	10.0	15.3	-	-	-	-	8.4a

	PP	0	10.4	20.4	-	-	-	-	10.3b
	Mean[1/]	0a	10.7b	17.1b					

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 27 Change in browning index of marsh mint on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage							
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	Mean[1]
5	LDPE	1.0	1.0	2.0	2.3	2.6	3.0	3.4	2.2a
	HDPE	1.0	1.0	2.5	2.8	3.0	3.2	3.6	2.4b
	PE	1.0	1.0	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	2.1a
	PP	1.0	1.0	2.0	2.3	2.8	3.0	3.2	2.2a
	Mean[1/]	1.0a	1.0a	2.1b	2.4b	2.8b	3.0b	3.3b	
10	LDPE	1.0	1.0	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	2.4b
	HDPE	1.0	1.0	2.0	2.5	3.1	3.4	3.6	2.4b
	PE	1.0	1.0	2.0	2.3	2.6	2.8	3.4	2.2a
	PP	1.0	1.5	2.0	2.3	2.6	3.2	3.5	2.3ab
	Mean[1/]	1.0a	1.1a	2.1b	2.5b	2.8b	3.2b	3.5b	
15	LDPE	1.0	2.0	2.1	2.5	3.0	-	-	2.1a
	HDPE	1.0	2.3	2.5	3.0	3.5	-	-	2.5b
	PE	1.0	2.0	2.0	2.5	3.0	-	-	2.1a
	PP	1.0	2.3	2.5	3.1	3.6	-	-	2.5b
	Mean[1/]	1.0a	2.2b	2.3b	2.8b	3.3b			
20	LDPE	1.0	2.0	2.1	3.0	3.5	-	-	2.3a
	HDPE	1.0	2.1	2.5	3.5	3.8	-	-	2.6b
	PE	1.0	2.0	2.0	3.0	3.5	-	-	2.3a
	PP	1.0	2.3	2.5	3.5	3.6	-	-	2.6b
	Mean[1/]	1.0a	2.1b	2.3b	3.3b	3.6b			
25	LDPE	1.0	2.1	3.5	-	-	-	-	2.2a
	HDPE	1.0	2.7	4.0	-	-	-	-	2.6b

	PE	1.0	2.0	3.5	-	-	-	-	2.2a
	PE	1.0	2.5	3.6	-	-	-	-	2.4b
	Mean[1/]	1.0a	2.3b	3.7b					

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 28 Change in oxygen content (%) of marsh mint on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage							
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	Mean[1]
5	LDPE	20.6	18.1	19.7	17.4	18.3	16.1	16.2	18.1a
	HDPE	20.6	18.7	19.5	18.3	18.1	16.8	16.9	18.4a
	PE	20.7	19.5	17.9	16.3	16.9	15.2	15.3	17.4b
	PP	20.7	17.7	17.9	16.7	15.9	14.2	15.2	16.9b
	Mean[1/]	20.7a	18.6b	18.4b	17.1b	17.0b	15.4b	15.8b	
10	LDPE	20.7	19.0	19.6	18.1	19.1	18.4	19.3	19.2a
	HDPE	20.4	19.4	19.7	17.5	18.6	17.7	19.2	18.9a
	PE	20.6	18.4	19.1	18.5	18.8	17.7	16.4	18.5b
	PP	20.6	18.4	18.9	17.1	18.8	17.3	16.1	18.2b
	Mean[1/]	20.6a	18.8b	19.3b	17.8b	18.8b	17.8b	17.8b	
15	LDPE	20.5	17.0	18.6	17.2	18.1	-	-	18.3
	HDPE	20.6	18.4	17.5	16.5	17.6	-	-	18.1
	PE	19.9	17.4	18.4	17.1	17.8	-	-	18.1
	PP	20.0	18.4	17.9	16.2	18.1	-	-	18.1
	Mean[1/]	20.3a	17.8b	18.1b	16.8b	17.9b			
20	LDPE	19.7	17.0	18.6	17.2	-	-	-	18.1
	HDPE	20.2	18.3	18.5	16.2	-	-	-	18.3
	PE	19.9	17.7	18.1	16.8	-	-	-	18.1
	PP	20.2	18.2	18.5	16.6	-	-	-	18.4
	Mean[1/]	20.0a	17.8b	18.4b	16.7b				
25	LDPE	20.6	18.5	19.3	-	-	-	-	19.5a

	HDPE	19.9	18.6	19.5	-	-	-	-	19.3a
	PE	20.4	14.7	12.4	-	-	-	-	15.8b
	PP	20.8	15.9	11.2	-	-	-	-	16.0b
	Mean[1/]	20.4a	16.9b	15.6b					

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 29 Change in carbondioxide content (%) of marsh mint on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage							
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	Mean[1]
5	LDPE	1.38	2.85	2.90	2.92	3.12	2.86	3.19	2.75a
	HDPE	1.44	2.47	2.87	2.29	2.14	2.44	2.59	2.32a
	PE	1.24	3.47	3.29	3.67	3.14	3.44	3.59	3.12b
	PP	1.33	4.26	4.27	4.14	4.30	4.26	4.39	3.85b
	Mean[1/]	1.34a	2.97b	3.08b	2.98b	2.64b	2.94b	3.09b	
10	LDPE	1.36	2.98	3.03	3.04	3.23	2.96	3.29	2.84a
	HDPE	1.34	3.60	3.42	3.82	3.25	3.54	3.69	3.24b
	PE	1.39	4.05	4.04	4.02	4.05	3.96	4.14	3.66b
	PP	1.33	4.39	4.42	4.32	4.41	4.38	4.49	3.96b
	Mean[1/]	1.36a	3.76b	3.73b	3.80b	3.74b	3.71b	3.90b	
15	LDPE	1.36	3.18	3.13	3.24	3.43	-	-	2.87a
	HDPE	1.24	3.70	3.72	4.02	3.55	-	-	3.25b
	PE	1.29	4.25	4.24	4.22	4.35	-	-	3.67b
	PP	1.35	4.59	4.62	4.39	4.61	-	-	3.91b
	Mean[1/]	1.31a	3.93b	3.93b	3.97b	3.99b			
20	LDPE	1.37	3.38	3.33	3.54	-	-	-	2.91a
	HDPE	1.24	3.90	4.02	4.32	-	-	-	3.37b
	PE	1.28	4.55	4.54	4.52	-	-	-	3.72b
	PP	1.30	4.99	5.12	4.79	-	-	-	4.05b

	Mean[1/]	1.30a	4.21b	4.25b	4.29b				
25	LDPE	1.38	3.34	3.51	-	-	-	-	2.74a
	HDPE	1.33	3.91	4.55	-	-	-	-	3.26b
	PE	1.28	4.44	5.54	-	-	-	-	3.75b
	PP	1.36	4.91	5.44	-	-	-	-	3.90b
	Mean[1/]	1.34a	4.15b	4.76b					

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 30 Change in ethylene content (mg/L) of marsh mint on packaging stored at different temperatures.

Temperature	Type of	Days after storage							
(°C)	Packaging	0	3	6	9	12	15	18	Mean[1]
5	LDPE	0.11	0.25	0.27	0.29	0.44	0.31	0.29	0.28a
	HDPE	0.10	0.76	1.03	1.05	1.03	0.95	0.77	0.81b
	PE	0.07	0.39	0.40	0.53	0.50	0.49	0.38	0.39a
	PP	0.07	0.69	0.60	0.53	0.50	0.59	0.54	0.50a
	Mean[1/]	0.09a	0.52b	0.58b	0.60b	0.62b	0.59b	0.50b	
10	LDPE	0.09	0.30	0.31	0.34	0.45	0.55	0.34	0.34a
	HDPE	0.14	0.83	1.04	1.15	1.07	1.05	0.83	0.87b
	PE	0.11	0.47	0.75	0.83	0.89	0.70	0.62	0.62b
	PP	0.08	0.75	0.70	0.59	0.53	0.61	0.60	0.55b
	Mean[1/]	0.11a	0.59b	0.70b	0.73b	0.74b	0.73b	0.60b	
15	LDPE	0.09	0.35	0.40	0.41	0.96	-	-	0.44a
	HDPE	0.08	0.86	1.06	1.25	1.34	-	-	0.92b
	PE	0.11	0.53	0.84	0.94	1.23	-	-	0.73b
	PP	0.08	0.85	0.80	0.65	0.97	-	-	0.67b
	Mean[1/]	0.09a	0.65b	0.78b	0.81b	1.13b			
20	LDPE	0.11	0.61	0.69	1.23	-	-	-	0.66a
	HDPE	0.14	0.89	1.25	1.67	-	-	-	0.99b
	PE	0.17	0.59	1.03	1.11	-	-	-	0.73b
	PP	0.14	1.05	0.90	1.35	-	-	-	0.86b
	Mean[1/]	0.14a	0.79b	0.97b	1.34b				
25	LDPE	0.14	0.94	1.45	-	-	-	-	0.84a
	HDPE	0.15	1.28	1.67	-	-	-	-	1.03b
	PE	0.08	1.07	1.34	-	-	-	-	0.83a
	PP	0.09	1.03	1.12	-	-	-	-	0.75a
	Mean[1/]	0.12a	1.08b	1.40b					

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using DMRT.

- Rotten vegetables.

Table 31 Type of packaging and temperature optimum for vegetables.

Vegetables	Temperature optimum (°C)	Shelflife (Days)	Overall acceptability	Gas content in pakaging			Type of packaging	Total cost (Baht/piece)
				O_2 (%)	CO_2 (%)	Ethylene (mg/L)		
1. Culantro	5-10	18	3.0-3.2	19.0-19.5	3.40-3.70	0.26-0.56	LDPE	6.00
							PP	4.48
2. Holy basil	10-15	6	3.0-3.3	17.8-10.4	3.06-4.12	0.60-1.03	LDPE	4.80
							PE	3.25
3. Sweet basil	10-15	9	3.0-3.2	13.1-16.5	3.17-4.52	1.12-2.00	LDPE	4.80
							PP	3.28
4. Marsh mint	5-10	18	3.0	15.3-16.2	3.19-4.14	0.29-0.62	LDPE	7.60
							PE	6.05

Table 32 Vegetable production cost in the experiment.

Vegetables	Product prices as of 1 April 2014	
	1 kg (Baht)	80 g (Baht)
1. Culantro	50	4
2. Holy basil	35	2.8
3. Sweet basil	35	2.8
4. Marsh mint	70	5.6

Table 33 Type of packaging cost in the experiment.

Type of packaging	Packaging prices as of 16 July 2014	
	1 kg (Baht)	1 piece (Baht)
1. LDPE	-	2
2. HDPE	97	0.43
3. PE	97	0.45
4. PP	97	0.48

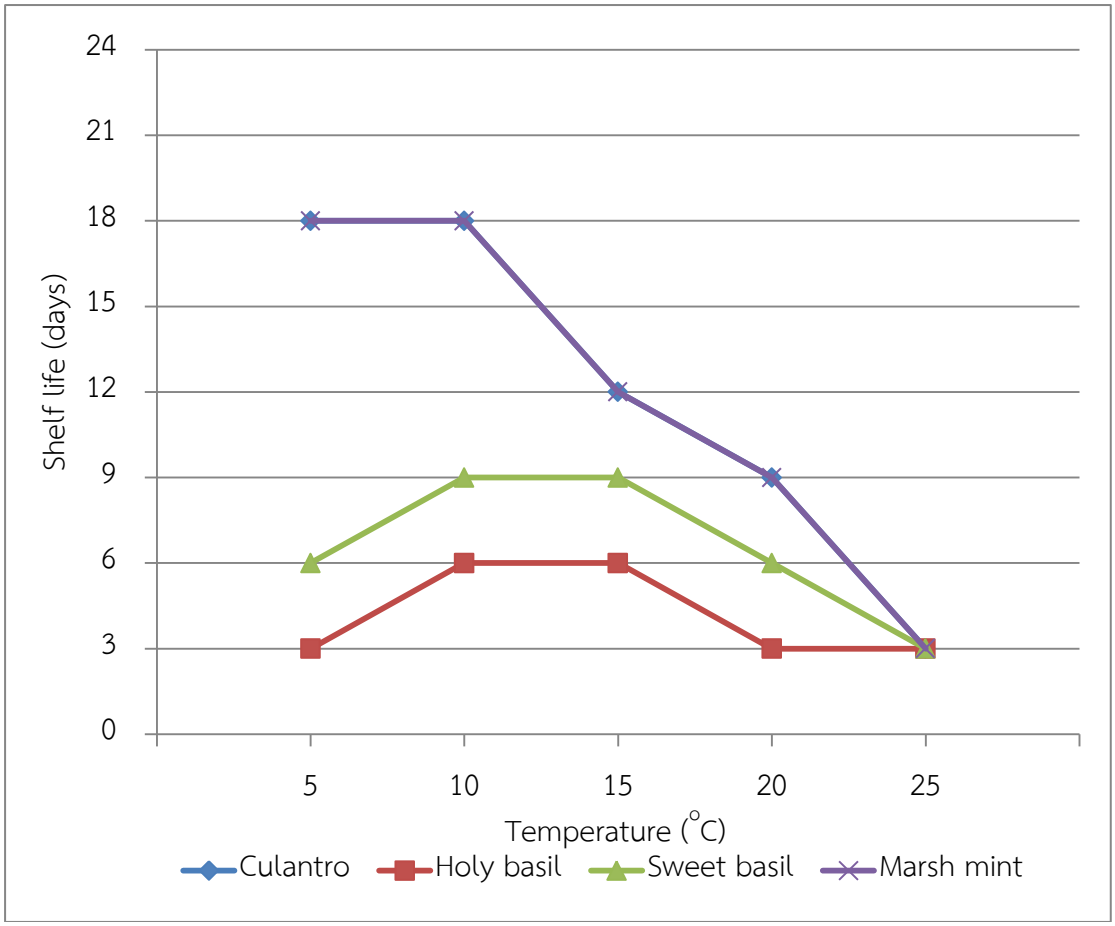


Figure 1 Relation between shelf life and temperature of vegetables.

ภาคผนวก

Appendix Table 1 Browning index in vegetable for customer evaluation.

Sample code .....

Browning index score	Browning area of total area (%)
1	0-20
2	21-40
3	41-60
4	61-80
5	81-100

Appendix Table 2 Score of overall acceptability in vegetable for customer evaluation.

Sample code .....

Feature	1	2	3	4	5
Freshness					
Color					
Odor					
Texture					
Overall					

Description score:

Freshness	Color	Odor
1 = rotten	1 = dark brown	1 = off odor
2 = unfresh	2 = brown	2 = slightly off order
3 = slightly fresh	3 = slightly brown	3 = moderate odor
4 = fresh	4 = green	4 = strong odor
5 = mostly fresh	5 = dark green	5 = extremely strong odor
Texture	Overall	
1 = pulpy	1 = mostly unlike	
2 = soft	2 = unlike	

3 = slightly hard	3 = moderately like
4 = hard	4 = like
5 = mostly hard	5 = mostly like

กิจกรรมงานวิจัย 2

การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อใช้ในการยืดอายุผลิตผลสด

The Development on Coating to Prolong Shelf Life of Fresh Produce

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ ปรางค์ทอง กวานห้อง และคมจันทร์ สรงจันทร์

Siragran Srithanyarat, Prangthong Khawnhong and Komchan Songchan

คำสำคัญ สารเคลือบผิว การยืดอายุ ผลิตผลสด

แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลสดระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Coating on Quality Change of Fresh Produce During storage

บทคัดย่อ

การทดสอบสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงให้นานขึ้น ทำการทดลองที่ตึกปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2553-กันยายน 2555 โดยใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากสวน GAP จังหวัดสระแก้ว ที่มีอายุประมาณ 110 วัน หลังพ่นสารเร่งดอก นำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02% แล้วคัดเลือกมะม่วงที่มีความแก่สม่ำเสมอ จากนั้นตัดขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 52°C นาน 10 นาที ผึ่งให้แห้ง ก่อนนำไปทดสอบสารเคลือบผิว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 6 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี คือ สารเคลือบผิวคาร์นูบาที่มีค่า total solid content (TSC) 10 15 20 และ 25% เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว (control) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้น 90-95% สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง (25°C) แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก พบว่า สารเคลือบผิวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การสุก และการเกิดโรคของมะม่วงได้ โดยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้นาน 20 วัน ที่ 12°C และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง มะม่วงสามารถสุกได้ปกติ กลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 2 ผลของสารเคลือบผิว oxidized polyethylene (OPE) ต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธี คือ สารเคลือบผิว OPE ที่มีค่า TSC 15 20 และ 25% เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว แล้วนำไปรักษาเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% พบว่า สารเคลือบผิวช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุก และการเกิดโรคได้ดีกว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิว สารเคลือบผิว OPE 25% เป็นสารเคลือบผิวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง โดยเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ได้นาน 15 วัน และคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 3 ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี คือ สารเคลือบผิวคาร์นูบา 20% สารเคลือบผิว OPE 25% ไคโตซาน 1.5% และ carboxymethyl cellulose (CMC) 1% เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว เก็บที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้น 90-95% พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE ผิวมะม่วงมีลักษณะเป็นมันเงาเล็กน้อย ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีลักษณะด้านไม่มันเงาไม่มีความแตกต่างจากมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว สารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว การเกิดโรค และชะลอการสุกของมะม่วงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับไคโตซาน CMC และ control โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C ได้นาน 25 วัน และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้องมะม่วงสามารถสุกได้ปกติ มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

This study was to determine the effect of various types and concentrations of coating compounds on postharvest quality of mango fruits. The first experiment, mango fruits cv. Nam Dok Mai Si Thong were coated with carnauba at 10, 15, 20 and 25% concentrations before being packed in corrugated boxes. Coated mango fruits were stored at 12°C with 90-95% relative humidity (RH). Carnauba could decelerate weight loss, ripening process and disease occurrence in mango fruit. Carnauba 20 and 25% concentrations could prolong storage life of mango fruits for 20 days. After transferring to 25°C, coated fruit could naturally ripen to acceptable appearance and flavour. Further experiment was to determine the effect of oxidized polyethylene (OPE) coating on shelf life of mango fruit cv. Nam Dok Mai Si Thong. Fruits were divided into 4 groups and treated with 15, 20 and 25% OPE while the last group of fruit remained untreated (control). The fruits were kept at 12°C with 90-95%RH storage before being observed for postharvest deteriorations. All coated fruit had lower weight loss, less decay and less ripening as compared to control group. The 25% OPE coating could prolong storage life and maintained quality of mango fruit at 12°C for 15 days storage with acceptable

appearance and flavour for consumers. Afterward, effect of various coating compounds *viz*. 20% carnauba, 25% OPE, 1.5% chitosan and 1% carboxymethyl cellulose (CMC) on postharvest quality of mango fruit cv. Nam Dok Mai No.4 were determined. Treated mangoes were stored at 12°C with 90-95%RH for 25 days. The carnauba and OPE could reduce weight loss, colour change, decay and delay ripening whilst increased shinny skin than other treatments with acceptable from consumers.

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ มีรสชาติเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ จึงทำให้มีการส่งออกมะม่วงเพิ่มขึ้นในทุกปี โดยในปี 2555 มีการส่งออกมะม่วงสด 44,445 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 935 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) แต่มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric ที่มีการสุกอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีปัญหาด้านการส่งออกและการวางจำหน่าย เนื่องจากมีอายุการเก็บรักษาสั้น ผลนิ่มและช้ำง่ายระหว่างการขนส่ง รวมถึงมีการเกิดโรคเมื่อผลสุก (Baldwin *et al*., 1997) การเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิเหมาะสม 10-15°C สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ (Kader, 1994) แต่หากเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ มะม่วงจะได้รับความเสียหายจากความเย็น การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ (Baldwin, 1999; Anjum *et al*., 2006; Baldwin *et al*., 1998) เนื่องจากสารเคลือบผิวเป็นสารที่ผลิตขึ้นมาเพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไป มีหน้าที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส ส่งผลให้กระบวนการหายใจช้าลง ช่วยให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดี ผิวสด ไม่เหี่ยว และมีความมันวาว (นิธิยา, 2547)

การเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยสารเคลือบผิวเชลแลคความเข้มข้น 5% และสารเคลือบผิวเชลแลคความเข้มข้น 5% ผสมน้ำมันตะไคร้หอมความเข้มข้น 0.5% แล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง (29$\pm$2°ซ) พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวทั้งสองชนิดสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในระหว่างการเก็บรักษา และยังพบว่าการเคลือบผิวเชลแลคความเข้มข้น 5% ผสมน้ำมันตะไคร้หอมความเข้มข้น 0.5% สามารถลดการเกิดโรคได้ดีกว่าการใช้สารเคลือบด้วยผิวเชลแลคเพียงอย่างเดียว (วรรธนมณฑน์และคณะ, 2552) การใช้สารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมของไขผึ้งความเข้มข้น 4% และเรซิ่นความเข้มข้น 0.4% เคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าช่วยลดการสูญเสียน้ำและอัตราการเกิดโรคได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้อีกด้วย (วิลาวัลย์และจำนงค์, 2552) การเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ด้วยสารเคลือบผิวที่มี polysaccharide และ คาร์นูบาเป็นส่วนประกอบหลัก พบว่า มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวมีอัตราการเกิดโรคน้อยและมีลักษณะปรากฏที่ดีกว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิว โดยมะม่วงที่เคลือบด้วย polysaccharide coating จะมีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซน้อย สามารถชะลอการสุก มีปริมาณ volatiles สูง และมีรสเปรี้ยวมากกว่ากรรมวิธีอื่น ส่วน

คาร์นูบาแว๊กซ์จะช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำได้ดี (Baldwin *et al.,* 1999) และการเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์ Chausa ด้วย carboxymethylcellulose (CMC) bee wax และ polyethylene sheet เก็บที่อุณหภูมิ 8-10°ซ พบว่า การเคลือบด้วย CMC 2% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก เพิ่มปริมาณ ascorbic acid และมีรสชาติในการรับประทานดีกว่ากรรมวิธีอื่น (Anjum *et al.,* 2006)

อย่างไรก็ตามผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังห่วงในเรื่องผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นสารที่นำมาใช้จึงเป็นสารเคลือบผิวที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น คาร์นูบาเป็นสารเคลือบผิวที่ได้จากผิวใบของปาล์ม (Brazil palm) carboxymethyl cellulose (CMC) เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสในรูปของเกลือ sodium carboxymethyl cellulose ไคโตซาน เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกกุ้งและกระดองปู เป็นต้น และมีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น สารลดแรงตึงผิว (surfactant) ซึ่งจะเป็น emulsifier นิยมใช้กรดไขมัน และสารร่วมลดแรงตึงผิว (co-surfactant) เช่น แอมโมเนีย (ammonia) หรือ มอร์โฟลีน (morpholine) (นิธิยา, 2547) ซึ่งการมีส่วนผสมของ morpholine ในสารเคลือบผิวนั้น U.S. Food and Drug Administration (FDA) อนุญาตให้ใช้ได้ในการเคลือบผักและผลไม้ และที่สหรัฐอเมริกาใช้ในการเคลือบผิวแอปเปิ้ลมานานกว่า 50 ปี (Hagenmaier and Baker, 1997) เช่นเดียวกับแคนาดาที่อนุญาตให้ใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวในแอปเปิ้ลได้ และได้มีการทดสอบสารตกค้างในหนูแล้วพบว่าไม่มีอันตรายต่อร่างกาย (Health Canada, 2002) ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงได้ศึกษาสารเคลือบผิวที่มีคาร์นูบา (carnauba) และ oxidized polyethylene (OPE) เป็นองค์ประกอบหลัก รวมทั้งสารเคลือบผิวไคโตซานและ CMC ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

ระเบียบวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
2. คาร์นูบา
3. oxidized polyethylene (OPE)
4. ไคโตซาน
5. carboxymethyl cellulose (CMC)
6. มอร์โฟลีน (morpholine)
7. กรดโอเลอิก (oleic acid)
8. สารลดการเกิดฟอง (anti-foam)
9. 2,6-dichloroindophenol
10. 0.1N NaOH
11. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์
12. หม้อต้มน้ำร้อนในการทำ hot water treatment
13. ห้องเย็น

14. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

- เครื่องวัดสีแบบพกพา Minolta รุ่น CR-10
- เครื่อง digital refractometer รุ่น PR-101
- เครื่อง auto titratation acidity

วิธีการ

การเตรียมมะม่วง ใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากสวน GAP จังหวัดสระแก้ว โดยเก็บเกี่ยวมะม่วงที่มีอายุประมาณ 110 วัน หลังพ่นสารเร่งดอก เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วนำมะม่วงกลับมาทำการทดลองที่ตึกปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02% คัดเลือกมะม่วงที่มีความแก่สม่ำเสมอ จากนั้นตัดขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 52°C นาน 10 นาที ผึ่งให้แห้ง ก่อนนำไปทดสอบสารเคลือบผิว

การทดสอบสารเคลือบผิวแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

1.1 เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา กรดโอเลอิค (oleic acid) มอร์โฟลีน และสารลดการเกิดฟอง (anti-foam) คัดเลือกสารเคลือบผิวที่มีลักษณะเป็นไมโครอิมัลชันซึ่งเป็นสารละลายที่มีความโปร่งใส (transparent) ไม่มีสีขาวขุ่น มีความคงตัวดีและไม่แยกชั้นมาทำการทดลอง

1.2 วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 6 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control)
กรรมวิธีที่ 2 สารเคลือบผิวคาร์นูบาที่มีค่า TSC 10%
กรรมวิธีที่ 3 สารเคลือบผิวคาร์นูบาที่มีค่า TSC 15%
กรรมวิธีที่ 4 สารเคลือบผิวคาร์นูบาที่มีค่า TSC 20%
กรรมวิธีที่ 5 สารเคลือบผิวคาร์นูบาที่มีค่า TSC 25%

1.3 หุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทก ก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้น 90-95% สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง (25°C) แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก

การทดลองที่ 2 ผลของสารเคลือบผิว oxidized polyethylene (OPE) ต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

2.1 เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ OPE กรดโอเลอิค มอร์โฟลีน และสารลดการเกิดฟอง คัดเลือกสารเคลือบผิวที่มีลักษณะเป็นไมโครอิมัลชัน ไม่มีสีขาวขุ่น มีความคงตัวดีและไม่แยกชั้นมาทำการทดลอง

2.2 วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control)
กรรมวิธีที่ 2 สารเคลือบผิว OPE ที่มีค่า TSC 15%
กรรมวิธีที่ 3 สารเคลือบผิว OPE ที่มีค่า TSC 20%

กรรมวิธีที่ 4 สารเคลือบผิว OPE ที่มีค่า TSC 25%

2.3 หุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทกก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% สุ่มมะม่วงมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน โดยส่วนหนึ่งนำไปทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องและนำมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อผลสุก

การทดลองที่ 3 ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา

3.1 เตรียมสารเคลือบผิว 4 ชนิด คือ สารเคลือบผิวคาร์นูบา สารเคลือบผิว OPE ไคโตซาน และ CMC นำมาทดสอบในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

3.2 วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control)

กรรมวิธีที่ 2 สารเคลือบผิวคาร์นูบาที่มีค่า TSC 20%

กรรมวิธีที่ 3 สารเคลือบผิว OPE ที่มีค่า TSC 25%

กรรมวิธีที่ 4 สารเคลือบผิวไคโตซาน ความเข้มข้น 1.5%

กรรมวิธีที่ 5 สารเคลือบผิว CMC ความเข้มข้น 1%

3.3 นำผลมะม่วงมาหุ้มด้วยโฟมกันกระแทกแล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้น 90-95%สุ่มมะม่วงออกมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และส่วนหนึ่งนำไปทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง

การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- การเปลี่ยนแปลงสีผิว โดยการวัดค่า L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสีแบบพกพา Minolta รุ่น CR-10
- การเกิดโรค โดยการให้คะแนน 0-4 คะแนน 0= ไม่มีโรค 1= เกิดโรค 1-25% ของพื้นที่ผิวมะม่วง 2= เกิดโรค 26-50% 3= เกิดโรค 51-75% 4= เกิดโรค 76-100%
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) โดยใช้เครื่อง digital refractometer รุ่น PR-101
- ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity: TA) โดยไทเทรตน้ำคั้นกับ 0.1N NaOH แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์กรดซิตริค
- ปริมาณวิตามินซี วัดเป็นปริมาณ ascorbic acid โดยวิธีไทเทรตกับ 2,6-dichloroindophenol แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและคำนวณเป็น mg./100 mL.
- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2= ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ระยะเวลาทำการทดลอง

ระหว่างตุลาคม 2553 - กันยายน 2555

สถานที่ทำการทดลอง

อาคารปฏิบัติการพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองที่ 1 ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การสูญเสียน้ำหนัก สารเคลือบผิวคาร์นูบาทุกกรรมวิธีช่วยชะลอการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเช่นเดียว กับการใช้สารเคลือบผิวคาร์นูบาในส้ม ที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลส้ม (Hagenmaier, 1998) โดยพบว่า เมื่อเก็บนาน 25 วัน มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดถึง 7.7% รองลงมาคือ มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 10 15 20 และ 25% ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 4.58 3.69 3.35 และ 3.20% ตามลำดับ (Figure 1a)

การเปลี่ยนแปลงสีผิว มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีผลเป็นสีเหลืองตั้งแต่ขณะที่ผลยังดิบ ดังนั้น จึงมีการเปลี่ยนสีผิวเพียงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา โดยค่า L* a* และ b* ของมะม่วงในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่า L* จะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีค่า L* 72.4 และเมื่อเก็บนาน 25 วัน ค่า L* ลดลงเหลือ 68.8 (Figure 1b) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีค่าความสว่างลดลง ส่วนค่า a* และ b* จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยค่า a* เพิ่มจาก 63.5 เป็น 73.3 (Figure 1c) และค่า b* เพิ่มจาก 39.7 เป็น 44.2 (Figure 1d) ซึ่งหมายถึงเมื่อเก็บนานขึ้นผลมะม่วงจะมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

คุณภาพทางเคมี มะม่วงในทุกกรรมวิธีเมื่อสุกมีคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน มะม่วงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 15.2% ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 0.91% และปริมาณวิตามินซี 28.8 mg/100 ml

การสุกของผลมะม่วง มะม่วงที่เคลือบและไม่เคลือบผิว เมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25°C) จนกระทั่งผลสุก พบว่า มะม่วงสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ สารเคลือบผิวคาร์นูบา 20 และ 25% สามารถช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น (Table 1) มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวและที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 10 และ 15% เมื่อเก็บที่ 12°C นาน 20 วัน ผลจะสุกตั้งแต่นำออกมาจากห้องเย็น ในขณะที่เคลือบด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% ผลสุกเมื่อนำมาเก็บต่อที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน

การเกิดโรค จากการทดลองพบว่า มะม่วงเมื่อรักษาในห้องเย็น 12°C นานจะพบการเกิดโรคเมื่อนำออกมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องโดยมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวพบการเกิดโรคมากที่สุด ซึ่งพบตั้งแต่เก็บในห้องเย็นนาน 10 วัน และย้ายมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบา 10 15 และ 20% พบการเกิดโรคเมื่อผลสุกหลังจากเก็บในห้องเย็นนาน 20 วัน แล้วย้ายออกมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา 25% พบการเกิดโรคน้อยที่สุด โรคที่พบในมะม่วงขณะผลสุกคือ โรคแอนแทรคโนส ที่มีลักษณะเป็นจุดดำที่ผิวมะม่วงและหากเป็นมากจะซ้ำ ดำลงไปที่เนื้อมะม่วง ซึ่งถือว่าโรคนี้เป็นปัญหาสำคัญของมะม่วงพันธุ์นี้ ซึ่งมีผลกระทบต่อการส่งออกและการวางจำหน่าย

ความชอบโดยรวม มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อนำออกมาจากห้องเย็นและทิ้งให้ผลสุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า มีรสชาติการรับประทานที่ดี ไม่มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติจากการใช้สารเคลือบผิว แต่ค่าคะแนนความชอบโดยรวมลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากมะม่วงเกิดโรคเมื่อผลสุก โดยมะม่วงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 12°C นานไม่เกิน 20 วัน (Figure 3) ส่วน

มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและที่เคลือบด้วยคาร์นูบาความเข้มข้น 10 และ 15% เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บไม่เกิน 15 วัน เพราะหากเก็บนานขึ้นจะพบการเกิดโรค

การทดลองที่ 2 ผลของสารเคลือบผิว oxidized polyethylene (OPE) ต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การสูญเสียน้ำหนัก สารเคลือบผิว OPE ทุกความเข้มข้น สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวเช่นเดียวกับการใช้สารเคลือบผิว OPE ความเข้มข้น 5-18% ในส้มแมนดาริน ที่พบว่า ช่วยลดการระเหยของน้ำ และการสูญเสียน้ำหนักได้ (Porat *et al*., 2005) โดยมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE 25 20 และ 15% มีอัตราการสูญเสียน้ำหนัก 2.68 2.98 และ 3.86% ตามลำดับ เมื่อเก็บที่ 12°C นาน 20 วัน ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดคือ 5.78% (Figure 4a)

การเปลี่ยนแปลงสีผิว มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเพียงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากผลมะม่วงมีสีเหลืองตั้งแต่ในระยะผลดิบ แต่พบว่าค่า L* a* b* ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการใช้สารเคลือบผิวคาร์นูบา 10-25% ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่พบว่ามะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเพียงเล็กน้อย (ศิรกานต์ และคณะ, 2554) โดยเมื่อเก็บนาน 5 วัน มีค่า L* เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 77.53 และลดลงเป็น 70.01 เมื่อเก็บนาน 20 วัน (Figure 4b) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามะม่วงมีค่าความสว่างลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า a* ของมะม่วงเฉลี่ยทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นจาก 4.64 เป็น 8.59 (Figure 4c) ส่วนค่า b* เพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยทุกกรรมวิธีจาก 39.32 เป็น 45.52 (Figure 4d) ซึ่งค่า b* สูงขึ้นแสดงให้เห็นว่า ผิวมะม่วงมีการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซีของมะม่วงเมื่อสุกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C นาน 15 วัน และนำมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้องจนสุกพบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 15.9% ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 1.1% และปริมาณวิตามินซี 18.7 mg/100 mL

การสุกของผลมะม่วง มะม่วงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิว OPE ทุกความเข้มข้น สามารถช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้ และมะม่วงยังสามารถพัฒนาการสุกได้อย่างปกติ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติเช่นเดียวกับมะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว โดยมะม่วงเก็บที่ 12°C นาน 10 วัน แล้วย้ายมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้องพบว่า มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE 25 20 และ 15% ใช้เวลาในการสุก 6 4 และ 4 วัน ตามลำดับ (Table 2) ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวใช้เวลา 3 วัน และมะม่วงที่เคลือบด้วย OPE 25% เก็บที่ 12°C นาน 15 วัน แล้วย้ายมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน ผลมะม่วงจึงสุก ในขณะที่กรรมวิธีอื่นผลเริ่มสุกและพบการเกิดโรคตั้งแต่นำออกมาจากห้องเย็น

การเกิดโรค สารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีสามารถช่วยชะลอการเกิดโรคของมะม่วงได้ โดยการเคลือบผิวด้วย OPE 25% สามารถเก็บที่ 12°C ได้นาน 15 วัน โดยไม่เกิดโรค ในขณะที่กรรมวิธีอื่นเก็บรักษาได้นาน 10 วัน เพราะ

หากเก็บนานขึ้นจะเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษาในห้องเย็น และเมื่อนำผลมะม่วงออกจากห้องเย็นมาวางที่อุณหภูมิห้องจนสุกพบว่า มะม่วงเป็นโรคแอนแทรคโนส ซึ่งแสดงอาการเป็นจุดสีดำที่ผิวผลและยังเป็นจุดสีดำช้ำไปยังเนื้อมะม่วงด้วย โดยพบว่า มะม่วงภายหลังจากเก็บที่ 12°C นาน 10 วัน แล้วนำไปวางต่อที่อุณหภูมิห้องจนสุก จะพบการเกิดโรคแอนแทรคโนส ยกเว้น มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE 25% (Figure 5) ซึ่งการเกิดโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงเป็นปัญหาสำคัญที่พบในการทดลองในครั้งนี้

ความชอบโดยรวม มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อนำออกมาจากห้องเย็นแล้ววางต่อให้สุกที่อุณหภูมิห้องพบว่า มีรสชาติการรับประทานที่ดี ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ แต่ค่าคะแนนความชอบโดยรวมจะลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น (Figure 6) เนื่องจากพบการเกิดโรคแอนแทรคโนสที่มีผลทำให้เนื้อมะม่วงช้ำและมีสีดำ โดยมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE 25% เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 15 วัน ในขณะที่กรรมวิธีอื่นเป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บนานไม่เกิน 10 วัน เมื่อเก็บรักษาที่ 12°C

การทดลองที่ 3 ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา

ลักษณะปรากฏ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อนำมาเคลือบด้วยสารเคลือบผิวพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยผิวคาร์นูบาและ OPE ผิวมะม่วงมีลักษณะเป็นมันเงาเล็กน้อย ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีลักษณะด้านไม่มันเงา ไม่มีความแตกต่างจากมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว

การสูญเสียน้ำหนัก สารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นถึง 2 เท่า ส่วนไคโตซานและ CMC ไม่ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วง โดยมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจาก control โดยเมื่อเก็บมะม่วงนาน 20 วัน ที่อุณหภูมิ 12°C พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 4.85% มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 8.84% ส่วน control มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.74 % (Figure 7a)

การเปลี่ยนแปลงสีผิว มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อเก็บเกี่ยวเปลือกมีสีเขียวและมีการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองเมื่อมะม่วงสุก ซึ่งระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิว โดยเมื่อเก็บนานขึ้นมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* a* และ b* เพิ่มมากขึ้น โดยค่า L พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่มีแนวโน้มว่า control มีค่าความสว่างของสีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (Figure 7b) ค่า a* ของมะม่วงพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control มีค่า a* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE เนื่องจากสีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้เร็วกว่า โดยเมื่อเก็บนาน 20 วัน มีค่า a* เฉลี่ย 1.57 สูงกว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE ที่มีค่า a* เฉลี่ย 0.59 (Figure 7c) ส่วนค่า b* ที่บอกค่าความเป็นสีเหลืองพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE มีค่า b* น้อยกว่ากรรมวิธีอื่นซึ่งจะเห็นได้จากการที่มะม่วงมีการพัฒนาเป็นสีเหลืองช้ากว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control (Figure 7d) จากการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วงได้ อาจเนื่องมาจากผลของสารเคือบผิวช่วยป้องกันการซึมผ่านออกซิเจน ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเพิ่มขึ้นและก๊าซออกซิเจนลดลง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (Lerdthanangkul and Krochta, 1996)

คุณภาพทางเคมี มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซี เมื่อผลสุกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 13% และวิตามินซีเฉลี่ย 18.80 mg/100 mL ซึ่งสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 11% และวิตามินซีเฉลี่ย 16.16 mg/100 mL

การสุกของมะม่วง สารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้และมะม่วงมีการพัฒนาการสุกได้ปกติ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ โดยเก็บที่ 12°C ได้นาน 25 วัน แล้วย้ายมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้องอีก 1 วัน ผลมะม่วงจึงสุก (Table 3) ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control เก็บได้นาน 20 วัน หากเก็บนานขึ้นผลมะม่วงจะสุกและเกิดโรคตั้งแต่ในห้องเย็น การเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวที่เหมาะสมเปรียบเสมือนเป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere) รอบๆผล ทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยชะลอการสุกและการเกิดโรคได้ (Baldwin *et al*., 1997; McGuire and Hallman, 1995)

ความชอบโดยรวม มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อนำออกมาจากห้องเย็นแล้ววางต่อให้สุกที่อุณหภูมิห้องพบว่า มีรสชาติการรับประทานที่ดี ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ แต่ค่าคะแนนความชอบโดยรวมจะลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น (Figure 8) โดยมะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE มีค่าคะแนนความชอบสูงกว่ากรรมวิธีอื่นเมื่อเก็บนาน 25 วัน เนื่องจากกรรมวิธีอื่นจะพบการเกิดโรค

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา และ oxidized polyethylene สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองและชะลอการสุกของมะม่วงได้ สารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20% และ OPE ความเข้มข้น 25% เป็นสารเคลือบผิวที่มีความเหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง โดยสามารถเก็บได้นาน 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12°C และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25°C) มะม่วงสามารถสุกได้ปกติ กลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขณะที่มะม่วงเคลือบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1.5% CMC ความเข้มข้น 1% เก็บได้นาน 20 วัน

โรคแอนแทรคโนสและขั้วเน่าปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ซึ่งหากเกิดโรคนี้จะขณะทำการทดลองจะทำให้การทดลองผิดพลาดต้องทำการทดลองซ้ำ ดังนั้นในการทำการทดลองจะต้องเลือกสวนมะม่วงที่มีคุณภาพและฤดูกาลที่เหมาะสม เป็นผลให้ทำการทดลองได้ในบางฤดูเท่านั้น

1. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ เบญจมาส รัตนชินกร และปรางค์ทอง กวานห้อง. 2554. ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. ว. วิทย์. กษ. 42(2) (พิเศษ): 205-208.
(นำเสนอในการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 5)

2. ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ เบญจมาส รัตนชินกร และปรางค์ทอง กวานห้อง. 2555. ผลของสารเคลือบผิว polyethylene ต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง.

(นำเสนอในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 11 อยู่ระหว่างรอตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ภาคพิเศษ)

3. ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ เบญจมาส รัตนชินกร และคมจันทร์ สรงจันทร์. 2555. ผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา. ว. วิทย์. กษ. 43(2) (พิเศษ): 101-104.

(นำเสนอในการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 6)

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2547. สารเคลือบผิวที่บริโภคได้. หน้า 179-198. ใน : เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรรธนมณฑน์ ชาญจารุจิตร์ อนุวัตร แจ้งชัด และกมลวรรณ แจ้งชัด. 2552. การประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยร่วมกับสารเคลือบผิวเชลแลคเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Mangifera Indica). หน้า 126. ใน: เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7. 19-20 สิงหาคม 2552 ณ โรงแรมอ่าวนางวิลล่ารีสอร์ท จังหวัดกระบี่.

วิลาวัลย์ คำปวน และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2552. การใช้ไขผึ้งเป็นสารเคลือบผิวสำหรับผลมะม่วงน้ำดอกไม้จาก 2 แหล่งผลิต. หน้า 22. ใน: เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7. 19-20 สิงหาคม 2552 ณ โรงแรมอ่าวนางวิลล่ารีสอร์ท จังหวัดกระบี่.

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ เบญจมาส รัตนชินกร และปรางค์ทอง กวานห้อง. 2554. ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. ว. วิทย์. กษ. 42(2) (พิเศษ): 205-208.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการส่งออก (export) มะม่วงสด : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน [ออนไลน์].สืบค้นจาก : http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. (1 มีนาคม 2556).

Anjum, N., T. Masud and A. Latif. 2006. Effect of various coating materials on keeping quality of mangoes (*Mangifera indica*) stored at low temperature. *Am. J. Food Technol*. 1: 52-58.

Baldwin, E.A., J.K. Burns, W. Kazokas and J.K. Brecht. 1998. Effect of coating on mango (*Mangifera indica* L.) flavor. *Porc. Fla. State Hort. Soc*. 111: 247-250.

Baldwin, E.A., J.K. Burns, W. Kazokas, J.K. Brecht, R.D. Hagenmaier, R.J. Bender and E. Pesis. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on

mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biol. Technol*. 17: 215-226.

Baldwin, E.A., M.O.Nisperos and R.A. Baker. 1997. Use of lipids in edible coatings for food products. *Food Technol*. 51 (6): 56-62.

Baldwin, E.A., M.O. Nisperos, R.H. Hagenmaier and R.A. Baker. 1997. Use of lipid in edible coatings for food products. *Food Technol.* 51 (6): 56-62.

Hagenmaier, R.H., 1998. Wax microemulsion formulation used as fruit coatings. *Proc. Fla. State Hort. Soc*. 111: 251-255.

Hagenmaier R.D. and R.A. Baker. 1997. Edible coatings from morpholine-free wax microemulsions. *J. Agric. Food chem.* 45: 349-352.

Health Canada. 2002. A summary of the health hazard assessment of morpholine in wax coating of apples. Available Source: http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/facts-faits/exec_summary-resume_exec-eng.php. (18 November 2551)

Kader A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. Pages 239-249. In : Postharvest handling of tropical fruits: proceedings of an international conference held. Jul. 19-23, 1993. Chiang Mai, Thailand.

Lerdthanangkul, S. and J.M. Krochta. 1996. Edible coating effect on postharvest quality of green bell peppers. *J. Food Sci.* 61: 176-179.

Porat R., B. Weiss, L. Cohen, A. Daus and A. Biton. 2005. Effect of polyethylene wax content and composition on taste, quality and emission of off-flavor volatiles in Mor mandarins. *Postharvest Biol. Technol*. 38: 262-268.

McGuire, R.G. and G.J. Hallman. 1995. Coating guavas with cellulose or carnauba based emulsions interferes with postharvest ripening. *HortScience.* 30: 294-295.

ตารางที่ 1 จำนวนวันหลังจากย้ายมะม่วงออกจากห้องเย็น 12°C จนกระทั่งผลสุก ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา TSC 0 (control), 10, 15, 20 and 25%

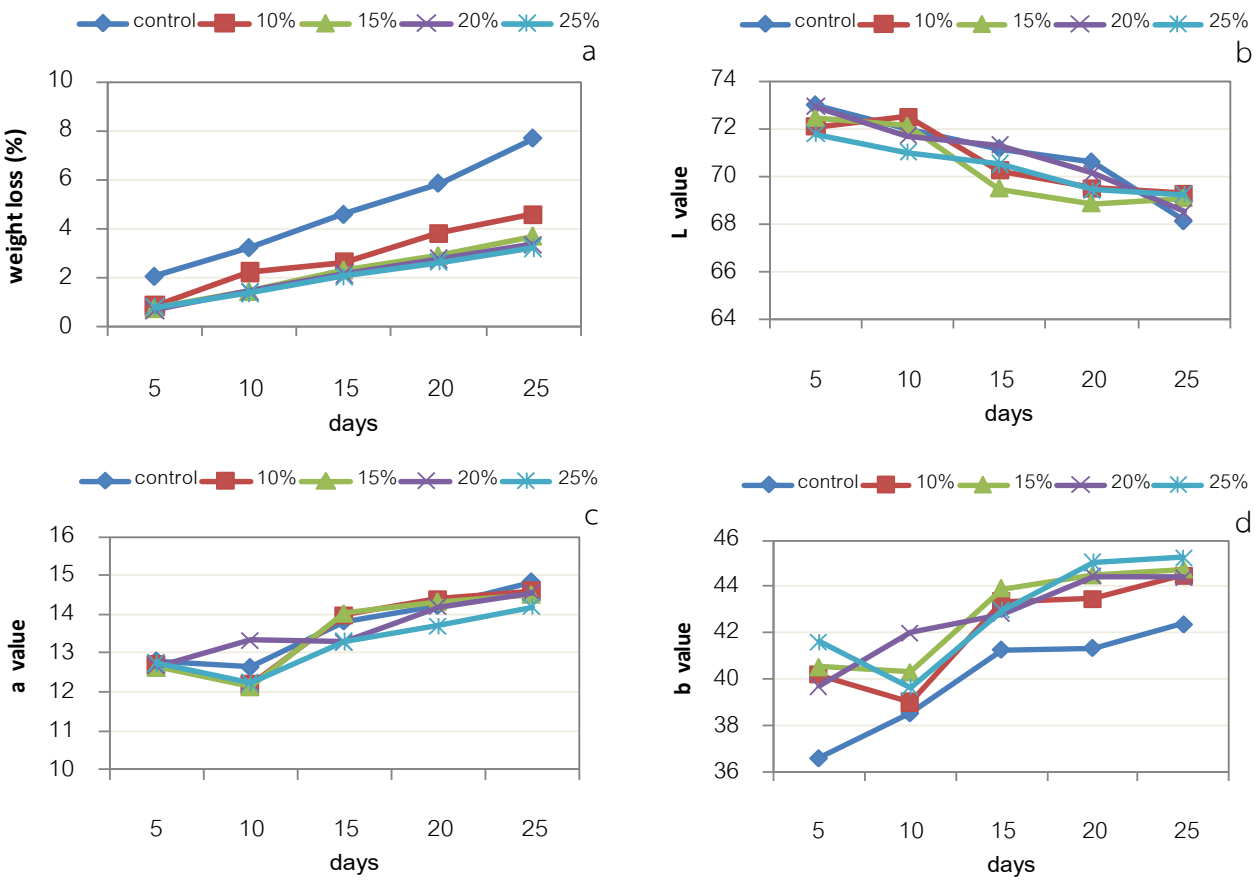
treatment	จำนวนวันหลังจากย้ายมะม่วงออกจากห้องเย็น 12°C จนกระทั่งผลสุก				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
Control	7	4	1	1	0
Carnauba 10%	7	4	1	1	0
Carnauba 15%	7	4	1	1	0
Carnauba 20%	8	5	2	2	1
Carnauba 25%	8	5	3	2	1

ตารางที่ 2 จำนวนวันหลังจากย้ายมะม่วงออกจากห้องเย็น 12°C จนกระทั่งผลสุก ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิว OPE TSC 0 (control), 15, 20 and 25%

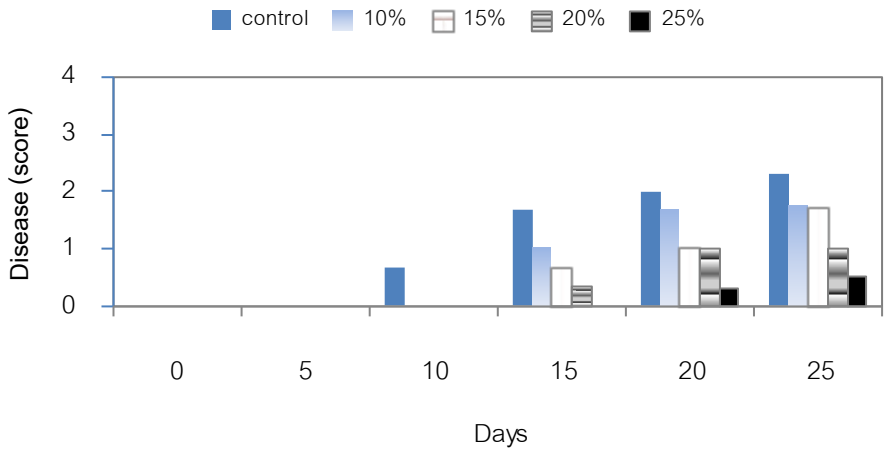
treatment	จำนวนวันหลังจากย้ายมะม่วงออกจากห้องเย็น 12°C จนกระทั่งผลสุก			
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
Control	6	4	3	-
OPE 15%	6	4	4	-
OPE 20%	8	5	4	-
OPE 25%	8	6	6	3

ตารางที่ 3 จำนวนวันหลังจากย้ายมะม่วงออกจากห้องเย็น 12°C จนกระทั่งผลสุก ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา OPE ไคโตซาน และ CMC

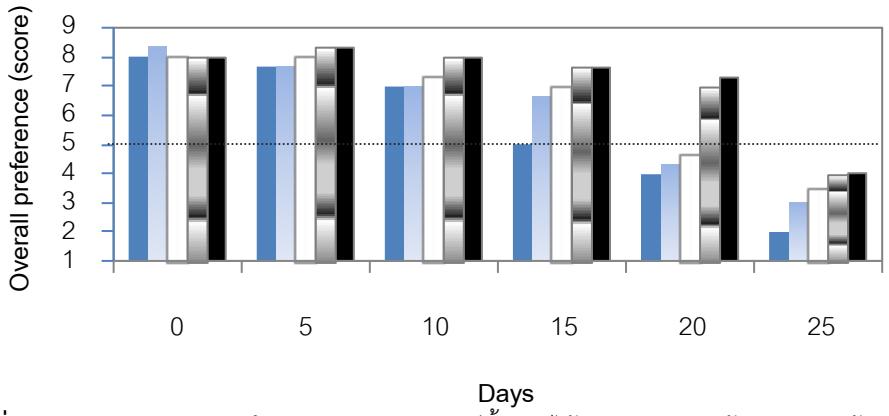
treatment	จำนวนวันหลังจากย้ายมะม่วงออกจากห้องเย็น 12°C จนกระทั่งผลสุก					
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน
Control	5	4	3	1	1	-
Carnauba	8	6	4	2	1	1
OPE	8	6	4	2	1	1
CMC	6	4	3	1	1	-
Chitosan	7	5	3	1	1	-



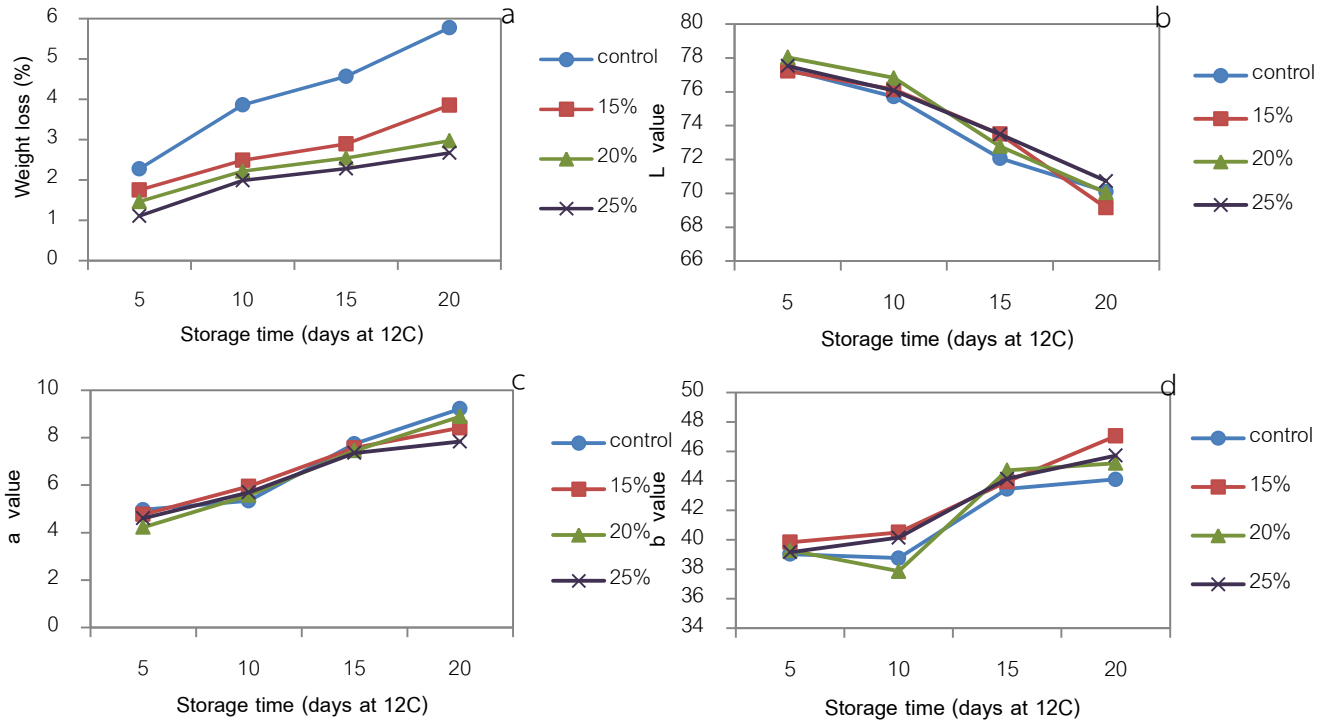
ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (a), ค่า L* value (b), a* value (c) and b* value (d) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา TSC 0 (control) 10 15 20 และ 25%



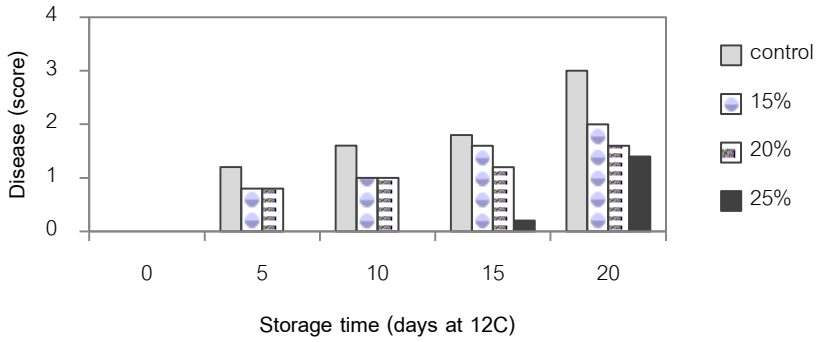
ภาพที่ 2 ค่าคะแนนการเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา TSC 0 (control), 10, 15, 20 and 25% หลังจากย้ายออกจากห้องเย็น 12°C มาเก็บที่อุณหภูมิห้อง 0= ปกติ 1= เกิดโรค 1-25% 2= 25-50% 3=50-75% และ 4= 75-100%



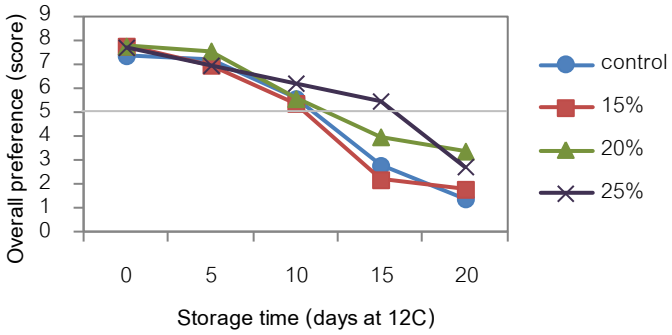
ภาพที่ 3 ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง หลังจากย้ายออกจากห้องเย็น 12°C มาเก็บที่อุณหภูมิห้องจนมะม่วสุก ค่าคะแนน (1-9) 1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด



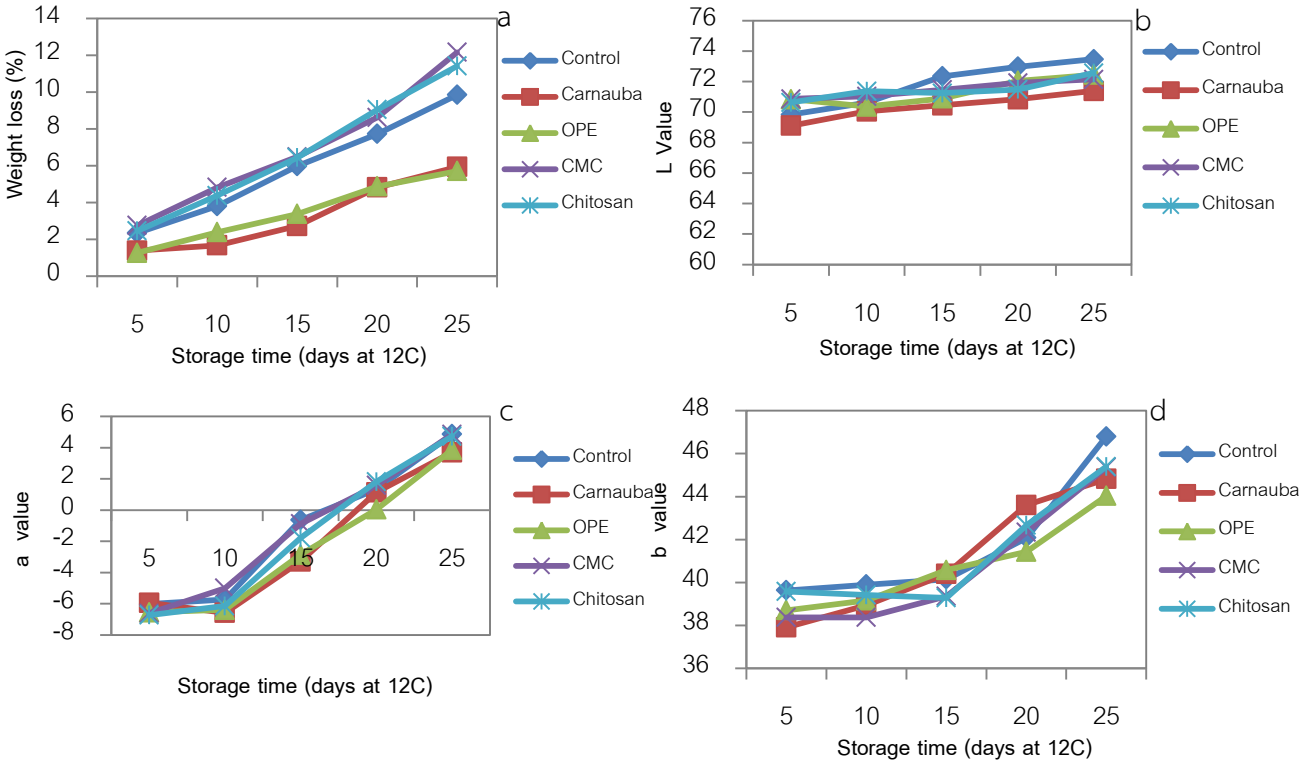
ภาพที่ 4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (a), ค่า L* value (b), a* value (c) and b* value (d) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิว OPE TSC 0 (control) 15 20 และ 25%



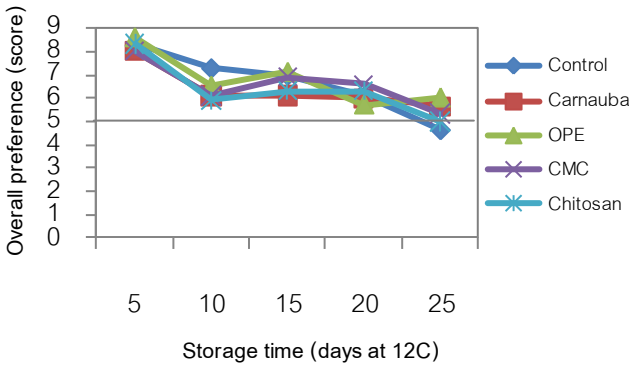
ภาพที่ 5 ค่าคะแนนการเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิว OPE TSC 0 (control), 10, 15, 20 and 25% หลังจากย้ายออกจากห้องเย็น 12°C มาเก็บที่อุณหภูมิห้อง 0= ปกติ 1= เกิดโรค 1-25% 2= 25-50% 3=50-75% และ 4= 75-100%



ภาพที่ 6 ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง หลังจากย้ายออกจากห้องเย็น 12°C มาเก็บที่อุณหภูมิห้องจนมะม่วสุก ค่าคะแนน (1-9) 1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (a), ค่า L* value (b), a* value (c) and b* value (d) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา OPE ไคโตซาน และ CMC



ภาพที่ 8 ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 หลังจากย้ายออกจากห้องเย็น 12°C มาเก็บที่อุณหภูมิห้องจนมะม่วงสุก ค่าคะแนน (1-9) 1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด

การทดลองที่ 2 การพัฒนาสารเคลือบผิวชนิดไมโครอิมัลชัน (microemulsion) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

The Development on Microemulsion Coating to Prolong Shelf Life of Fresh Produce

บทคัดย่อ

การพัฒนาสารเคลือบผิวชนิดไมโครอิมัลชัน (microemulsion) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาและ oxidized polyethylene (OPE) ที่เป็นไมโครอิมัลชัน ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ทำการทดลองที่อาคารปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2554-กันยายน 2558 โดยใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากสวน GAP จังหวัดสระแก้ว ที่มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110 วัน หลังพ่นสารเร่งดอก นำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 0.02% แล้วคัดเลือกมะม่วงที่มีความแก่สม่ำเสมอ จากนั้นตัดขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนนำไปทดสอบสารเคลือบผิว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย คือ 1. ศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 2. ศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ OPE ต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และ 3. ศึกษาผลของสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 การศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 วางแผนการทดลองแบบ split plot design มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิว 5 กรรมวิธี คือ เคลือบผิวมะม่วงด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์ สารเคลือบผิวเชลแลค 20 เปอร์เซ็นต์ สารเคลือบผิวคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 และสารเคลือบผิวคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว มี sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 20 25 30 และ 35 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน พบว่า สารเคลือบผิวช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้ โดยมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์ และคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ได้นานที่สุด 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติภายหลังนำออกจากห้องเย็น ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวสามารถเก็บได้นาน 20 วัน และ

พบการเกิดโรคเมื่อเก็บนานขึ้น การศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ OPE ต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 วางแผนการทดลองแบบ split plot design มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิว 5 กรรมวิธี คือ เคลือบผิวมะม่วงด้วยสารเคลือบผิว OPE 25 เปอร์เซ็นต์ สารเคลือบผิวเชลแลค 15 เปอร์เซ็นต์ สารเคลือบผิว OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 และสารเคลือบผิว OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว มี sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 20 25 30 และ 35 วัน เก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน พบว่า สารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วงได้ โดยมะม่วงที่เคลือบด้วย OPE 25 เปอร์เซ็นต์ และ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้นานที่สุด 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติภายหลังนำออกจากห้องเย็น ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลค พบว่า มะม่วงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ถึงแม้ผลมะม่วงจะนิ่ม และมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวสามารถเก็บได้นาน 20 วัน หากเก็บนานขึ้นจะพบการเกิดโรค และการศึกษาผลของสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 วางแผนการทดลองแบบ split plot design มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิว 5 กรรมวิธี คือ เคลือบผิวมะม่วงด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์ สารเคลือบผิวคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 สารเคลือบผิว OPE 25 เปอร์เซ็นต์ และสารเคลือบผิว OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว มี sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 20 25 30 และ 35 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน พบว่า สารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้ โดยสามารถเก็บได้นาน 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติภายหลังนำออกจากห้องเย็น ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวสามารถเก็บได้นาน 20 วัน

Abstract

This study was to determine the effect of various types and concentrations of microemulsion coating compounds on postharvest quality of mango fruits. The first experiment, mango fruit cv. Nam Dok Mai No.4 were coated with 20% carnauba, 20% shellac, carnauba vs shellac ratio 9:1 and 8:2 to compare with non-coating fruits. Then the fruits packed in corrugated boxes and stored at 12°C with 90-95% relative humidity (RH). The effect of this coating were follow by measurement changes in weight loss, color, TSS, TA, vitamin C

and sensory evaluation. The results showed that the fruits which were coated with carnauba and shellac could reduce weight loss, ripening process and disease occurrence in mango fruits. The fruits were coated with 20% carnauba and carnauba vs shellac ratio 9:1 could prolong storage life for 25 days. After transferring to 25°C, coated fruit could with naturally ripen to acceptable appearance and flavor. Further, experiment was to determine the effect of oxidized polyethylene (OPE) and shellac coating on shelf life of mango fruit cv. Nam Dok Mai No.4. The fruits were divided into 5 groups and treated with 25% OPE, 20% shellac, OPE vs shellac ratio 9:1 and 8:2 while the last group of fruit remained untreated. The fruits were kept at 12°C with 90-95% RH storage before being observed for postharvest deteriorations. All coated fruit had lower weight loss, less decay and less ripening as compared to control group. The OPE at 25% concentration and OPE vs shellac ratio 9:1 coating could prolong storage life and maintained quality of mango fruit at 12°C for 25 days storage with acceptable appearance and flavor for consumers. Afterward, effect of various coating compounds at 20% carnauba, 25% OPE, carnauba vs shellac ratio 9:1 and OPE vs shellac ratio 9:1 on postharvest quality of mango fruit cv. Nam Dok Mai No.4 were determined. Treated mangoes were stored at 12°C with 90-95% RH for 25 days. All treatment could reduce weight loss, color change, decay and delay ripening whilst increased shiny skin than other treatments with acceptance from consumers.

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ มีรสชาติเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ตลาดที่สำคัญในการส่งออกมะม่วง ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี จีน ฮ่องกง เวียดนาม มาเลเซีย สิงคโปร์และสหรัฐอเมริกา ในปี 2558 มีการส่งออกมะม่วงสด 33,902 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 1,211 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) แต่มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric ที่มีการสุกอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีปัญหาด้านการส่งออกและการวางจำหน่าย เนื่องจากมีอายุการเก็บรักษาสั้น ผลนิ่มและช้ำง่ายระหว่างการขนส่ง รวมถึงมีการเกิดโรคเมื่อผลสุก (Baldwin *et al*., 1998) การเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิเหมาะสม 10-15 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ (Kader, 1994) แต่หากเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ มะม่วงจะได้รับความเสียหายจากความเย็น การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ (Baldwin, 1999; Anjum *et al*., 2006) เนื่องจาก

สารเคลือบผิวเป็นสารที่ผลิตขึ้นมาเพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไป มีหน้าที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส ส่งผลให้กระบวนการหายใจช้าลง ช่วยให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดี ผิวสด ไม่เหี่ยว และมีความมันวาว (นิธิยา, 2547)

สารเคลือบผิวนิยมใช้ในการเคลือบผิวผักและผลไม้ที่เป็นการค้า เช่น แอปเปิ้ล ส้ม อาโวกาโด พริกหวาน มะเขือ และมะเขือเทศ เป็นต้น เพื่อเป็นการลดการสูญเสียน้ำของผลิตผล ลดการเคลื่อนที่ของน้ำมันและไขมันจากภายในออกสู่ภายนอก ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ชะลอการหายใจของผลิตผลสดให้ช้าลง ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มช้าลงด้วย การเคลือบผิวยังมีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซเข้า-ออก โดยเฉพาะลดการดูดซึมก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศเข้าสู่ภายในผลไม้ โดยสารเคลือบผิวที่ใช้จะไปอุดเลนติเซลล์ (lenticels) สโตมาตา (stomata) และรอยขั้วผล (stem scars) ที่เป็นรูเปิดตามธรรมชาติ เมื่อใช้สารเคลือบผิวผลไม้จะลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างผลไม้และบรรยากาศภายนอกให้น้อยลงส่งผลให้มีอัตราการหายใจลดลงและมีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลมากขึ้น (Hagenmaier and Baker, 1993)

อิมัลชัน (emulsion) หมายถึง การกระจายตัวของของเหลว 2 ชนิดหรือมากกว่าที่ไม่ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากมีแรงตึงผิวที่เกิดขึ้นระหว่างของเหลวทั้งสองชนิด อนุภาคในส่วนที่เป็น dispersed phase จะเป็นอนุภาคทรงกลม หากเป็นอิมัลชันปกติหรือแมกโครอิมัลชันจะเป็นสารละลายสีขาวขุ่นและเมื่อตั้งทิ้งไว้ของเหลวจะแยกออกจากกันเป็น 2 ชั้น สำหรับไมโครอิมัลชัน (microemulsion) จะไม่ปรากฏลักษณะเป็นสีขาวขุ่น สารละลายที่ได้จะมีลักษณะโปร่งแสง (translucent) หรือโปร่งแสง (transparent) มีความคงตัวดี และไม่แยกชั้น อนุภาคมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 ไมโครเมตร ถึง 0.01 ไมโครเมตร โดยในการทดลองนี้ใช้สารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา (carnauba) ที่ได้จากผิวปาล์ม (Brazil palm) มีรายงานว่า สารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins (Baldwin *et al*., 1999) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง (ศิรกานต์และคณะ 2555ก) แพร์ (Amarante *et al*., 2001) และแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ ได้ (Bai *et al*., 2003) และออกซิไดส์โพลีเอทิลีน (oxidized polyethylene: OPE) ที่เป็นสารเคลือบผิวที่ได้จากการออกซิเดชั่นของโพลีเอทิลีน มีรายงานว่า สารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ OPE ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง (ศิรกานต์และคณะ 2555ข) ส้มแมนดาริน พันธุ์ ‘Mor’ ได้ (Porat *et al*., 2005) ดังนั้น จึงได้ทดสอบการเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาและ OPE ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

ระเบียบวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

15. มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
16. คาร์นูบา
17. oxidized polyethylene (OPE)
18. เชลแลค (shellac)
19. มอร์โฟลีน (morpholine)
20. กรดโอเลอิก (oleic acid)
21. สารลดการเกิดฟอง (anti-foam)
22. 2,6-dichloroindophenol
23. 0.1N สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
24. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl)
25. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
26. เครื่องกวนสาร (overhead stirrer)
27. เตาให้ความร้อน (hot plate)
28. เทอร์โมมิเตอร์
29. data logger
30. หม้อต้มน้ำร้อนในการทำ hot water treatment
31. ห้องเย็น
32. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ
    - เครื่องวัดสีแบบพกพา Minolta รุ่น CR-10
    - เครื่อง digital refractometer รุ่น PR-101
    - เครื่อง auto titratation acidity
    - เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

วิธีดำเนินการ

การเตรียมมะม่วง ใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากสวน GAP จังหวัดสระแก้ว โดยเก็บเกี่ยวมะม่วงที่มีอายุประมาณ 110 วัน หลังพ่นสารเร่งดอก เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วนำมะม่วงกลับมาทำการทดลองที่อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ คัดเลือกมะม่วงที่มีความแก่สม่ำเสมอ ด้วยวิธีการลอยด้วยน้ำเกลือโซเดียมคลอ

ไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นตัดขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วนำมาผ่านน้ำเย็นทันทีเพื่อลดอุณหภูมิ จากนั้นผึ่งให้แห้ง ก่อนนำไปทดสอบสารเคลือบผิว

การทดสอบสารเคลือบผิวแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 2.1 ผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

1. เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา กรดโอเลอิค มอร์โฟลีน และสารลดการเกิดฟอง คัดเลือกสารเคลือบผิวที่มีลักษณะเป็นไมโครอิมัลชันซึ่งเป็นสารละลายที่มีความโปร่งใส ไม่มีสีขาวขุ่น มีความคงตัวดีและไม่แยกชั้นมาทำการทดลอง โดยคัดเลือกสูตรที่มี total solid content (TSC) 20 เปอร์เซ็นต์ และเตรียมสารเคลือบผิวเชลแลค TSC 20 เปอร์เซ็นต์
2. วางแผนการทดลองแบบ split plot design โดยมี

main plot คือ วิธีการเคลือบผิว 5 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control)
กรรมวิธีที่ 2 สารเคลือบผิวคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 3 สารเคลือบผิวเชลแลค 20 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 4 สารเคลือบผิวคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1
กรรมวิธีที่ 5 สารเคลือบผิวคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2

sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 30 และ 35 วัน

3. หุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทก ก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก

การทดลองที่ 2.2 ผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ oxidized polyethylene ต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

1. เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ OPE กรดโอเลอิค มอร์โฟลีน และสารลดการเกิดฟอง คัดเลือกสารเคลือบผิวที่มีลักษณะเป็นไมโครอิมัลชันซึ่งเป็นสารละลายที่มีความโปร่งใส ไม่มีสีขาวขุ่น มีความคง

ตัวดีและไม่แยกชั้นมาทำการทดลอง โดยคัดเลือกสูตรที่มี TSC 25 เปอร์เซ็นต์ และเตรียมสารเคลือบผิวเชลแลค TSC 15 เปอร์เซ็นต์

2. วางแผนการทดลองแบบ split plot design โดยมี

main plot คือ วิธีการเคลือบผิว 5 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control)

กรรมวิธีที่ 2 สารเคลือบผิว OPE 25 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 สารเคลือบผิวเชลแลค 15 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 4 สารเคลือบผิว OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1

กรรมวิธีที่ 5 สารเคลือบผิว OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2

sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 30 และ 35 วัน

3. หุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทกก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก

การทดลองที่ 2.3 ผลของสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

1. เตรียมสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา TSC 20 เปอร์เซ็นต์ สารเคลือบผิว OPE TSC 25 เปอร์เซ็นต์ และสารเคลือบผิวเชลแลค TSC 15 เปอร์เซ็นต์

2. วางแผนการทดลองแบบ split plot design โดยมี

main plot คือ วิธีการเคลือบผิว ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (control)

กรรมวิธีที่ 2 สารเคลือบผิวคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 สารเคลือบผิวคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1

กรรมวิธีที่ 4 สารเคลือบผิว OPE 25 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 5 สารเคลือบผิว OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1

sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 30 และ 35 วัน

3.1 หุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทกก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก

การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ทำการวัดบริเวณส่วนกลางของผลมะม่วงทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 2 จุด ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10 แล้วบันทึกค่าในระบบ CIE LAB

ค่า L* คือ ค่าความสว่างของสี ซึ่งค่า L* มีค่า 0 ถึง 100 ถ้าค่า L มาก แสดงว่าสีสว่างมาก โดยที่ระดับ L* เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ

ค่า a* คือ ค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว เมื่อค่า a* เป็นบวกจะแสดงลักษณะสีแดง และเมื่อค่าเป็นลบจะแสดงลักษณะสีเขียว โดยที่เมื่อค่าห่าง 0 มากแสดงถึงค่าสีแดงหรือสีเขียวมากขึ้น

ค่า b* คือ ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อค่า b* มีค่าเป็นบวกจะแสดงลักษณะสีเหลือง และเมื่อเป็นลบจะแสดงลักษณะสีน้ำเงิน โดยที่เมื่อค่าห่าง 0 มากแสดงถึงค่าสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids: TSS) โดยนำน้ำคั้นมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย digital refractometer รุ่น PR-101
- ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity: TA) โดยไตเตรทน้ำคั้นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์กรดซิตริค (citric acid)
- ปริมาณวิตามินซี วัดเป็นปริมาณกรดแอสคอบิค (ascorbic acid) โดยวิธีไตเตรทกับ 2,6-dichloroindophenol แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและคำนวณเป็น มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
- วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter
- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยการให้ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด)

ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ

อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปราย

การทดลองที่ 2.1 ผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เริ่มต้นการทดลองในขณะที่ผลยังมีสีเปลือกสีเขียว ภายหลังการเคลือบผิวและเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่าง (L*) ค่าที่บอกความเป็นสีเขียว-สีแดง (a*) และค่าที่บอกความเป็นสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 25 วัน ค่า L* ของมะม่วงที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่า L* มากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่า 68.93 ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีค่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 66.96 (ตารางที่ 1) ค่า a* ของมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 25 วัน พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคมีค่า a* น้อยที่สุด คือ -5.06 ซึ่งแสดงว่าเปลือกของมะม่วงมีสีเขียวมากกว่ากรรมวิธีอื่น รองลงมาคือ มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 คาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 คาร์นูบาความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว โดยมีค่า a* 4.88 -3.19 -1.71 และ -0.06 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ส่วนค่า b* ของมะม่วงที่เก็บรักษานาน 25 วัน พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* น้อยที่สุด 43.48 ซึ่งหมายความว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองช้าที่สุด ในขณะที่มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่ากรรมวิธีอื่นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน โดยมีค่า b* 45.95 (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากเอทิลีนที่ผลิตขึ้นขณะเข้าสู่กระบวนการสุกจะชักนำเอนไซม์คลอโรฟิลเลสให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Shimokawa *et al*., 1978)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น โดยมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลค 20 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญน้ำหนักน้อยที่สุด ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 8.77 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสูญเสียน้ำหนัก 5.16 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบาผสมเชลแลค 8:2 4.93 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบาผสมเชลแลค 9:1 4.78 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคมีอัตราส่วนการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 4.37 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) สาร

เคลือบผิวทุกกรรมวิธีเป็นสารเคลือบผิวประเภทไขมันซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการถ่ายเทความชื้นได้ดี ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำน้ำหนักน้อยกว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิว (Krochta *et al*., 1994) และเช่นเดียวกับการทดลองเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ที่พบว่า สารเคลือบผิวคาร์นูบาช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุก และชะลอการเน่าเสียของมะม่วงได้ (Baldwin *et al*., 1999)

คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า มะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวเมื่อผลสุกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิว โดยเมื่อเก็บในห้องเย็นนาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่ห้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 15.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีอื่นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 12.86 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากมีการสูญเสียน้ำและอาหารที่สะสมไว้มีการเปลี่ยนรูปเป็นน้ำตาล ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น (Fuchs *et al*., 1980) (ตารางที่ 5) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ย 0.44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บนาน 25 วัน (ตารางที่ 6) ในส่วนของปริมาณวิตามินซี พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวเมื่อสุกมีแนวโน้มว่ามีปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิว (ตารางที่ 7) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ของมะม่วงทุกกรรมวิธีพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ระยะเวลาในการสุกของมะม่วง มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวจะใช้เวลาในการสุกเร็วกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวภายหลังนำออกจากห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยเชลแลค 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการสุกช้าที่สุดและเมื่อเก็บในห้องเย็นนาน 10 วัน เมื่อนำมาวางให้สุกพบว่าสีเปลือกจะไม่เปลี่ยนเป็นสีเขียวถึงแม้ว่าผลมะม่วงจะนิ่มแล้วก็ตาม ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบาและคาร์นูบาผสมเชลแลคทั้งสองอัตราส่วนมะม่วงสุกได้ปกติเมื่อนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและคาร์นูบาผสมเชลแลคใช้เวลาสุก 4 วัน ในขณะที่มะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิววางที่อุณหภูมิห้องเพียง 2 วัน ผลสุก ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองแม้ผลจะนิ่ม ซึ่งใช้เวลาประมาณ 7 วัน ผลจึงนิ่ม (ตารางที่ 9)

การยอมรับของผู้บริโภค มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบาและคาร์นูบาผสมเชลแลค 9:1 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ โดยมีค่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเฉลี่ย 5.25 (ตารางที่ 10) ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบาผสมเชลแลค 8:2 มีการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 20 วัน เพราะหากเก็บนานขึ้นจะเกิดโรคในขณะการเก็บรักษา โดยมีอาการเป็นจุดสีดำที่ผิว

และขั้วผล และจะเกิดกลิ่นผิดปกติในมะม่วงที่เคลือบผิว ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยเชลแลคพบว่า เมื่อเก็บในห้องเย็นมะม่วงไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองเมื่อผลสุกแม้ว่าผลมะม่วงจะนิ่ม และเมื่อรับประทานจะมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ เนื่องจากการที่สารเคลือบผิวไปอุดรูเปิดที่ผิวด้านนอกของมะม่วง ความหนาของสารเคลือบผิวไม่ใช่ปัจจัยหลักที่จะมีผลต่อปริมาณอากาศที่เข้าไปในผลไม้ทั้งหมดแต่ชนิดของสารเคลือบผิวที่ใช้เป็นปัจจัยหลัก การใช้สารเคลือบผิวที่เป็นเรซิน (resinous coating) เช่น เชลแลค และวูดโรซิน (wood rosin) เปรียบเทียบกับสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน พบว่า สารเคลือบผิวที่เป็นเรซินลดปริมาณอากาศลงถึง 92-98 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชั่นลดปริมาณอากาศลง 78-83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอธิบายได้ว่าการทำให้อยู่ในรูปไมโครอิมัลชั่น เมื่อสารเคลือบผิวแห้งโครงสร้างของสารเคลือบผิวจะมีรูเล็กๆ เกิดขึ้น เนื่องจากอนุภาคหยดน้ำในอิมัลชั่นระเหยหายไปเมื่อผิวแห้งจึงเป็นช่องทางให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้บ้าง (Hagenmaier and Baker, 1997) ทำให้มะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้และเกิดกลิ่นผิดปกติระหว่างการเก็บรักษา

การเกิดโรค มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่นำมาใช้ในการทดลองไม่พบอาการของโรคเมื่อเริ่มต้นทดลอง (ภาพที่ 1) จนกระทั่งเมื่อเก็บนาน 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวพบการเกิดโรคเมื่อผลสุก (ภาพที่ 2) โดยมีจุดดำที่เปลือกและแสดงอาการถึงเนื้อมะม่วง และมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคสีเปลือกยังคงเป็นสีเขียวและเริ่มมีอาการของโรคเมื่อผลนิ่ม สำหรับมะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธี พบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน (ภาพที่ 3) และพบอาการของโรคมากยิ่งขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ถึงแม้ว่าจะเก็บรักษาในห้องเย็นก็ตาม (ภาพที่ 4) โดยอาการของโรคที่พบขณะการเก็บรักษาคือ ขั้วผลเน่าและเป็นจุดดำที่ผล (ภาพที่ 5) ซึ่งอาการดังกล่าวจะทำให้เนื้อมะม่วงมีอาการช้ำ ดำและเกิดกลิ่นผิดปกติ

ตารางที่ 1 ค่าความสว่างของสี (L-value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	65.37	66.47	66.13	66.20	68.93 a	68.93 a	67.00
Carnauba 20%	65.13	66.78	66.93	67.19	67.18 b	67.28 ab	66.75

Shellac 20%	65.62	66.63	66.38	66.97	66.98 b	66.08 b	66.44
Carnauba:Shellac 9:1	65.33	66.14	65.60	66.70	67.12 b	65.41 c	66.05
Carnauba:Shellac 8:2	65.42	66.00	67.19	67.70	66.56 b	64.95 c	66.30
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	65.37	66.40	66.45	66.95	67.35	66.53	66.51

CV (กรรมวิธี) = 2.0% CV (เวลาเก็บรักษา) = 2.3%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่า a* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	-7.29	-7.03	-7.04	-4.92	-0.06	1.51	-4.14
Carnauba 20%	-7.49	-7.76	-7.15	-4.72	-1.71	-1.33	-5.03
Shellac 20%	-8.08	-8.08	-6.56	-6.12	-5.06	-3.86	-6.29
Carnauba:Shellac 9:1	-8.20	-8.07	-7.21	-6.06	-3.19	-2.48	-5.87
Carnauba:Shellac 8:2	-7.73	-7.94	-6.78	-5.53	-4.88	-2.92	-5.96
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	-7.76	-7.78	-6.95	-5.47	-2.98	-1.81	-5.46

ไม่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากข้อมูลมีค่าติดลบ

ตารางที่ 3 ค่า b* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	42.14	41.78	42.05	43.46 b	45.95 b	47.17 b	43.76
Carnauba 20%	41.70	41.64	41.13	42.99 b	44.98 ab	46.87 b	43.22
Shellac 20%	41.23	41.25	40.90	40.98 a	43.48 a	44.32 a	42.03
Carnauba:Shellac 9:1	41.75	42.47	41.51	42.05 ab	44.34 ab	46.08 ab	43.03
Carnauba:Shellac 8:2	41.95	42.01	41.35	42.22 ab	43.98 ab	45.57 ab	42.85
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	41.75	41.83	41.39	42.34	44.55	46.00	

CV (กรรมวิธี) = 3.3% CV (เวลาเก็บรักษา) = 4.4%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	1.85 b	3.85 b	5.17 c	6.53 c	8.77 c	9.90 c	6.01
Carnauba 20%	1.06 a	2.08 ab	3.15 b	4.01 ab	5.16 b	5.68 b	3.52
Shellac 20%	0.87 a	1.89 a	2.52 a	3.49 a	4.37 a	5.04 a	3.03
Carnauba:Shellac 9:1	1.13 ab	2.21 ab	2.66 ab	4.32 b	4.78 ab	5.42 ab	3.42
Carnauba:Shellac 8:2	1.15 ab	2.00 ab	3.00 ab	3.95 ab	4.93 b	5.33 ab	3.40
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	1.21	2.41	3.30	4.46	5.60	6.28	

CV (กรรมวิธี) = 11.0% CV (เวลาเก็บรักษา) = 11.3%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	15.93 a	16.40 a	16.03 a	15.53 a	15.80 a	15.00 a	16.52 a	15.89
Carnauba 20%	12.73 c	12.42 c	13.23 bc	12.53 c	12.55 b	13.05 b	12.02 b	12.65
Shellac 20%	13.52 b	14.07 b	14.05 b	14.70 b	12.57 b	12.82 b	12.93 b	13.52
Carnauba:Shellac 9:1	13.85 b	12.98 c	12.58 c	13.08 c	12.75 b	13.25 b	12.63 b	13.02
Carnauba:Shellac 8:2	13.23 b	13.68 b	12.87 c	13.20 c	12.28 b	12.35 b	13.12 b	12.96

ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	13.85	13.91	13.75	13.81	13.19	13.29	13.44	

CV (กรรมวิธี) = 5.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 6.8%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	0.44	0.36	0.41	0.6	0.49	0.49	0.60	0.48
Carnauba 20%	0.40	0.53	0.6	0.49	0.42	0.44	0.40	0.47
Shellac 20%	0.53	0.59	0.44	0.43	0.46	0.42	0.42	0.47
Carnauba:Shellac 9:1	0.49	0.43	0.42	0.42	0.66	0.54	0.45	0.49
Carnauba:Shellac 8:2	0.47	0.50	0.51	0.56	0.40	0.31	0.45	0.46
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.47	0.48	0.48	0.50	0.49	0.44	0.46	

CV (กรรมวิธี) = 61% CV (เวลาเก็บรักษา) = 57.5%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	13.47	13.70 a	13.43 a	13.88 a	14.70 a	12.40	13.00 a	13.51
Carnauba 20%	12.33	11.82 b	13.55 a	12.35 b	11.82 b	12.48	12.42 ab	12.40
Shellac 20%	11.68	11.72 b	11.12 b	11.78 b	11.80 b	11.43	12.27 ab	11.69

Carnauba:Shellac 9:1	11.50	11.70 b	12.45 b	12.63 b	14.57 a	12.72	11.72 b	12.47
Carnauba:Shellac 8:2	11.82	13.97 a	12.13 b	12.65 b	11.47 b	11.55	12.20 ab	12.26
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	12.16	12.58	12.54	12.66	12.87	12.12	12.32	

CV (กรรมวิธี) = 19.5% CV (เวลาเก็บรักษา) = 26.2%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นกรด-ด่างของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	5.52	5.14	4.93	4.60	4.78	4.86	4.07	4.84
Carnauba 20%	4.81	4.78	4.77	4.65	4.85	4.97	4.32	4.74
Shellac 20%	4.84	4.50	4.64	4.56	4.72	4.61	4.60	4.64
Carnauba:Shellac 9:1	4.44	4.80	4.95	4.95	4.72	4.78	4.90	4.79
Carnauba:Shellac 8:2	4.89	4.38	4.79	4.65	5.10	5.34	4.98	4.87
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	4.90	4.72	4.81	4.68	4.83	4.91	4.57	

CV (กรรมวิธี) = 9.2% CV (เวลาเก็บรักษา) = 9.4%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 9 จำนวนวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก ภายหลังนำมะม่วงออกมาจากห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**

	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน
ไม่เคลือบผิว	11	8	8	5	5	2	0
Carnauba 20%	12	8	8	8	7	4	3
Shellac 20%	13	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก
Carnauba:Shellac 9:1	13	8	10	8	7	4	3
Carnauba:Shellac 8:2	12	9	9	8	7	7	3

ตารางที่ 10 ค่าคะแนนความชอบโดยรวม (ค่าคะแนน 1-9) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	7.17	7.50	7.67	6.83	5.00	3.67	3.17	5.86
Carnauba 20%	6.50	6.17	7.17	4.83	6.33	5.17	3.33	5.64
Shellac 20%	6.83	4.00	4.17	4.50	4.33	3.17	3.67	4.38
Carnauba:Shellac 9:1	5.17	5.67	6.83	5.33	5.17	5.33	4.83	5.48
Carnauba:Shellac 8:2	7.00	6.50	5.67	6.50	5.50	3.17	2.83	5.31
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	6.53	5.97	6.30	5.60	5.27	4.10	3.57	

CV (กรรมวิธี) = 43.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 38.5%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

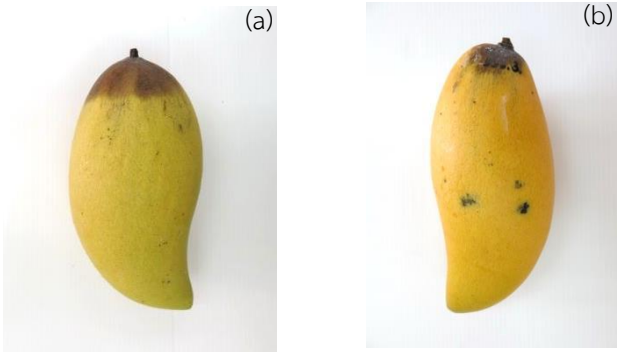
ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ภาพที่ 1 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง

ภาพที่ 2 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน *(a)* มะม่วงที่ไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน *(b)* และมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยเชลแลค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน *(c)*

ภาพที่ 3 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน

ภาพที่ 4 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน



ภาพที่ 5 โรคที่พบในระหว่างการเก็บรักษา

การทดลองที่ 2.2 ผลของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ oxidized polyethylene ต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก มะม่วงที่นำมาทดลองมีความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ แต่สีเปลือกยังมีสีเขียว ภายหลังการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่างของสี (L*) ค่าสีเขียว-แดง (a*) และค่าที่บอกความเป็นสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธีเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยค่าความสว่างของสีพบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความสว่างของสีสูงกว่ามะม่วงกรรมวิธีอื่น โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน มีค่า 73.93 มะม่วงที่เคลือบด้วย OPE และ OPE ผสมเชลแลคมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 72.22 ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคมีค่า L* ต่ำที่สุด 69.30 (ตารางที่ 11) ค่า a* ของมะม่วงพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคมีค่าการเป็นสีเขียวมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน มีค่า a* -1.80 มะม่วงที่เคลือบด้วย OPE ผสมเชลแลคอัตราส่วน 8:2 อัตราส่วน 9:1 และเคลือบด้วย OPE 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a* 2.31 2.89 และ 3.29 ตามลำดับ และมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่า a* มากที่สุดคือ 4.23 ซึ่งหมายถึง มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลง สีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองมากที่สุด (ตารางที่ 12) ส่วนค่า b* ของมะม่วงพบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่า b* มากที่สุด ซึ่งหมายถึง สีเปลือกมีความเป็นสีเหลืองมากกว่ากรรมวิธีอื่นหรือจะเรียกว่าสุกเร็วกว่ากรรมวิธีอื่นนั่นเอง โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน มีค่า b* 47.92 ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE และ OPE ผสมเชลแลคทั้งสองอัตราส่วนมีค่า b* เฉลี่ย 46.26 ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลค 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด 42.71 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองช้ากว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 13)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้น โดยมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยเชลแลคมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 3.49 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14) รองลงมาคือมะม่วงที่เคลือบด้วย OPE ผสมเชลแลคอัตราส่วน 8:2 OPE ผสมเชลแลคอัตราส่วน 9:1 และสารเคลือบผิว OPE โดยมีอัตราการสูญเสียน้ำหนัก 4.37 4.49 และ 4.51 ตามลำดับ และมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 7.45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสนาน 25 วัน สารเคลือบผิวเป็นตัวช่วยในการปกคลุมหรือทดแทนไขที่เคยมีอยู่ จึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักที่เกิดขึ้นได้ (จริงแท้, 2541)

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีโดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 13.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยกรรมวิธีอื่นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่าง 11-12 เปอร์เซ็นต์

(ตารางที่ 15) ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าสูงที่สุดคือ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีอื่นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บนาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 16) และปริมาณวิตามินซีก็เช่นเดียวกันที่พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีแนวโน้มว่ามีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด 18.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเก็บนาน 25 วัน ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบามีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย 15.31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด 11.51 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 17)

ระยะเวลาในการสุกของมะม่วง มะม่วงภายหลังจากเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และย้ายออกมาวางต่อที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ผลสุก พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวใช้ระยะเวลาในการสุกสั้นที่สุด และมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลค 15 เปอร์เซ็นต์ใช้เวลาในการสุกนานที่สุด และยิ่งเก็บรักษาในห้องเย็นนานขึ้น มะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคยิ่งมีการพัฒนาการสุกผิดปกติคือ สีเปลือกยังคงเป็นสีเขียวไม่แตกต่างจากเริ่มต้นทดลองมากนัก ถึงแม้ว่าผลจะนิ่ม มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติเมื่อรับประทาน โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวใช้เวลาในการสุก 1 วัน มะม่วงที่เคลือบด้วย OPE และ OPE ผสมเชลแลค ใช้เวลา 5 วัน ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลค ตรวจสอบคุณภาพเมื่อ 8 วัน สีเปลือกยังคงเป็นสีเขียวแต่เนื้อผลนิ่ม (ตารางที่ 18) การใช้สารเคลือบผิวสามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนค่อยๆ ลดลงในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อการทำงานและการสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีน (Zagory and Kader, 1988) ทำให้สามารถชะลอการสุกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงได้

การยอมรับของผู้บริโภค มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีค่าการยอมรับของผู้บริโภคลดลงโดยมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE และ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 สามารถเก็บได้นาน 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยมีการพัฒนาการสุกปกติและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 6.08 คือ ชอบเล็กน้อย (ตารางที่ 19) หากเก็บนานขึ้นจะพบอาการเกิดโรคเมื่อผลสุก ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 20 วัน โดยมีค่าคะแนนความชอบโดยรวม 6.50 และ 5.33 ตามลำดับ ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคมะม่วงไม่สามารถสุกได้ตามปกติ โดยสีเปลือกไม่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองแม้ว่าผลจะนิ่มและมีกลิ่นผิดปกติเมื่อรับประทาน ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตั้งแต่เริ่มต้น เช่นเดียวกับการทดลองเคลือบผิวส้มแมนดารินที่พบว่า การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว OPE มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีกว่าการเคลือบผิวด้วยเชลแลคและเรซิน ซึ่งหากการแลกเปลี่ยนก๊าซไม่ดีจะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเมื่อรับประทาน (Porat *et al*., 2005)

การเกิดโรค มะม่วงที่ใช้ทำการทดลองจะคัดเลือกผลที่ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง (ภาพที่ 6) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ในระยะ 20 วันแรก ไม่พบการเกิดโรค ยกเว้นในมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคที่พบการเกิดโรคเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน (ภาพที่ 7) มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 เก็บรักษานาน 25 วัน แล้วนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบการเกิดโรคเมื่อผลสุก (ภาพที่ 8a) โดยมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวเมื่อผลสุกจะมีจุดสีดำบริเวณเปลือกและบริเวณขั้วผลไม่มากนัก ซึ่งอาจจะเกิดจากโรคขั้วเน่า (ภาพที่ 8b) ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2

ผลมะม่วงจะเกิดอาการช้ำดำตั้งแต่ขั้วผลจนถึงกึ่งกลางผล ทำให้เกิดรอยเสี้ยนสีดำตามผิวมะม่วง และเนื้อมะม่วงก็ได้รับความเสียหายเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 8c) ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE และ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 พบการเกิดโรคเมื่อเก็บนาน 30 วัน (ภาพที่ 9) แล้วนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยพบอาการเน่าที่ขั้วผลและกระจายลงมาจนถึงกึ่งกลางผลซึ่งอาการดังกล่าวกระทบต่อเนื้อมะม่วงด้วย (ภาพที่ 10)

ตารางที่ 11 ค่าความสว่างของสี (L-value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	69.80	70.58 a	72.64 a	73.34 a	73.93 a	74.08 a	72.39
OPE 25%	69.38	69.20 ab	70.56 b	72.00 a	72.46 ab	72.79 b	71.06
Shellac 15%	68.67	68.75 b	68.83 c	69.13 b	69.30 c	69.56 c	69.04
OPE:Shellac 9:1	70.00	69.35 ab	70.29 b	71.83 a	72.23 b	72.27 b	70.99
OPE:Shellac 8:2	69.38	69.48 ab	69.97 bc	71.12 ab	71.99 b	71.91 bc	70.64
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	69.45	69.47	70.46	71.48	71.98	72.12	

CV (กรรมวิธี) = 2.0% CV (เวลาเก็บรักษา) = 2.3%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 12 ค่า a* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	-7.66	-4.88	-2.12	0.35	4.23	5.43	-0.77
OPE 25%	-7.24	-6.39	-3.92	-0.47	3.29	4.90	-1.64
Shellac 15%	-8.68	-7.93	-7.27	-4.90	-1.80	-1.36	-5.32
OPE:Shellac 9:1	-7.81	-6.12	-2.84	-0.67	2.89	4.43	-1.69
OPE:Shellac 8:2	-6.77	-6.92	-4.25	-1.45	2.31	4.32	-2.13
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	-7.63	-6.45	-4.08	-1.43	2.18	3.54	

ไม่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากข้อมูลมีค่าติดลบ

ตารางที่ 13 ค่า b* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	38.60	40.00	42.48 b	44.91 b	47.92 c	49.22 c	43.85
OPE 25%	39.52	40.38	41.24 ab	44.21 b	46.48 bc	48.29 bc	43.35
Shellac 15%	39.15	39.72	39.73 a	43.24 a	42.71 a	42.63 a	41.20
OPE:Shellac 9:1	38.80	40.30	40.63 a	44.09 b	46.18 b	47.93 bc	42.99
OPE:Shellac 8:2	38.46	39.91	40.65 a	43.67 a	46.14 b	47.23 b	42.67
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	38.90	40.06	40.94	44.02	45.89	47.06	

CV (กรรมวิธี) = 3.1% CV (เวลาเก็บรักษา) = 3.6%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	1.51 b	2.35 c	4.63 d	5.61 d	7.45 c	9.54 c	5.18
OPE 25%	0.92 a	1.60 b	3.03 c	3.74 c	4.51 b	5.03 b	3.14
Shellac 15%	0.63 a	0.87 a	1.79 a	2.47 a	3.49 a	4.06 a	2.22
OPE:Shellac 9:1	0.90 a	1.51 b	2.66 b	3.23 bc	4.49 b	4.81 b	2.93
OPE:Shellac 8:2	0.87 a	1.40 b	2.30 b	3.16 b	4.37 b	4.62 b	2.79
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.96	1.55	2.88	3.64	4.86	5.61	

CV (กรรมวิธี) = 15.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 13.9%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 15 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30วัน	
ไม่เคลือบผิว	13.98 a	13.35 a	13.90 a	13.53 a	13.47 a	13.15 a	13.98 a	13.62
OPE 25%	12.70 b	12.98 ab	13.00 b	13.58 a	13.48 a	12.22 b	12.17 b	12.88
Shellac 15%	12.72 b	12.45 b	12.98 b	12.37 b	12.13 b	11.98 b	11.82 bc	12.35
OPE:Shellac 9:1	13.62 a	12.05 b	12.02 c	12.75 b	12.63 b	12.08 b	12.30 b	12.49
OPE:Shellac 8:2	12.57 b	12.18 b	12.18 c	12.67 b	11.50 b	11.25 c	11.58 c	11.99
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	13.12	12.60	12.82	12.98	12.64	12.14	12.37	

CV (กรรมวิธี) = 6.0% CV (เวลาเก็บรักษา) = 6.1%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 16 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศา-เซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	0.29 a	0.19 b	0.21	0.21 ab	0.20	0.27 a	0.19 ab	0.22
OPE 25%	0.19 c	0.19 b	0.18	0.20 ab	0.17	0.21 b	0.17 b	0.18
Shellac 15%	0.24 b	0.26 a	0.19	0.25 a	0.19	0.23 ab	0.23 a	0.23
OPE:Shellac 9:1	0.15 c	0.20 ab	0.20	0.18 b	0.18	0.20 b	0.16 b	0.18
OPE:Shellac 8:2	0.23 b	0.22 ab	0.21	0.18 b	0.20	0.21 ab	0.17 b	0.20
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.22	0.18	

CV (กรรมวิธี) = 26.6% CV (เวลาเก็บรักษา) = 24.7%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 17 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	12.84 ab	16.33 a	15.02 a	18.76 a	19.64 a	18.89 a	17.22 a	17.96
OPE 25%	13.76 a	10.40 b	11.41 b	16.59 ab	18.44 a	15.25 b	14.42 ab	14.04
Shellac 15%	13.55 ab	11.53 b	10.63 b	15.33 b	17.38 ab	11.51 c	13.04 b	16.28
OPE:Shellac 9:1	10.10 b	10.15 b	11.81 b	11.51 c	16.04 b	16.96 ab	15.24 ab	13.40
OPE:Shellac 8:2	14.88 a	10.20 b	11.61 b	10.28 c	13.55 c	13.73 bc	15.99 ab	14.75
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	17.03	13.12	12.10	15.49	17.01	16.47	15.78	

CV(a) (กรรมวิธี) = 19.6% CV (b) (เวลาเก็บรักษา) = 19.1%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 18 จำนวนวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก ภายหลังนำมะม่วงออกมาจากห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**
ไม่เคลือบผิว	8	4	6	4	4	1	1
OPE 25%	11	5	7	5	5	5	4
Shellac 15%	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก	ไม่สุก

OPE:Shellac 9:1	11	5	7	6	5	5	4
OPE:Shellac 8:2	12	5	7	6	5	5	4

ตารางที่ 19 ค่าคะแนนความชอบโดยรวม (ค่าคะแนน 1-9) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

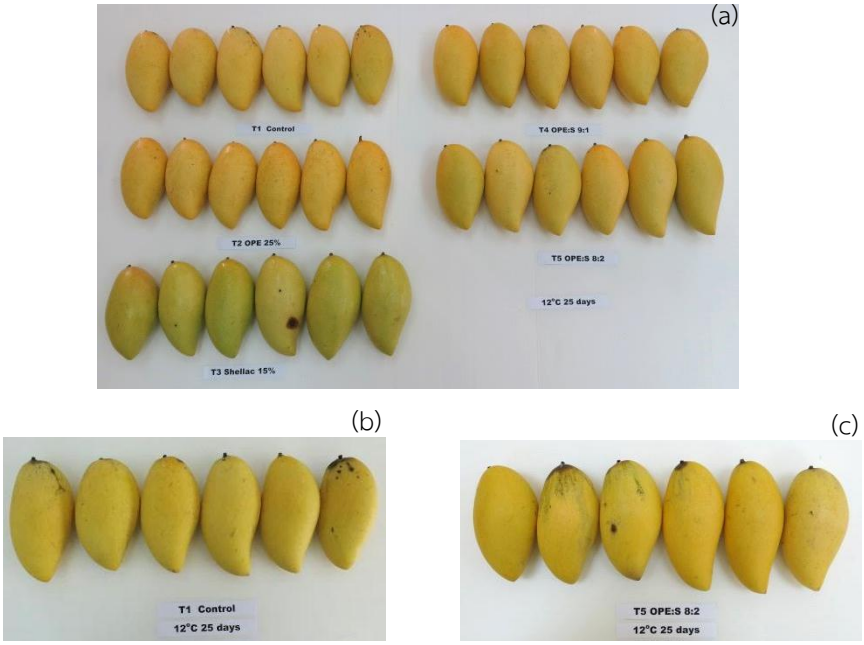
กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	7.33 a	6.50 a	7.00 a	6.50 a	6.50 a	3.50 c	3.00 b	5.76
OPE 25%	6.50 a	6.00 a	6.33 a	6.50 a	5.83 a	6.50 a	4.33 a	6.00
Shellac 15%	4.33 b	5.00 b	4.50 b	2.83 b	3.00 c	1.83 d	3.83 ab	3.62
OPE:Shellac 9:1	7.50 a	5.83 ab	6.33 a	6.83 a	5.83 a	5.67 ab	4.33 a	6.05
OPE:Shellac 8:2	6.83 a	6.00 a	6.00 a	6.33 a	5.33 b	4.17 b	4.17 a	5.55
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	6.50	5.87	6.03	5.80	5.30	4.33	3.93	

CV (กรรมวิธี) = 15.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 18.7%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

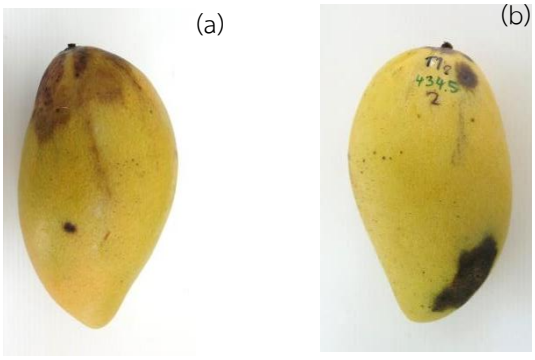
ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ภาพที่ 7 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน *(a)* และมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยเชลแลค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน *(b)*



ภาพที่ 8 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน *(a)* มะม่วงที่ไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน *(b)* และมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วันและนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 5 วัน *(c)*

ภาพที่ 9 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน *(a)* มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย OPE 25 เปอร์เซ็นต์ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 และอัตราส่วน 8:2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 4 วัน *(b)* และมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยเชลแลค 15 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 6 วัน *(c)*



ภาพที่ 10 โรคที่พบในระหว่างการเก็บรักษา

การทดลองที่ 2.3 ผลของสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก สีเปลือกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีสีเปลือกเป็นสีเขียว ภายหลังการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส สีเปลือกค่อยๆ มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลือง โดยมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองเร็วกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธี โดยค่าความสว่างของสีเมื่อเก็บนาน 25 วัน มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าสูงที่สุด 71.48 ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่างของสีเปลือกไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ย 68.85 (ตารางที่ 20) ส่วนค่า a* พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่า a มากที่สุด โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน มีค่า a* -0.38 ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวมีค่า a* ไม่แตกต่างกันมากนักโดยมีค่าเฉลี่ย -4.42 (ตารางที่ 21) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามะม่วงที่เคลือบผิวมีสีเปลือกเป็นสีเขียวมากกว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและค่า b* พบว่า เริ่มพบความแตกต่างเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน โดยพบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองเร็วกว่ามะม่วงที่เคลือบผิว ซึ่งจะเห็นได้จากมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่า b* สูงกว่ากรรมวิธีอื่น โดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน ค่า b* 43.30 ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวมีค่า b* เฉลี่ย 41.40 (ตารางที่ 22)

เปอร์เซ็นต์การสูญน้ำหนัก มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวและเมื่อเก็บนานขึ้นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงทุกกรรมวิธีจะสูงขึ้นและเมื่อเก็บนาน 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวที่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวประมาณ 2 เท่า ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23) ซึ่งมะม่วงที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวนั้น สารเคลือบผิวจะเป็นตัวช่วยปกคลุมหรือทดแทน ไขที่เคยมีอยู่ จึงสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ (จริงแท้, 2541)

คุณภาพทางเคมี วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และวิตามินซี พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และวิตามินซี สูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิว โดยมะม่วงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 15.58 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ระหว่าง 13.72-14.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ก็เช่นเดียวกันที่พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าสูงกว่าเมื่อผลสุก (ตารางที่ 25) โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบผิวมีค่าเฉลี่ย 0.25 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณวิตามินซีของมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว มีค่า 19.84 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมะม่วงที่เคลือบผิวมีค่าเฉลี่ย 14.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 26)

ระยะเวลาในการสุกของมะม่วง มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บในห้องเย็นนานขึ้น จะใช้เวลาในการสุกสั้นลง ภายหลังจากวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง โดยการเคลือบผิวมะม่วงจะช่วยชะลอการสุกของมะม่วงให้ช้าลง โดยเห็นได้จากมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองช้า มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า และผลมะม่วงจะนิ่มช้ากว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิว โดยมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการสุก 6 วัน ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบผิวใช้เวลาในการสุก 8 วัน (ตารางที่ 27) การใช้สารเคลือบผิวสามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนค่อยๆ ลดลงในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อการทำงานและการสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีน (Zagory and Kader, 1988) ทำให้สามารถชะลอการสุกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงได้

ความชอบโดยรวม ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของมะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อผลสุกมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยมะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 25 วัน โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 6.17 ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย (ตารางที่ 28) ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 20 วัน โดยมีค่าคะแนนความชอบ 5.5 ซึ่งหมายถึงยอมรับได้ ทุกกรรมวิธีหากเก็บนานขึ้นจะพบค่าคะแนนความชอบลดลงจนไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากพบการเกิดโรคและมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติขณะรับประทาน ซึ่งการที่ค่าคะแนนความชอบลดลงนั้นแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของมะม่วงที่ค่อยๆ ลดลงด้วย เนื่องจากเป็นการเข้าสู่ระยะของการเสื่อมสลายหลังจากที่มีการสุกเกิดขึ้น อันเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติของผลไม้ (Wills *et al*., 1981)

การเกิดโรค มะม่วงที่นำมาทำการทดลองนั้น ได้คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ ไม่มีโรคและแมลงเข้าทำลาย (ภาพที่ 11) เมื่อนำมาเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน ไม่พบการเกิดโรคในทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 12) แต่เมื่อเก็บนาน 25 วัน มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวจะพบการเกิดโรคเมื่อผลสุก โดยเป็นจุดสีดำเล็กๆ ที่เปลือกมะม่วง และแสดงอาการไปถึงเนื้อมะม่วงภายหลังการปอกเปลือก ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวไม่พบอาการของโรคเมื่อผลสุก (ภาพที่ 13) แต่เมื่อเก็บนานขึ้นถึง 30 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะพบการเกิดโรคทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 14) โดยอาการของโรคที่พบคือ จะเป็นจุดสีดำที่เปลือก มีอาการเน่าที่ขั้วผล บางครั้งอาการเน่าจะลามลงมาถึงกึ่งกลางผล (ภาพที่ 15 a-c) และบางผลจะแสดงอาการที่เนื้อมะม่วงโดยเป็นจุดสีดำภายในเนื้อมะม่วง (ภาพที่ 15 d)

ตารางที่ 20 ค่าความสว่างของสี (L*) ของมะม่วงของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	68.93 b	69.33 b	69.71 b	71.32 b	71.48 a	72.21 a	70.50
Carnauba	67.84 ab	68.16 ab	68.08 a	68.94 a	68.98 b	69.47 b	68.58
Carnauba+Shellac	67.33 a	67.41 ab	67.82 a	68.47 a	68.64 b	69.29 b	68.16
OPE	67.21 a	67.60 a	67.80 a	68.57 a	68.60 b	68.97 b	68.12
OPE+Shellac	67.34 a	68.27 a	68.28 a	68.87 a	69.18 b	69.90 b	68.64
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	67.73	68.15	68.34	69.23	69.37	69.97	

CV (กรรมวิธี) = 1.5% CV (เวลาเก็บรักษา) = 1.6%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 21 ค่า a* ของมะม่วงของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	-9.26	-8.73	-7.30	-3.09	-0.38	0.89	-4.65

Carnauba	-9.32	-8.68	-7.75	-5.64	-4.53	-2.50	-6.40
Carnauba+Shellac	-9.35	-8.45	-8.45	-6.28	-4.45	-2.56	-6.59
OPE	-9.68	-8.91	-8.34	-5.66	-4.19	-1.84	-6.44
OPE+Shellac	-9.46	-8.96	-8.54	-6.17	-4.51	-1.86	-6.58
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	-9.42	-8.75	-8.07	-5.37	-3.61	-1.58	

ไม่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากข้อมูลมีค่าติดลบ

ตารางที่ 22 ค่า b* ของมะม่วงของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	38.59	38.47	39.18 b	41.28 b	43.26 b	47.38 b	41.36
Carnauba	37.90	37.46	37.93 a	39.17 a	41.06 a	43.17 a	39.45
Carnauba+Shellac	39.25	38.15	37.67 a	39.68 a	41.20 a	43.12 a	39.85
OPE	39.00	37.70	38.11 a	39.65 a	41.70 a	43.22 a	39.90
OPE+Shellac	39.02	38.00	38.18 a	39.89 a	41.58 a	43.59 a	40.04
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	38.75	37.96	38.21	39.93	41.76	44.10	

CV (กรรมวิธี) = 2.7% CV (เวลาเก็บรักษา) = 2.6%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	1.41 b	3.24 b	5.12 b	7.90 b	10.44 b	12.04 b	6.69
Carnauba	0.93 a	1.72 a	2.82 a	4.09 a	5.57 a	6.63 a	3.63
Carnauba+Shellac	0.91 a	1.74 a	2.91 a	4.01 a	5.40 a	5.95 a	3.49
OPE	0.94 a	1.84 a	3.45 a	4.29 a	5.65 a	6.98 a	3.86
OPE+Shellac	0.91 a	1.80 a	2.78 a	3.99 a	5.61 a	6.26 a	3.56

ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	1.02	2.07	3.42	4.85	6.53	7.57	

CV (กรรมวิธี) = 7.7% CV (เวลาเก็บรักษา) = 9.8%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 24 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30วัน**	
ไม่เคลือบผิว	13.60	14.00 a	13.73 a	14.12 a	15.42 a	15.58 a	14.72 a	14.45
Carnauba	13.60	12.87 b	12.98 ab	13.77 ab	14.50 b	13.95 bc	14.03 ab	13.67
Carnauba+Shellac	13.80	13.90 b	14.03 a	13.20 b	14.12 bc	14.50 b	14.05 ab	13.94
OPE	13.68	13.87 b	13.57 ab	13.23 b	13.83 bc	13.72 c	13.95 b	13.69
OPE+Shellac	13.48	14.13 b	13.68 ab	12.13 c	13.35 c	14.08 bc	14.53 ab	13.63
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	13.63	13.75	13.60	13.29	14.24	14.37	14.26	

CV (กรรมวิธี) = 4.9% CV (เวลาเก็บรักษา) = 5.2%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 25 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30วัน**	
ไม่เคลือบผิว	0.22 b	0.47 a	0.32 a	0.30 a	0.60 a	0.62 a	0.29 a	0.40
Carnauba	0.17 c	0.17 b	0.14 b	0.17 b	0.18 c	0.27 b	0.21 ab	0.19

Carnauba+Shellac	0.25 b	0.18 b	0.12 b	0.22 b	0.18 c	0.23 b	0.25 ab	0.20
OPE	0.36 a	0.15 b	0.15 b	0.18 b	0.18 c	0.25 b	0.19 b	0.21
OPE+Shellac	0.16 c	0.17 b	0.13 b	0.18 b	0.33 b	0.26 b	0.16 b	0.20
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.23	0.23	0.17	0.21	0.29	0.33	0.22	

CV (กรรมวิธี) = 62.3% CV (เวลาเก็บรักษา) = 46.4%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 26 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	12.38	9.88 b	13.27 c	13.43	19.04 a	19.84 a	15.80 a	14.81
Carnauba	13.74	14.29 a	19.01 a	13.70	14.41 b	14.90 bc	14.85ab	14.99
Carnauba+Shellac	13.03	14.24 a	19.62 a	13.09	11.94 b	12.64 c	11.54 b	13.73
OPE	14.34	16.56 a	17.27 ab	13.88	13.42 b	15.78 b	15.05 a	15.19
OPE+Shellac	14.54	13.74 a	16.14 b	10.81	11.64 b	14.21 bc	15.95 a	13.86
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	13.61	13.74	17.06	12.98	14.09	15.47	14.64	

CV (กรรมวิธี) = 16.3% CV (เวลาเก็บรักษา) = 19.4%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 27 จำนวนวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก ภายหลังนำมะม่วงออกมาจากห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**

	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน
ไม่เคลือบผิว	12	7	7	5	3	2	3
Carnauba	13	11	13	8	7	4	4
Carnauba+Shellac	13	10	11	8	6	4	4
OPE	13	10	11	8	6	4	4
OPE+Shellac	13	10	11	8	6	4	4

ตารางที่ 28 ค่าคะแนนความชอบโดยรวม (ค่าคะแนน 1-9) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	6.33 b	6.17 b	6.00 b	6.00 b	5.50	4.33 b	3.83 b	5.45
Carnauba	7.50 a	6.67 ab	6.83 ab	6.67 a	6.50	6.33 a	4.67 a	6.45
Carnauba+Shellac	6.50 b	7.00 a	7.00 a	6.06 b	6.33	6.33 a	4.83 a	6.29
OPE	6.33 b	7.17 a	6.17 b	6.06 b	5.50	6.17 a	4.67 a	6.00
OPE+Shellac	7.00 a	7.17 a	6.00 b	6.17 ab	5.83	5.83 ab	4.83 a	6.12
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	6.73	6.83	6.40	6.17	5.93	5.80	4.57	

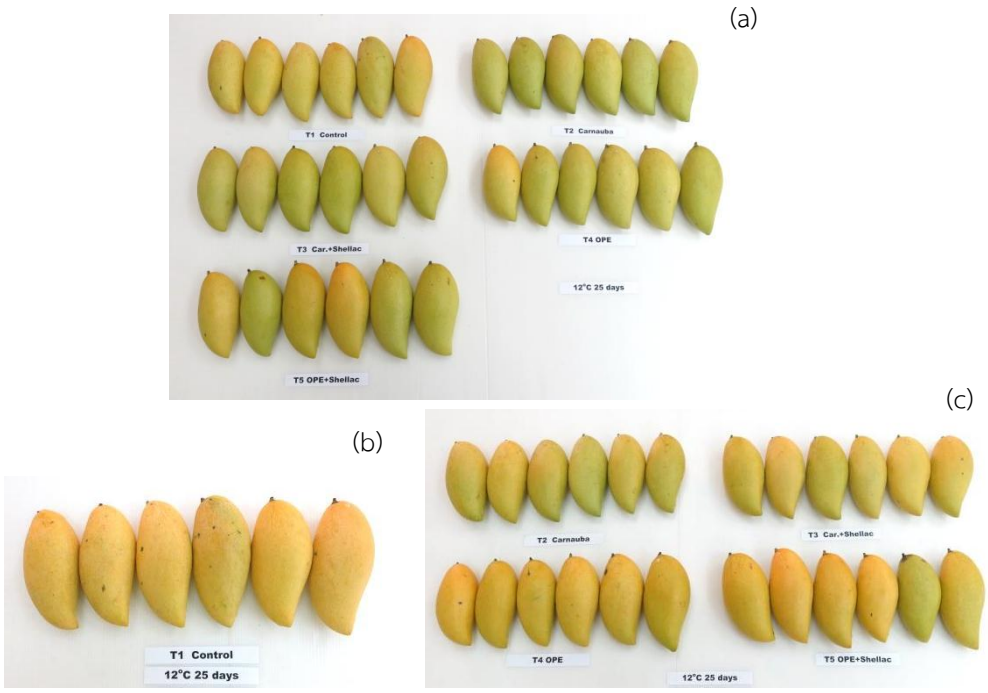
CV (กรรมวิธี) = 9.3% CV (เวลาเก็บรักษา) = 9.3%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

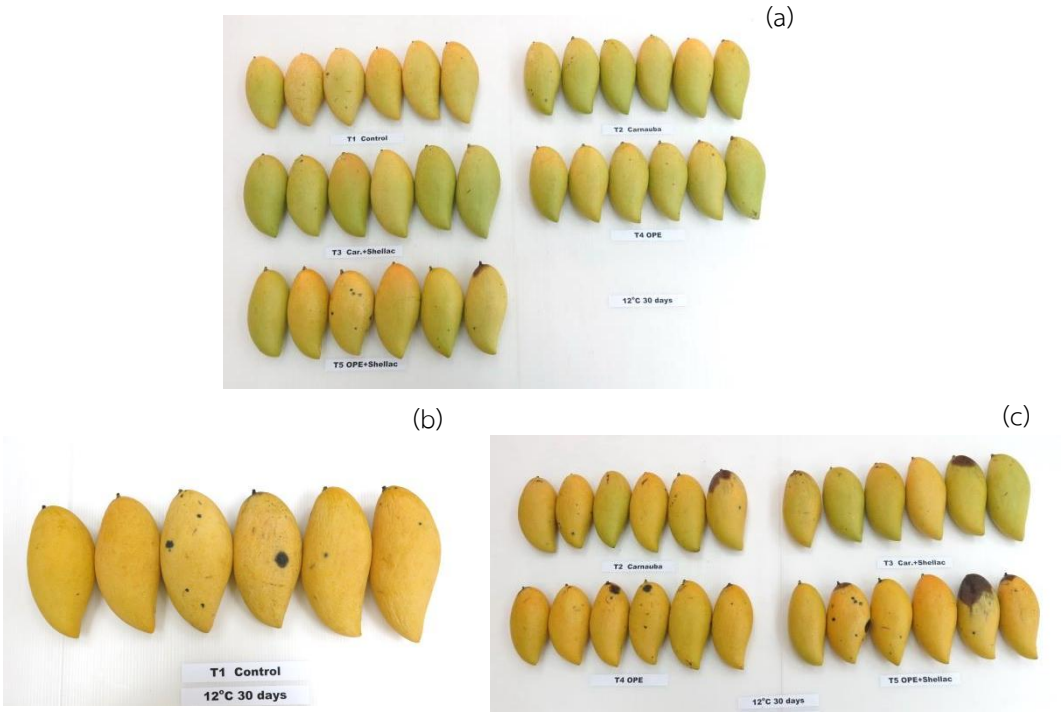
ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ภาพที่ 11 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง

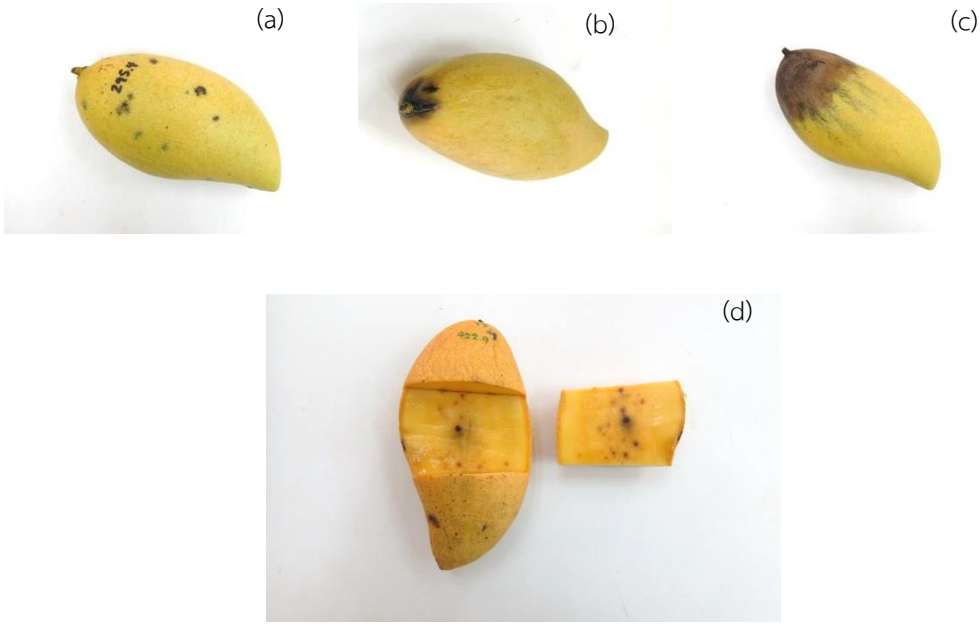
ภาพที่ 12 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน



ภาพที่ 13 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน *(a)* มะม่วงที่ไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน *(b)* และมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา คาร์นูบาผสมเชลแลค OPE และ OPE ผสมเชลแลค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 4 วัน *(c)*



ภาพที่ 14 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กรรมวิธีต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน *(a)* มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน *(b)* และมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา คาร์นูบาผสมเชลแลค OPE และ OPE ผสมเชลแลค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 4 วัน *(c)*



ภาพที่ 15 โรคที่พบในระหว่างการเก็บรักษา

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยชะลอการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้ มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักสูงเป็น 2 เท่าของมะม่วงที่เคลือบผิว และมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้เร็วกว่า เมื่อพิจารณาจากค่า L* a* b* ที่สูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธี แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพทางเคมีจะเห็นว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวเมื่อผลสุก เมื่อพิจารณาถึงอายุการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 20 เปอร์เซ็นต์ OPE 20 เปอร์เซ็นต์ คาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 และ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 9:1 สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้นานที่สุด 25 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติภายหลังนำออกจากห้องเย็น มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยคาร์นูบาผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 และ OPE ผสมเชลแลค อัตราส่วน 8:2 สามารถเก็บได้นาน 20 วัน หากเก็บนานขึ้นจะพบการเกิดกลิ่นผิดปกติและการเกิดโรค ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยเชลแลคนั้น สีเปลือกจะยังคงเป็นสีเขียวไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองตลอดการทดลองถึงแม้ว่าผลจะนิ่มแล้วก็ตาม และเมื่อรับประทานจะพบว่ามีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ และมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวสามารถเก็บได้นาน 20 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส หากเก็บนานขึ้นจะพบการเกิดโรค

โรคแอนแทรคโนสและขั้วเน่าเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ซึ่งหากเกิดโรคนี้ขณะทำการทดลองจะทำให้การทดลองผิดพลาด ดังนั้นในการทำการทดลองจำเป็นต้องเลือกสวนมะม่วงที่มีคุณภาพและฤดูกาลที่เหมาะสม

คำขอบคุณ

- บริษัท ซินเธค แอ๊ดดิทีฟ จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลและวัตถุดิบในการทำงานวิจัย
- ผู้ปลูกมะม่วงอำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว และอำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2547. สารเคลือบผิวที่บริโภคได้. ใน เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 179-198.

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ เบญจมาส รัตนชินกร และปรางค์ทอง กวานห้อง. 2555ก. ผลของสารเคลือบผิวคาร์นูบาต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 42: 205-208.

_____. 2555ข. ผลของสารเคลือบผิว polyethylene ต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 43: 155-158.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการส่งออก (export) มะม่วงสด : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php (1 กุมภาพันธ์ 2559).

Amarante, C., N.H. Bank and S. Genesh. 2001. Relationship between character of skin cover of coated pears and permeance to water vapour and gases. *Postharvest Biol. Technol*. 21: 291-230.

Anjum, N., T. Masud and A. Latif. 2006. Effect of various coating materials on keeping quality of mangoes (*Mangifera indica*) stored at low temperature. *Am. J. Food Technol*. 1: 52-58.

Bai, J., R.D. Hagenmaier and E.A. Baldwin. 2003. Coating selection for 'Delicious' and other apples. *Postharvest Biol. Technol*. 28: 381-390.

Baldwin, E.A., J.K. Burns, W. Kazokas and J.K. Brecht. 1998. Effect of coating on mango (*Mangifera indica* L.) flavor. *Porc. Fla. State Hort. Soc*. 111: 247-250.

Baldwin, E.A., J.K. Burns, W. Kazokas, J.K. Brecht, R.D. Hagenmaier, R.J. Bender and E. Pesis. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biol. Technol*. 17: 215-226.

Fuchs, Y., E. Pesis and G. Zauberrma. 1980. Changes in amylase activity, starch and sugar contents in Mango fruit pulp. *Scientia Hortic*. 13: 155-160.

Hagenmaier, R.D. and R.A. Baker. 1993. Reduction in gas exchange of citrus coatings. *J. Agric. Food chem.* 41: 283-287.

_____. 1997. Edible coatings from morpholine-free wax microemulsions. *J. Agric. Food chem.* 45: 349-352.

Kader, A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. Pages 239-249. In : Postharvest handling of tropical fruits: proceedings of an international conference held. Jul. 19-23, 1993. Chiang Mai, Thailand.

Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo. 1994. Edible coatings and films to improve food quality. Technomic Publishing Co., Inc. Pennsylvania.

Porat, R., B. Weiss, L. Cohen, A. Daus and A. Biton. 2005. Effect of polyethylene wax content and composition on taste, quality, and emission of off-flavor volatiles in 'Mor' mandarin. *Postharvest Bio. Technol*. 38: 262-268.

Shimokawa, K., S. Shimada and K. Yaeo. 1978. Ethylene enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. *Scientia Hortic*. 8: 129-135.

Wills, R.B.H., T.H. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson and E.G. Hall. 1981. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables*. N.S.W. Univ. Press, New South Wales.

Zagory, D. and Kader, A.A. 1988. Effect of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Bio. Technol*. 12: 195-202.

การทดลองที่ 3 การพัฒนาสารเคลือบผิวที่บริโภคได้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

The Development on Edible Coating to Prolong Shelf Life of Fresh Produce

บทคัดย่อ

การพัฒนาสารเคลือบผิวบริโภคได้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเคลือบผิวไคโตซานและ carboxymethyl cellulose (CMC) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทำการทดลองที่อาคารปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2556-กันยายน 2558 โดยใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากสวน GAP จังหวัดสระแก้ว และจังหวัดขอนแก่น ที่มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110 วัน หลังพ่นสารเร่งดอก แล้วนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ แล้วคัดเลือกมะม่วงที่มีความแก่สม่ำเสมอ จากนั้นตัดขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนนำไปทดสอบสารเคลือบผิว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1. ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 2. ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง และ 3. ผลของสารเคลือบผิว CMC ที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในการศึกษาผลของสารเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 วางแผนการทดลองแบบ split plot design มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 5 กรรมวิธี คือ เคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (CS1) ไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS2) ไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (CS3) และไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS4) เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว และ sub plot คือระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 และ 20 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานทุกกรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกับการไม่ได้เคลือบผิว ไคโตซานไม่สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก หรือลดการเกิดโรคได้ ส่วนการศึกษาผลของการเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบ split plot design มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 5 กรรมวิธี คือ เคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (CS1) ไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS2) ไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton ความเข้มข้น 0.5

เปอร์เซ็นต์ (CS3) และไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS4) เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว มี sub plot คือระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 20 และ 25 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานทุกกรรมวิธี ไม่สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก หรือลดการเกิดโรคได้ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกับการไม่เคลือบผิว และการศึกษาผลของสารเคลือบผิว CMC ที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 วางแผนการทดลองแบบ split plot design มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิว มี 5 กรรมวิธี คือ เคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วย CMC ความเข้มข้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว มี sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 20 25 และ 30 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน พบว่า มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC ทุกความเข้มข้นช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงได้ และมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเกิดโรคและช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้

Abstract

This study was to determine the effect of the effect of edible coating to prolong shelf life of mango fruits. The first experiment, mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4 were divided into 4 groups and coated with CS1 (0.5% chitosan, molecular weight 50,000 dalton), CS2 (1.0% chitosan, molecular weight 50,000 dalton), CS3 (0.5% chitosan, molecular weight 100,000 dalton), CS4 (1.0% chitosan, molecular weight 100,000 dalton) while the last group of fruit remained untreated (control). The fruits were kept at 12°C with 90-95% relative humidity (RH) storage before being observed for postharvest deteriorations. The effect of this coating were follow by measurement changes in weight loss, color, TSS, TA vitamin C and sensory evaluation. It was found that the fruit were coated with chitosan coating could not reduce weight loss, color change and delay ripening in mango fruits. All treatment maintain quality of mango fruits at 12°C for 15 days storage with acceptable appearance and flavor of consumers. Further experiment was to determine the effect of chitosan coating to prolong shelf life of mango fruits cv. Nam Dok Mai Si Thong. Fruits were divided into 4 groups and coated with CS1 (0.5% chitosan, molecular weight 50,000 dalton), CS2 (1.0% chitosan, molecular weight 50,000 dalton), CS3 (0.5% chitosan, molecular weight 100,000 dalton), CS4 (1.0% chitosan, molecular

weight 100,000 dalton) while the last group of fruit remained untreated (control). The fruits were kept at 12°C with 90-95% RH storage before being observed for postharvest deteriorations. It was found that the fruit were coated with chitosan coating could not reduce weight loss, color change and delay ripening in mango fruits. Afterward, effect of various coating compounds viz. 0.5, 1.0, 1.5 and 2% carboxymethyl cellulose (CMC) on postharvest quality of mango fruit cv. Nam Dok Mai No.4 were determined. Treated mangoes were stored at 12°C with 90-95% RH. The fruits were coated with 1.5 and 2.0% CMC could reduce weight loss, color change, decay and delay ripening.

บทนำ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีรสชาติหวานหอม มีสีสันสวยงามสะดุดตาและมีคุณค่าทางอาหารมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่นิยมส่งออกได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ตลาดที่สำคัญในการส่งออกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เช่น ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี เวียดนาม จีน สิงคโปร์ มาเลเซียและฮ่องกง โดยในปี 2558 ประเทศไทยมีการส่งออกมะม่วงสดไปจำหน่ายต่างประเทศปริมาณ 33,902 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 1,211 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) แต่อย่างไรก็ตามมะม่วงก็ยังมีข้อจำกัดในการส่งออก คือ มะม่วงมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายสั้น เนื่องจากมีกระบวนการสุกเกิดขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เคมีและกายภาพ เช่น มีการสลายตัวของคลอโรฟิลด์ ทำให้สีเขียวลดลง และมีสีแดงและสีเหลืองขึ้นมาแทนที่ ความแน่นเนื้อลดลง รสชาติเปลี่ยนจากรสเปรี้ยวเป็นรสหวาน เป็นต้น (ดนัย, 2534) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อผลไม้อยู่ในสภาพที่มีการสูญเสียน้ำสูง เช่น เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เมื่อถึงระยะสุดท้ายของการสุกผลไม้ก็จะอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถบริโภคได้ (ดนัย, 2540) ในปัจจุบันการส่งออกมะม่วงจึงจำเป็นต้องส่งทางเครื่องบินเพื่อให้ใช้ระยะเวลาน้อยที่สุดในการเดินทาง และเพื่อไม่ให้มะม่วงสุกระหว่างการขนส่ง การยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงให้มีคุณภาพดีจนถึงตลาดปลายทางจึงเป็นเรื่องสำคัญ การใช้สารเคลือบผิวเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวเป็นที่ผลิตขึ้นมาเพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามตามธรรมชาติหายไป ช่วยลดการสูญเสียน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ส่งผลให้กระบวนการหายใจช้าลง ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดีไม่เหี่ยวและมีความมันวาว (นิธิยา, 2547) ซึ่งถือว่าเป็นการปรับสภาพบรรยากาศรอบผลคล้ายกับการเก็บผักและผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงหรือในสภาพควบคุมบรรยากาศ (Baldwin *et al*.,1995)

สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ (edible coating) เป็นสารเคลือบผิวที่เหมาะสำหรับเคลือบผักและผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตผลให้ดียิ่งขึ้น (Baldwin *et al*., 1999) สารเคลือบผิวที่บริโภคได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืชและสัตว์ เช่น ธัญพืช น้ำมันพืช โปรตีน และสารสกัดจากสาหร่ายทะเล สารเคลือบผิวไคโตซาน เป็นพอลิแซกคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงชนิดหนึ่งมีประจุบวกและผลิตได้จากไคตินซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเปลือกกุ้งและกระดองปู การนำไคตินมาทำให้สลายตัวด้วยด่างจะได้ไคโตซาน ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากการสลายพอลิเมอร์และแยกเอาหมู่แอซีทิลออกไปจากโมเลกุลของไคติน ไคโตซานบริสุทธิ์จะไม่ละลายน้ำ เมื่อรวมกับสารละลายกรดจะเกิดเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ ไคโตซานเป็นสารที่ไม่เป็นพิษเมื่อทดสอบกับหนู (Sprague-Dawleyrat) ที่ระดับ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักหนู มีการทดสอบการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาเคลือบผลไม้พบว่า ไคโตซานช่วยลดอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำหนัก และยับยังการเน่าเสียของผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา (Jiang and Li, 2001) ชะลอการลดลงของแอนโทไซยานิน ชะลอการเพิ่มปฏิกิริยา polyphenol oxidase (PPO) และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลไม้ได้อีกด้วย (Jiang *et al*., 2005) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าไคโตซานสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ได้หลายชนิด เช่น สตรอเบอร์รี่ (El Ghaouth *et al*., 1991) แพร์ กีวี (Du *et al*., 1997) และมะเขือเทศ (El Ghaouth *et al*., 1992b) สามารถยับยั้งการเสื่อมเสียที่เกิดจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ในสตรอเบอร์รี่อีกด้วย (El Ghaouth *et al*., 1992a; Zhang and Quantick, 1998) และนอกจากนี้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลต่ำ (15,000 dalton) ยังสามารถช่วยควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อ *Penicillium digitatum* และ *P. italicum* ในส้ม (Murcott tangor) ได้ (Chien *et al*., 2007)

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส หรือ ซีเอ็มซี (carboxymethyl cellulose: CMC) หรือ โซเดียมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethyl cellulose) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) คือ พอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสนั่นเอง ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้ เป็นไฮโดร-คอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิลและหมู่ คาร์บอกซิเมทิล (ปิยพร และคณะ, 2559) มีลักษณะโปร่งแสง เหนียว และยืดตัวได้ ละลายในน้ำ ไม่ละลายในไขมันและน้ำมัน (Krumel and Lindsey, 1976) ทำให้มีความสามารถในการต้านการซึมผ่านของน้ำได้ดี ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวผักและผลไม้ เพื่อลดอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ อันเนื่องมาจากการหายใจและเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้

ดังนั้น ในการทดลองในครั้งนี้ จึงได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง โดยใช้สารเคลือบผิวไคโตซานและ CMC ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวบริโภคได้ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาและทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)

ระเบียบวิธีการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารเคลือบผิวไคโตซาน
2. carboxymethyl cellulose (CMC)
3. น้ำกลั่น
4. 2,6-dichloroindophenol
5. 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
6. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl)
7. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
8. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
9. หม้อต้มน้ำร้อนในการทำ hot water treatment
10. magnetic stirrer
11. ห้องเย็น
12. เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพ
    - เครื่องวัดสีแบบพกพา Minolta รุ่น CR-10
    - เครื่อง digital refractometer รุ่น PR-101
    - เครื่อง auto titratation acidity

วิธีการ

การเตรียมมะม่วง เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและน้ำดอกไม้ 4 จากสวนที่ผ่านการรับรอง GAP จากจังหวัดสระแก้ว โดยเก็บเกี่ยวมะม่วงที่มีอายุประมาณ 110 วัน หลังพ่นสารเร่งดอกเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วนำมะม่วงมาทำการทดลองที่ตึกปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ คัดเลือกมะม่วงที่มีความแก่สม่ำเสมอโดยการลอยในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำมาตัดขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปผ่านกรรมวิธี hot water treatment ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันทีเพื่อลดอุณหภูมิ จากนั้นผึ่งให้แห้งก่อนนำไปทดสอบสารเคลือบผิว

การทดสอบสารเคลือบผิวแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 3.1 ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

1. ทดลองเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วยสารเคลือบผิวไคโตซาน วางแผนการทดลองแบบ split plot มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงไม่เคลือบผิว (Control)

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton

ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (CS1)

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton

ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS2)

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton

ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (CS3)

กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton

ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS4)

และ subplot คือระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 และ 20 วัน

2. ภายหลังการเคลือบผิว ผึ่งมะม่วงให้แห้งแล้วหุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทก ก่อนบรรจุลงในกล่องลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก

การทดลองที่ 3.2 ผลของการเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

1. ทดลองเคลือบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ด้วยสารเคลือบผิวไคโตซานวางแผนการทดลองแบบ split plot มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงไม่เคลือบผิว (Control)

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton
ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (CS1)
กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 dalton
ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS2)
กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton
ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (CS3)
กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 100,000 dalton
ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (CS4)

และ subplot คือระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 20 และ 25 วัน

2.2 ภายหลังการเคลือบผิว ผึ่งมะม่วงให้แห้งแล้วหุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทก ก่อนบรรจุลงในกล่องลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก

การทดลองที่ 3.3 ผลของสารเคลือบผิว carboxymethyl cellulose (CMC) ที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

1. เตรียมสารเคลือบผิว CMC ความเข้มข้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์

2. ทดลองเคลือบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วย CMC วางแผนการทดลองแบบ split plot มี main plot คือ กรรมวิธีในการเคลือบผิวมี 5 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่เคลือบผิว (control)
กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวด้วย CMC ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์

และ subplot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 15 20 25 และ และ 30 วัน

3.3 ภายหลังการเคลือบผิว ผึ่งมะม่วงให้แห้งแล้วหุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทก ก่อนบรรจุลงในกล่องลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมะม่วงมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และนำไปวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก

การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ทำการวัดบริเวณส่วนกลางของผลทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 2 จุด ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10 แล้วบันทึกค่าในระบบ CIE LAB

ค่า L* คือ ค่าความสว่างของสี ซึ่งค่า L* มีค่า 0 ถึง 100 ถ้าค่า L มาก แสดงว่าสีสว่างมาก โดยที่ระดับ L* เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ

ค่า a* คือ ค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว เมื่อค่า a* เป็นบวกจะแสดงลักษณะสีแดง และเมื่อค่าเป็นลบ จะแสดงลักษณะสีเขียว โดยที่เมื่อค่าห่าง 0 มากแสดงถึงค่าสีแดงหรือสีเขียวมากขึ้น

ค่า b* คือ ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อค่า b* มีค่าเป็นบวกจะแสดงลักษณะสีเหลือง และเมื่อเป็นลบจะแสดงลักษณะสีน้ำเงิน โดยที่เมื่อค่าห่าง 0 มากแสดงถึงค่าสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids: TSS) โดยนำน้ำคั้นมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย digital refractometer รุ่น PR-101
- ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity: TA) โดยไตเตรทน้ำคั้นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์กรดซิตริค (citric acid)
- ปริมาณวิตามินซี วัดเป็นปริมาณกรดแอสคอบิค (ascorbic acid) โดยวิธีไตเตรทกับ 2,6-dichloroindophenol แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและคำนวณเป็น มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยการให้ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด)

ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ

อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปราย

การทดลองที่ 3.1 ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 สีเปลือกมีสีเขียวอ่อนเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง โดยทำการเคลือบผิวมะม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 12 ชั่วโมง ภายหลังการเคลือบผิวสีผิวของมะม่วงไม่เปลี่ยนแปลงและไม่มีความมันวาว เมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่า ในระหว่าง 5-10 วัน มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่าความสว่างของสี (L*) สูงกว่ากรรมวิธีอื่น เมื่อเก็บนาน 10 วัน มีค่า L* 74.15 ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย ไคโตซานทุกกรรมวิธีมีค่า L* เฉลี่ย 72.60 แต่เมื่อเก็บนานขึ้น ค่า L* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) ค่า a* เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นสีเขียวเห็นได้ว่า ค่า a* ในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า a* เพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 2) ซึ่งหมายถึง มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกรรมวิธีและเช่นเดียวกันคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า b* จะเพิ่มมากขึ้นโดยเพิ่มขึ้นจาก 35.42 เป็น 45.15 เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน (ตารางที่ 3) ซึ่งหมายถึง เมื่อเก็บนานขึ้นสีเปลือกมะม่วงจะมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้งที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิว มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 5 10 15 และ 20 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 2.32 5.17 9.42 และ 11.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

คุณภาพทางเคมี เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของมะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อผลสุก ภายหลังจากนำออกมาจากห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิห้องให้มะม่วงสุก พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาในห้องเย็น 0 5 10 15 และ 20 วัน โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 17.41 17.61 17.50 17.09 และ 16.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 5) ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงเมื่อผลสุกพบว่า ในช่วง 5 วันแรก ทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CS4 มีแนวโน้มว่ามีปริมาณวิตามินซีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 6) ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานเท่ากัน (ตารางที่ 7)

ระยะเวลาในการสุกของมะม่วง มะม่วงที่เคลือบและไม่เคลือบผิว เมื่อย้ายจากห้องเย็นมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก พบว่า มะม่วงสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ทุกกรรมวิธีมีระยะเวลาการสุกไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 5 10 และ 15 วัน ใช้เวลาในการสุก 7 4 และ 1 วัน ตามลำดับ และเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน มะม่วงทุกกรรมวิธีสุกตั้งแต่อยู่ในห้องเย็น (ตารางที่ 8) การเคลือบผิวมะม่วงด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 50,000 และ 100,000 dalton ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว คือ ไม่สามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้ โดย Du *et al*. (1998) รายงานว่า ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1,000,000 dalton และน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 600,000 dalton สามารถยืดอายุการเก็บรักษาแอปเปิ้ล พันธุ์ Jonagold ได้นาน 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่ ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 94,000 dalton ไม่มีผลต่อการเก็บรักษาแอปเปิ้ล

การยอมรับของผู้บริโภค มะม่วงทุกกรรมวิธีเก็บในห้องเย็นนานไม่เกิน 15 วัน และมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 6.20 คือ ชอบเล็กน้อย ถึงแม้ว่าเมื่อผลสุกจะพบการเกิดโรคเล็กน้อยที่บริเวณผิวผลแต่ไม่กระทบถึงเนื้อ แต่เมื่อเก็บนานขึ้น พบว่า มีค่าคะแนนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากพบการเกิดโรคตั้งแต่ในห้องเย็น รวมทั้งอาการของโรคที่พบกระทบต่อเนื้อของมะม่วงด้วย (ตารางที่ 9)

การเกิดโรค มะม่วงเมื่อเก็บในห้องเย็นนาน 15 วัน แล้วย้ายมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน มะม่วงทุกกรรมวิธีพบการเกิดโรคเมื่อผลสุก โดยพบอาการเป็นจุดสีดำเล็กๆ ที่บริเวณเปลือกแต่พบในปริมาณไม่มากและไม่ส่งผลกระทบถึงเนื้อมะม่วง (ภาพที่ 1) และเมื่อเก็บในห้องเย็นนาน 20 วัน มะม่วงทุกกรรมวิธีสุกตั้งแต่เก็บในห้องเย็นและพบการเกิดโรค (ภาพที่ 2) โดยมีอาการจุดเล็กๆ สีดำที่เปลือก มีเสี้ยนสีดำบริเวณเนื้อมะม่วง และอาการขั้วเน่า (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 1 ค่าความสว่างของสี (L-value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา				ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	
ไม่เคลือบผิว	74.09	74.15	73.05	72.68	73.49
ไคโตซาน CS1	71.91	72.38	72.30	72.52	72.28

ไคโตซาน CS2	71.63	72.25	72.74	72.02	72.16
ไคโตซาน CS3	73.04	72.40	72.71	71.93	72.52
ไคโตซาน CS4	72.76	73.36	73.23	71.75	72.78
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	72.68	72.91	72.81	72.18	

CV (กรรมวิธี) = 1.9% CV (เวลาเก็บรักษา) = 1.9%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่า a* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**				**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	-2.43	-0.23	5.68	8.47	2.87
ไคโตซาน CS1	-2.03	0.75	5.95	7.96	3.16
ไคโตซาน CS2	-2.12	-0.33	6.89	8.59	3.26
ไคโตซาน CS3	-1.05	0.40	6.20	8.19	3.44
ไคโตซาน CS4	-2.15	-0.19	5.62	7.45	2.68
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	-1.95	0.08	6.07	8.13	

ไม่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากข้อมูลมีค่าติดลบ

ตารางที่ 3 ค่า b* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา				ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	
ไม่เคลือบผิว	34.75	35.89	43.78	44.90	39.83
ไคโตซาน CS1	35.74	36.39	44.59	45.77	40.62
ไคโตซาน CS2	36.05	36.86	44.01	45.58	40.63
ไคโตซาน CS3	35.16	37.49	44.55	45.02	40.55
ไคโตซาน CS4	35.41	35.56	43.13	44.46	39.64
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	35.42	36.44	44.01	45.15	
CV (กรรมวิธี) = 4.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 4.7%					

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา				ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	
ไม่เคลือบผิว	2.36	5.60	9.85	12.97	7.70
ไคโตซาน CS1	2.31	4.96	9.00	10.13	6.60
ไคโตซาน CS2	2.19	4.99	9.14	11.14	6.87
ไคโตซาน CS3	2.40	5.15	9.61	12.08	7.31
ไคโตซาน CS4	2.32	5.13	9.49	12.35	7.32
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	2.32	5.17	9.42	11.74	

CV (กรรมวิธี) = 13.5% CV (เวลาเก็บรักษา) = 11.1%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและนำมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา					ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	
ไม่เคลือบผิว	17.90	17.17	17.85	16.25	16.78	17.19
ไคโตซาน CS1	17.23	17.63	17.63	17.48	16.00	17.20
ไคโตซาน CS2	17.17	18.25	17.40	17.10	15.17	17.02
ไคโตซาน CS3	17.47	17.72	17.77	16.82	16.98	17.35
ไคโตซาน CS4	17.30	17.27	16.83	17.78	16.83	17.20
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	17.41	17.61	17.50	17.09	16.35	

CV (กรรมวิธี) = 5.9% CV (เวลาเก็บรักษา) = 6.6%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 6 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและนำมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา					ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	
ไม่เคลือบผิว	22.11	17.07	12.42 b	20.07 ab	26.64 ab	19.66
ไคโตซาน CS1	21.39	18.20	14.44 b	20.77 ab	24.20 b	19.80

ไคโตซาน CS2	21.90	15.84	12.63 b	18.86 b	26.03 ab	19.05
ไคโตซาน CS3	22.31	15.32	19.53 a	18.76 b	24.40 b	20.07
ไคโตซาน CS4	22.62	15.32	19.43 a	23.18 a	29.38 a	21.99
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	22.07	16.35	15.69	20.33	26.13	

CV (กรรมวิธี) = 14.0% CV (เวลาเก็บรักษา) = 1.9%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 7 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและนำมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**					**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	0.25 a	0.33	0.37	0.44	0.43	0.36
ไคโตซาน CS1	0.19 ab	0.30	0.37	0.46	0.45	0.35
ไคโตซาน CS2	0.24 a	0.28	0.37	0.41	0.45	0.35
ไคโตซาน CS3	0.14 b	0.28	0.38	0.41	0.44	0.33
ไคโตซาน CS4	0.19 ab	0.32	0.42	0.42	0.48	0.37
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.20	0.30	0.38	0.43	0.45	

CV (กรรมวิธี) = 19.2% CV (เวลาเก็บรักษา) = 18.2%

ตารางที่ 8 จำนวนวันที่เก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก ภายหลังนำมะม่วงออกมาจากห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**

	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
ไม่เคลือบผิว	12	7	4	1	สุกในห้องเย็น
ไคโตซาน CS1	12	7	4	1	สุกในห้องเย็น
ไคโตซาน CS2	12	7	4	1	สุกในห้องเย็น
ไคโตซาน CS3	12	7	4	1	สุกในห้องเย็น
ไคโตซาน CS4	12	7	4	1	สุกในห้องเย็น

ตารางที่ 9 ค่าคะแนนความชอบโดยรวม (ค่าคะแนน 1-9) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา					ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	
ไม่เคลือบผิว	7.17	6.83	6.83	6.50	4.50	6.37
ไคโตซาน CS1	7.17	6.67	6.83	6.17	4.67	6.30
ไคโตซาน CS2	7.00	6.67	6.67	6.00	4.50	6.17
ไคโตซาน CS3	7.17	7.00	6.67	6.00	4.67	6.30
ไคโตซาน CS4	7.17	6.83	6.83	6.33	4.33	6.30
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	7.13	6.80	6.77	6.20	4.53	

CV (กรรมวิธี) = 10.2% CV (เวลาเก็บรักษา) = 11.6%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

การทดลองที่ 3.2 ผลของการเคลือบผิวไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองสีเปลือกมีสีเหลืองตั้งแต่ยังเป็นผลดิบ เมื่อผลพัฒนาจนสุกมีการเปลี่ยนแปลงสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยค่าความสว่างของสีในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่างของสีมีค่าลดลงจะเห็นได้จากค่า L* ของมะม่วงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน มีค่า L* 77.16 และเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน มีค่าลดลงเหลือ 75.90 (ตารางที่ 10) ค่า a* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความเป็นสีเขียวพบว่าการเปลี่ยนแปลงไม่มาก เนื่องจากมะม่วงมีผลเป็นสีเหลืองตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งผลสุก โดยมีค่า a* เฉลี่ย 5.07 เมื่อเก็บนาน 5 วัน และเพิ่มขึ้นเป็น 5.32 เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน (ตารางที่ 11) ส่วนค่า b* เป็นค่าที่บอกความเป็นสีเหลืองของมะม่วง พบว่า มะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 5 วันมีค่า b* เฉลี่ย 35.42 และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น โดยเมื่อเก็บนาน 20 วัน มีค่า b* เฉลี่ย 38.11 ซึ่งหมายความว่า สีเปลือกมะม่วงมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 12)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงในทุกกรรมวิธีมีการเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติในช่วง 10 วัน แรกของการเก็บรักษา ภายหลังจากนั้นมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักแตกกันทางสถิติ โดยเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CS1 และ CS2 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เฉลี่ย 10.10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีอื่นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 9.05 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน และวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง โดยมีค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ 15.18 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14) ปริมาณวิตามินซี ในช่วง 10 วันแรกที่เก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานมีปริมาณวิตามินซีมากกว่ามะม่วงที่ไม่เคลือบผิว โดยเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน มีปริมาณวิตามินซี 20.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีค่า 18.06 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 15) ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยเมื่อเก็บนาน 20 วัน มีปริมาณเฉลี่ย 0.75 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

ระยะเวลาในการสุก มะม่วงในทุกกรรมวิธีเมื่อย้ายออกจากห้องเย็นอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ใช้ระยะเวลาในการสุกไม่แตกต่างกัน โดยเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ใช้ระยะเวลาในการสุก 8 4 4 5 2 และ 3 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 17) การเคลือบผิวมะม่วงด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 50,000 และ 100,000 dalton ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว คือ ไม่

สามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้ เช่นเดียวกับ Du *et al*. (1998) ที่รายงานว่า ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1,000,000 dalton และน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 600,000 dalton สามารถยืดอายุการเก็บรักษาแอปเปิ้ล พันธุ์ Jonagold ได้นาน 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 94,000 dalton ไม่มีผลต่อการเก็บรักษาแอปเปิ้ล

การยอมรับของผู้บริโภค มะม่วงที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวมีค่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างทางสถิติ และผู้บริโภคจะยอมรับมะม่วงที่เก็บรักษานานไม่เกิน 20 วัน โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 6.20 คือ ชอบเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมะม่วงจะเกิดโรคโดยมีอาการเป็นจุดสีดำที่ผิวและเกิดขั้วเน่าขั้ว ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 18)

การเกิดโรค โดยส่วนใหญ่แล้วมะม่วงที่ทำการทดลองจะพบการเกิดโรคเมื่อผลสุก ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นานไม่เกิน 20 วัน (ภาพที่ 4a) แต่จะพบอาการขั้วเน่าในมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CS4 เมื่อผลสุกเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 4b) แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน จะพบการเกิดโรคเมื่อผลสุก (ภาพที่ 5) โดยพบเป็นจุดสีดำที่เปลือกและพบอาการขั้วเน่าขั้วเน่า (ภาพที่ 6)

ตารางที่ 10 ค่าความสว่างของสี (L-value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา					ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25วัน	
ไม่เคลือบผิว	77.42	76.89	77.78	76.52	72.55	76.23
ไคโตซาน CS1	77.48	76.79	77.43	75.99	73.81	76.30
ไคโตซาน CS2	77.18	77.06	77.32	75.39	73.63	76.11
ไคโตซาน CS3	77.07	77.13	76.93	75.74	74.07	76.19
ไคโตซาน CS4	76.65	76.68	76.47	75.89	74.53	76.04
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	77.16	76.91	77.18	75.90	73.72	

CV (กรรมวิธี) = 2.7% CV (เวลาเก็บรักษา) = 2.2%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 11 ค่า a* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา					ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	
ไม่เคลือบผิว	5.22	5.25	4.68	5.09	5.52	5.15
ไคโตซาน CS1	4.87	5.21	4.85	5.07	6.08	5.21
ไคโตซาน CS2	5.03	5.05	5.17	5.68	5.86	5.35
ไคโตซาน CS3	4.98	4.96	4.75	5.54	6.21	5.29
ไคโตซาน CS4	5.29	5.24	4.96	5.25	5.75	5.30
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	5.07	5.14	4.88	5.32	5.88	

CV (กรรมวิธี) = 16.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 12.4%

ไม่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากข้อมูลมีค่าติดลบ

ตารางที่ 12 ค่า b* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา					ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	

ไม่เคลือบผิว	35.05	35.38	33.80	36.55 a	39.95	36.14
ไคโตซาน CS1	34.60	36.64	35.31	38.29 ab	40.22	37.01
ไคโตซาน CS2	34.85	35.03	33.62	39.36 b	41.72	36.91
ไคโตซาน CS3	36.48	35.15	35.80	37.94 ab	41.14	37.30
ไคโตซาน CS4	36.12	35.50	37.03	38.41 ab	41.15	37.64
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	35.42	35.54	35.11	38.11	40.84	

CV (กรรมวิธี) = 5.4% CV (เวลาเก็บรักษา) = 4.8%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**					**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	2.44	4.47	7.14 b	9.01 a	10.35 a	6.68
ไคโตซาน CS1	2.61	5.03	6.83 b	10.06 b	10.70 a	7.05
ไคโตซาน CS2	2.68	4.42	6.19 a	10.13 b	11.77 b	7.04
ไคโตซาน CS3	2.73	4.80	7.64 c	9.12 a	11.83 b	7.22
ไคโตซาน CS4	2.68	4.74	8.24 c	9.02 a	11.51 b	7.24
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	2.63	4.69	7.21	9.47	11.23	

CV (กรรมวิธี) = 6.6% CV (เวลาเก็บรักษา) = 8.0%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 14 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	
ไม่เคลือบผิว	16.50 b	15.66	15.44	14.72	14.50 b	14.46	15.21
ไคโตซาน CS1	17.74 a	15.42	15.92	14.48	15.10 ab	14.90	15.59
ไคโตซาน CS2	17.36 ab	15.08	16.22	14.24	15.80 a	14.96	15.61
ไคโตซาน CS3	17.22 ab	15.92	15.82	15.00	15.42 ab	14.86	15.71
ไคโตซาน CS4	17.66 ab	16.28	15.70	14.98	15.08 ab	14.56	15.71
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	17.30	15.67	15.82	14.68	15.18	14.75	

CV (กรรมวิธี) = 5.3% CV (เวลาเก็บรักษา) = 5.6%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 15 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	
ไม่เคลือบผิว	16.18	16.69	13.14	8.63 b	18.06 b	13.94 ab	14.44
ไคโตซาน CS1	14.76	16.69	13.97	10.90 a	20.47 a	13.33 b	15.02
ไคโตซาน CS2	15.23	15.87	14.33	11.02 a	20.71 a	15.63 a	15.46
ไคโตซาน CS3	16.90	15.87	15.04	11.02 a	20.35 a	14.18 ab	15.56

ไคโตซาน CS4	16.42	17.07	14.21	10.66 a	20.47 a	15.27 a	15.68
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	15.90	16.44	14.14	10.45	20.01	14.47	

CV (กรรมวิธี) = 10.4% CV (เวลาเก็บรักษา) = 12.4%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 16 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	0.17	0.41	0.22	0.15	0.86 a	0.28	0.35
ไคโตซาน CS1	0.17	0.45	0.26	0.20	0.79 a	0.31	0.36
ไคโตซาน CS2	0.21	0.57	0.23	0.19	0.82 a	0.29	0.39
ไคโตซาน CS3	0.18	0.39	0.31	0.21	0.70 ab	0.30	0.35
ไคโตซาน CS4	0.18	0.46	0.27	0.18	0.59 b	0.30	0.33
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.18	0.46	0.26	0.19	0.75	0.29	

CV (กรรมวิธี) = 42.2% CV (เวลาเก็บรักษา) = 40.6%

ตารางที่ 17 จำนวนวันที่เก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก ภายหลังนำมะม่วงออกมาจากห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**					
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**
ไม่เคลือบผิว	8	4	4	5	2	3

ไคโตซาน CS1	8	4	4	5	2	3
ไคโตซาน CS2	8	4	4	5	2	3
ไคโตซาน CS3	8	4	4	5	2	3
ไคโตซาน CS4	8	4	4	5	2	3

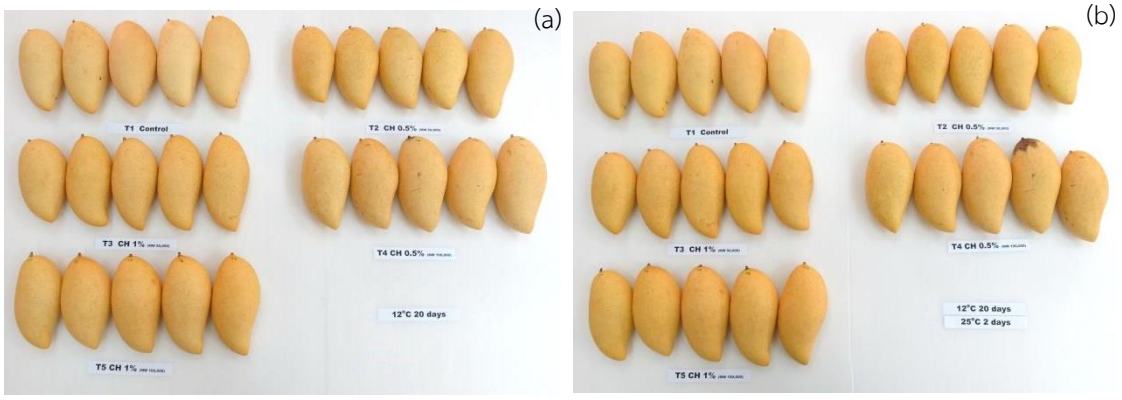
ตารางที่ 18 ค่าคะแนนความชอบโดยรวม (ค่าคะแนน 1-9) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยไคโตซานกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	7.40	8.20	7.80	7.00	6.00	4.40	6.80
ไคโตซาน CS1	7.60	8.20	7.80	6.60	6.20	4.80	6.87
ไคโตซาน CS2	7.60	8.20	7.60	6.80	6.20	4.60	6.83
ไคโตซาน CS3	7.20	8.60	7.60	7.00	6.40	4.80	6.93
ไคโตซาน CS4	7.80	8.60	7.20	6.80	6.20	4.80	6.90
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	7.52	8.36	7.60	6.84	6.20	4.68	

CV (กรรมวิธี) = 7.9% CV (เวลาเก็บรักษา) = 13.2%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด



การทดลองที่ 3.3 ผลของสารเคลือบผิว CMC ที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อเริ่มทำการทดลองเปลือกมีสีเขียว ในระยะแรกของการเก็บรักษามะม่วงมีค่าความสว่างของสี ค่า a* และ b* ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน มีค่า L* และ b* แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่า L* ของมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L* สูงกว่ากรรมวิธีอื่นโดยมีค่าเฉลี่ย 66.60 ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 65.44 (ตารางที่ 19) ค่า a* ของมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น คือ -1.05 และ 2.06 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือกมีค่าความเป็นสีเขียวมากกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 20) และเมื่อพิจารณาถึงค่า b* ที่แสดงถึงค่าความเป็นสีเหลืองพบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งหมายถึง มะม่วงมีสีเปลือกเป็นสีเหลืองมากกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 21)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 6.92 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.06 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันโดยมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 7.70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 8.80 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 22) เช่นเดียวกับการทดลองเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์ Chausa ด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ ที่พบว่า CMC ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้มะม่วงมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่ำ เพิ่มปริมาณกรดแอสคอร์บิค และช่วยรักษาคุณภาพและรสชาติของมะม่วงได้ดี (Anjum *et al*., 2006)

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงเมื่อผลสุกทุกกรรมวิธี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 17.93 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 23) ปริมาณวิตามินซีพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มว่ามีปริมาณวิตามินซีมากกว่ากรรมวิธีอื่นโดยเมื่อเก็บรักษานาน 25 วัน ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 28.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 24) ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีแนวโน้มว่า มะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงกว่ากรรมวิธีอื่นโดยเมื่อเก็บนาน 25 วัน มะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด 0.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 0.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 25)

ระยะเวลาในการสุกของมะม่วง มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อย้ายออกมาจากห้องเย็นสามารถสุกได้อย่างปกติโดยไม่มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการพัฒนาการสุกที่ช้ากว่ามะม่วงกรรมวิธีอื่น โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และย้ายมาวางต่อให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ใช้เวลาในการสุก 6 วัน มะม่วงที่เคลือบด้วย CMC 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลา 4 วัน ในขณะที่มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวใช้เวลา 3 วัน (ตารางที่ 26)

การยอมรับของผู้บริโภค การยอมรับของผู้บริโภคพบว่าเมื่อเก็บรักษาในระยะแรกมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการยอมรับของผู้บริโภค แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน พบว่า มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการยอมรับของผู้บริโภคโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 5.56 คือ เฉยๆ (ตารางที่ 27) ในขณะที่กรรมวิธีอื่นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากมีอาการเกิดโรคโดยเป็นจุดสีดำที่ผิวมะม่วง แต่เมื่อเก็บนานกว่านี้พบว่า คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเฉลี่ย 4.00 คือ ไม่ชอบ เนื่องจากพบการเกิดโรคในมะม่วงเมื่อผลสุก

การเกิดโรค มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นานไม่เกิน 20 วัน ไม่พบการเกิดโรคเมื่อผลสุก (ภาพที่ 7) แต่เมื่อเก็บรักษานาน 25 วัน พบว่า มะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องพบการเกิดโรค โดยมีจุดสีดำที่ผิวผลและอาการขั้วเน่า (ภาพที่ 8) ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบการเกิดโรค แต่เมื่อเก็บนานขึ้น 30 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบการเกิดโรคภายหลังออกจากห้องเย็นแต่จะพบการเกิดโรคเมื่อวางที่อุณหภูมิห้องให้ผลสุก (ภาพที่ 9) โดยอาการที่พบคือมีจุดสีดำที่เปลือกและเกิดอาการขั้วเน่า (ภาพที่ 10)

ตารางที่ 19 ค่าความสว่างของสี (L-value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา						ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	66.32	66.60	66.82 a	66.81	66.66 a	66.43 a	66.61
CMC 0.5%	65.76	66.31	66.39 a	66.46	66.42 a	66.26 a	66.27
CMC 1.0%	66.08	66.48	66.60 a	66.41	66.16 ab	65.77 ab	66.25

CMC 1.5%	65.82	65.71	65.51 b	65.41	64.86 b	64.62 b	65.32
CMC 2.0%	65.71	65.64	65.37 b	65.23	64.61 b	64.42 b	65.16
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	65.94	66.15	66.14	66.07	65.74	65.50	

CV (กรรมวิธี) = 1.7% CV (เวลาเก็บรักษา) = 1.9%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 20 ค่า a* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	-2.35	-1.73	0.12	2.80	5.31	6.20	1.73
CMC 0.5%	-3.52	-2.35	0.55	3.20	5.26	6.91	1.67
CMC 1.0%	-3.25	-1.38	0.00	0.78	3.49	4.64	0.71
CMC 1.5%	-3.90	-2.86	-1.05	0.94	2.32	3.60	-0.16
CMC 2.0%	-3.53	-2.89	-2.06	0.00	1.56	3.50	-0.57
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	-3.31	-2.24	-0.49	1.54	3.58	4.97	

ไม่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากข้อมูลมีค่าติดลบ

ตารางที่ 21 ค่า b* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	40.80	42.68	43.77 b	43.86 ab	45.88 b	46.30 ab	43.88

CMC 0.5%	41.23	42.34	43.91 b	44.54 b	46.13 b	46.49 b	44.11
CMC 1.0%	41.98	42.22	42.89 ab	45.55 b	46.05 b	46.90 b	44.26
CMC 1.5%	41.53	41.53	43.32 a	43.13 ab	44.95 ab	46.01 ab	43.41
CMC 2.0%	41.04	41.21	41.17 a	42.38 a	43.72 a	44.56 a	42.34
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	41.31	41.99	43.01	43.89	45.34	46.05	

CV (กรรมวิธี) = 2.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 3.3%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 22 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	5 วัน	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**	
ไม่เคลือบผิว	1.88 ab	3.31	5.16 b	6.61 b	8.80 c	9.04 b	5.80
CMC 0.5%	2.03 b	3.65	4.76 b	6.10 ab	7.50 ab	8.73 b	5.46
CMC 1.0%	2.07 b	3.87	4.88 ab	6.34 ab	7.88 b	8.50 b	5.59
CMC 1.5%	1.72 ab	3.39	4.68 ab	5.93 a	7.06 a	8.32 ab	5.18
CMC 2.0%	1.54 a	3.47	4.58 a	5.99 ab	6.92 a	8.17 a	5.11
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	1.85	3.54	4.81	6.20	7.63	8.55	

CV (กรรมวิธี) = 6.8% CV (เวลาเก็บรักษา) = 8.3%

ตารางที่ 23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30วัน	
ไม่เคลือบผิว	18.20 ab	18.56 a	16.94 b	18.26	18.66	18.42	16.98	18.00
CMC 0.5%	18.98 a	19.26 a	18.96 a	18.26	18.70	18.20	17.18	18.51
CMC 1.0%	17.96 ab	18.04 a	18.20 a	17.94	18.62	18.20	17.12	18.01
CMC 1.5%	18.18 ab	18.24 a	18.62 a	18.02	17.58	17.66	16.42	17.82
CMC 2.0%	17.68 b	16.74 b	18.20 a	17.00	18.08	17.16	16.78	17.38
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	18.20	18.17	18.18	17.90	18.33	17.93	16.90	

CV (กรรมวิธี) = 5.0% CV (เวลาเก็บรักษา) = 5.9%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 24 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30วัน	
ไม่เคลือบผิว	15.23	14.25 b	17.02 b	18.97 c	20.49 c	19.75 b	22.65 bc	18.34
CMC 0.5%	16.58	16.44 b	23.36 a	18.27 c	21.36 c	18.79 b	24.85 b	19.95
CMC 1.0%	14.13	17.05 b	20.23 ab	19.37 c	19.62 c	21.82 b	18.39 c	18.66
CMC 1.5%	15.56	16.85 b	19.63 ab	30.40 b	30.30 a	28.87 a	29.72 a	24.48

CMC 2.0%	13.28	28.97 a	22.15 a	36.66 a	25.34 b	28.86 a	28.54 a	26.26
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	14.95	18.71	20.48	24.73	23.42	23.62	24.83	

CV (กรรมวิธี) = 21.5% CV (เวลาเก็บรักษา) = 16.8%

ตารางที่ 25 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**							**ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี**
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30วัน**	
ไม่เคลือบผิว	0.50	0.24 b	0.35 ab	0.24 b	0.27 b	0.39 b	0.37	0.34
CMC 0.5%	0.36	0.29 ab	0.24 b	0.38 b	0.27 b	0.32 b	0.36	0.32
CMC 1.0%	0.51	0.44 ab	0.37 ab	0.39 b	0.31 ab	0.35 b	0.39	0.39
CMC 1.5%	0.37	0.50 a	0.50 a	0.64 a	0.62 a	0.69 a	0.59	0.56
CMC 2.0%	0.47	0.48 a	0.47 a	0.32 b	0.52 a	0.50 ab	0.58	0.48
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	0.44	0.39	0.39	0.40	0.40	0.45	0.46	

CV (กรรมวิธี) = 33.3% CV (เวลาเก็บรักษา) = 40.1%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 26 จำนวนวันที่เก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก ภายหลังนำมะม่วงออกมาจากห้องเย็นที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	**ระยะเวลาเก็บรักษา**						
	0 วัน	**5 วัน**	**10 วัน**	**15 วัน**	**20 วัน**	**25 วัน**	**30 วัน**
ไม่เคลือบผิว	7	7	4	3	3	3	4

CMC 0.5%	7	7	7	4	4	3	4
CMC 1.0%	7	7	7	6	4	3	4
CMC 1.5%	11	8	7	6	6	6	4
CMC 2.0%	11	8	7	6	6	6	4

ตารางที่ 27 ค่าคะแนนความชอบโดยรวม (ค่าคะแนน 1-9) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนมะม่วงสุก

กรรมวิธี	ระยะเวลาเก็บรักษา							ค่าเฉลี่ยกรรมวิธี
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน	25 วัน	30 วัน	
ไม่เคลือบผิว	7.40	7.20 ab	7.00 a	6.40 ab	6.60 a	4.80 ab	4.00 a	6.20
CMC 0.5%	7.80	8.00 a	7.40 a	7.00 a	7.00 a	4.60 b	4.20 a	6.57
CMC 1.0%	7.60	7.20 ab	7.00 a	6.60 a	6.60 a	4.80 ab	4.40 a	6.31
CMC 1.5%	7.60	7.40 a	6.20 b	5.80 b	5.60 b	5.40 a	3.80 a	5.97
CMC 2.0%	7.60	6.40 b	6.40 ab	6.00 ab	5.60 b	5.60 a	3.60 a	5.89
ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา	7.60	7.24	6.80	6.36	6.28	5.04	4.00	

CV (กรรมวิธี) = 12.4% CV (เวลาเก็บรักษา) = 11.3%

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ภาพที่ 9 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบด้วย CMC ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน *(a)* และมะม่วงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง 4 วัน *(b)*

ภาพที่ 10 โรคที่พบในระหว่างการเก็บรักษา

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาสารเคลือบผิวที่บริโภคได้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด โดยใช้สารเคลือบผิวไคซานและ CMC ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่า การใช้ไคโตซาน ขนาดโมเลกุล 50,000 และ 100,000 dalton ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก การชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การสุก และการเกิดโรคของมะม่วงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาการใช้ไคโตซานในการเคลือบผิวผลไม้ เนื่องจากเป็นสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยควรศึกษาไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลสูง ประมาณ 1,000,000 dalton และขนาดโมเลกุลปานกลางประมาณ 600,000 dalton

สำหรับการใช้ CMC ในการเคลือบผิวมะม่วงพบว่า การใช้ CMC 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเกิดโรค และช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้ โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ได้นาน 25 วัน และสามารถพัฒนาการสุกได้ปกติเมื่อวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ส่วนมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวสามารถเก็บได้นาน 20 วัน นอกจากนี้ควรมีการศึกษาการใช้ CMC ในการยืดอายุผลไม้สดและผลไม้ตัดแต่ง เนื่องจากเป็นสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ และสามารถสกัดได้จากวัสดุทางการเกษตรหลายชนิด วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีต้นทุนต่ำและหาได้ง่ายในประเทศไทย

คำขอบคุณ

ขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว และอำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ดนัย บุณยเกียรติ. 2534. *สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน.* ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 130 น.

_____. 2540. *สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน.* ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 222 น.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2547. สารเคลือบผิวที่บริโภคได้. ใน เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 179-198.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการส่งออก (export) มะม่วงสด : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php (1 กุมภาพันธ์ 2559).

ปิยพร ร่มแสง มัตติกา ไชยลังกา รังสรรค์ กุนสะนา วิชชากร กันทรัญ อนุวัฒน์ โรจน์สินทรัพย์ และนพพล เล็กสวัสดิ์. 2559. CMC biopolymer. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/56/No07.pdf. (1 มีนาคม 2559).

Anjum, N., T. Masud and A. Latif. 2006. Effect of various coting Materials on Keeping quality of Mangoes *(Mangifera indica)* stored at low temperature. *Am. J. Food Technol*. 1: 52-58.

Baldwin, E.A., M.O. Nisperos, P.E. Shaw and J.K. Burns. 1995. Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavor volatiles, degrees Brix, and ascorbic acid levels. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1321-1331.

Baldwin, E.A., E.A., J.K. Burns, W. Kazokas, J.K. Brecht, R.D. Hagenmaier, R.J. Bender and E. Pesis. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biol. Technol*. 17: 215-226.

Chien, P.J., F. Sheu and H.R. Lin. 2007. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increase postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry*. 100: 1160-1164.

Du, J., H. Gemma and S. Iwahori. 1997. Effects of chitosan coating on the storage of peach (*Prunus persical*), Japanease pear (*Pyrus pyrifolia*), and kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *J. Japan. Soc. Hort. Sci*. 66: 15-22.

_____. 1998. Effect of chitosan coating on the storability and on the ultrastructural changes of ‘Jonagold’ apple fruit in storage. *Food Preservation Science*. 24: 23-29.

El Ghaouth, J. Arul, R. Ponnanpalam and M. Boulet. 1991. Chitosan coating effect on storability and qualities of fresh straeberries. *J. Food Sci*. 56: 1618-1620.

_____, A., J. Arul, J. Grenier and A. Asselin. 1992a. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathologens of strawberry fruits. *Phytopathology*. 82: 398-402.

_____, R. Ponnanpalam and F. Castaigne and J. Arul. 1992b. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *HortSci*. 27: 1016-1018.

Jiang, Y. and Y. Li. 2001. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*. 73: 139-143.

_____, J. Li and W. Jiang. 2005. Effect of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *LWT*. 38: 757-761.

Krumel, K.L. and T.A. Lindsey. 1976. Nonionic cellulose ethers. *Food Technol*. 30: 36-43

Zhang, D. and P.C. Quantick. 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries during storage. *J. Hort Sci. Biol*. 73: 763-767.

กิจกรรมงานวิจัย 3

การใช้เทคโนโลยีควบคุมบรรยากาศด้วย CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุผลิตผลสด

Using of high CO_2 treatment to prolong storage life of fresh fruit

คมจันทร์ สรงจันทร์ ปรางค์ทอง กวานห้อง และศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์

Komchan Songchan Prangthong Khawnhong and Siragran Srithanyarat

คำสำคัญ เทคโนโลยีควบคุมบรรยากาศ คาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตผลสด

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดโดยใช้ high CO_2 shock โดยทดลองในมะม่วงน้ำดอกไม้และลองกอง ทำการทดลองที่อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2554-กันยายน 2558 แบ่งเป็น 4 การทดลอง ได้แก่ 1. การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 2. การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 3. การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง และ 4. การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง การทดลองการใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) กรรมวิธีคือ การให้ CO_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 30%CO_2+5%O_2, 50%CO_2+5%O_2 และ 70%CO_2+5%O_2 เปรียบเทียบกับไม่ให้ CO_2 (ชุดควบคุม) แก่ผลมะม่วงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 21 และ 28 วัน และเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ) จนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูงทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อ และคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างทางสถิติกับผลมะม่วงที่ไม่ได้รับ CO_2 ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีสามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) จะสุกภายใน 4 วัน การทดลองการใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง โดยให้ 70%CO_2+5%O_2 แก่ผลมะม่วงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ แล้วนำผลมะม่วงมาบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติก

ชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD คือ หุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนีลคลอไรด์ (polyvinyl chloride: PVC) บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene: LLDPE) และบรรจุในถุง M-tech 4 (M4) เปรียบเทียบกับการไม่บรรจุฟิล์มพลาสติก (ชุดควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 14 21 และ 28 วัน และเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ) จนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงเก็บรักษาในถุง M4 สามารถชะลอการสุกและลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษามะม่วงในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธี สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงแก่ผลมะม่วงร่วมกับการเก็บรักษาในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธี สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน และใช้ระยะเวลาสุกที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) นาน 4 วัน แต่การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียวยังไม่มีผลชัดเจนในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง การทดลองการใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธีคือ การให้ CO_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 10%CO_2+5%O_2, 30%CO_2+5%O_2 และ 50%CO_2+5%O_2 เปรียบเทียบกับไม่ให้ CO_2 (ชุดควบคุม) แก่ผลลองกองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ แล้วสุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน พบว่า ผลลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลลองกองที่ไม่ได้รับ CO_2 แต่อย่างไรก็ตาม การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงไม่สามารถลดการเกิดเปลือกสีน้ำตาล การหลุดร่วงของผลลองกองได้ และการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงยังทำให้ผลลองกองเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การทดลองการใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง โดยให้ 10%CO_2+$O_2$5% แก่ผลลองกองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ แล้วนำผลลองกองออกมาบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD ได้แก่ หุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง LLDPE และบรรจุในถุง M4 เปรียบเทียบกับการไม่บรรจุฟิล์มพลาสติก (ชุดควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน พบว่า ผลลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มสูงแล้วนำมาเก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลลองกองชุดควบคุม การเก็บรักษาลองกองด้วยฟิล์มพลาสติก สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของลองกองได้เพียงเล็กน้อย โดยมีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่าชุดควบคุม แต่ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงยังไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาลองกองได้ โดยผลลองกองบรรจุในฟิล์มพลาสติกทุกกรรมวิธีมีผลหลุดร่วงเกือบทั้งหมดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา

Abstract

The object of this study was to determine the effect of high CO_2 shock on storage life of mango and longkong. The first experiment, mango fruit were treated with 30%CO_2+5%O_2, 50%CO_2+5%O_2 and 70%CO_2+5%CO_2 compared with non-treated (control) at 13° C for 24 hours. Then fruit were stored at 13° C for 14 21 and 28 days. After that, fruit were transfer to room temperature (25° C) until fruit were ripe. The result showed that mango fruit treated with high CO_2 in all concentration has no different in weight loss, skin color, peel and flesh firmness, total soluble solid, titratable acidity and vitamin C with non-treated fruits. Mango in all treatments can be stored for 14 days at 13° C and ripen naturally after transfer to 25° C for 4 days. Afterward, the effect of high CO_2 and modified atmosphere packaging (MAP) were determined. Mango fruit were treated with 70%CO_2+5%O_2 for 24 hours at 13° C then stored in modified atmosphere packaging: wrapped with polyvinyl chloride (PVC), packed in linear low density polyethylene (LLDPE) bag and M-Tech (M4) bag compared with non-packaging. Then the fruit were stored at 13° C for 7 14 21 and 28 days and transferred to 25° C until fruit were ripe. M4 bag has good result for retard ripening and reduce weight-loss than other treatment. However mango fruit treated with high CO_2 and MAP could be stored for 21 days, high CO_2 treatment only has unclear effect for prolong storage life of mango. Further, effect of high CO_2 on storage life of longkong were determined. Longkong fruit were treated with 10%CO_2+5%O_2, 30%CO_2+5%O_2 and 50%CO_2+5%O_2 compared with non-treated (control) at 13° C for 12 hours then stored at 13°C for 3 6 9 and 12 days. The result shown that longkong treated with high CO_2 all treatment has lower weight-loss than non-treated. However high CO_2 treatment could not reduce skin browning and fruit drop. Longkong treated with higher CO_2 concentration has higher skin browning and longkong fruit in all treatment has no different in chemical quality. The effect of high CO_2 and MAP were also determined. Longkong fruit were treated with 10%CO_2+5%O_2 for 12 hours at 13° C then wrapped with PVC, packed in LLDPE bags and M4 bag compared with non-packaging. The fruit were stored at 13° C for 3 6 9 and 12 days. The result shown that longkong treated with high CO_2 and MAP has lower weight-loss and higher L* value than control. However high CO_2 treatment with MAP could not prolong storage life of longkong, almost longkong fruits in all packaging has drop when stored for 6 days.

บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2558 ประเทศไทยส่งออกผลมะม่วงสดปริมาณ 33,902.66 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,211.09 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกของผลมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี มะม่วงที่มีการส่งออกส่วนใหญ่เป็นมะม่วงที่บริโภคเมื่อผลสุก ตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ ญี่ปุ่น

มาเลเซีย เกาหลีใต้ สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ยุโรป สหรัฐอเมริกา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การส่งออกผลมะม่วงไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศโดยการขนส่งทางอากาศสามารถส่งผลิตผลไปถึงตลาดปลายทางได้รวดเร็ว แต่มีค่าใช้จ่ายสูง ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น สำหรับการขนส่งทางเรือสามารถขนส่งได้เป็นจำนวนมากและมีค่าใช้จ่ายถูกลง แต่ใช้ระยะเวลานาน และการส่งออกมะม่วงทางเรือยังมีข้อจำกัด เนื่องจากผลมะม่วงมีอายุการเก็บรักษาสั้น ปัญหาการเน่าเสียจากโรคแอนแทคโนส และโรคขั้วผลเน่า นอกจากนี้ยังมีปัญหาในเรื่องคุณภาพการสุกไม่ดี ซึ่งวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และวิธีการเก็บรักษา เป็นปัจจัยสำคัญของการยืดอายุมะม่วง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อให้สามารถขนส่ง และวางจำหน่ายได้เป็นระยะเวลานาน

ลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ และภาคตะวันออก ลองกองเป็นผลไม้ที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลผลิตลองกองเกือบทั้งหมดใช้บริโภคภายในประเทศ อย่างไรก็ตามปัจจุบันลองกองเริ่มเป็นที่สนใจของชาวต่างประเทศ โดยมีการส่งออกลองกองทางเครื่องบินไปยังตลาดฮ่องกงและตลาดจีน แต่การพัฒนาการส่งออกลองกองยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร มีการส่งออกไปกับตู้บรรจุผลไม้ชนิดอื่นบ้างในจำนวนน้อยมาก และยังคงประสบปัญหาผลผลเสียหายระหว่างการขนส่งทางเรือในเปอร์เซ็นต์สูง ยังนอกจากนี้ลองกองยังประสบปัญหาอายุการเก็บรักษาจำหน่ายสั้น ลองกองจะเสื่อมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเร็วมาก โดยสีผิวเปลือกเปลี่ยนจากสีเหลืองนวลเป็นสีน้ำตาลไหม้ มีอาการผลเน่าและผลหลุดร่วงจากช่อผล ภายในระยะเวลา 2-3 วัน หลังการเก็บเกี่ยวเท่านั้น ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและคงคุณภาพลองกองที่เหมาะสม

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณ O_2 ต่ำ และ CO_2 โดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) หรือควบคุมสภาพบรรยากาศ (control atmosphere) ช่วยลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน สามารถชะลอการสุก และช่วยคงคุณภาพในการรับประทาน การได้รับ O_2 ความเข้มข้นต่ำและ/หรือ CO_2 ความเข้มข้นสูง ในระยะเวลาสั้น ๆ อาจใช้สำหรับควบคุมอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา โรค หรือแมลงได้ (Kader, 1994) การให้ CO_2 ความเข้มข้น 5-40% เป็นเวลา 1-3 วัน แก่สตรอเบอร์รี่ ตามด้วยการเก็บรักษาในห้องเย็น 0° ซ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ผลสตรอเบอร์รี่ที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูงมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นกว่าผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (Harker *et al*., 2000) การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลาสั้นแก่สาลี่พันธุ์ D'Anjou ช่วยพัฒนาความสามารถในการสุก ขณะที่ผลที่ไม่ได้รับ CO_2 ไม่สามารถสุกได้เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ CO_2 ความเข้มข้นสูงยังช่วยรักษาความกรอบ ลดการสูญเสียกรดมาลิค ชะลอการสร้างเอทธิลีน ชะลอ climacteric rise ของการหายใจ และช่วยรักษาคุณภาพของสาลี่ (Mellenthin and Wang, 1977) การให้ $40\%CO_2 + 5.5\%O_2$ ที่อุณหภูมิ 13°ซ นาน 1 หรือ 3 วัน แก่ผลมะเขือเทศ แล้วเก็บรักษาต่อที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 20° ซ สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศได้นาน 6 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยผลมะเขือเทศมีการพัฒนาสีผล และความแน่นเนื้อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Batu and Thompson, 1998)

การยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงสามารถทำได้โดยเก็บในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มี O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง แต่อย่างไรก็ตามมะม่วงมักจะเกิด CO_2 injury มีการเพิ่มการผลิตเอทธานอล และมีกลิ่นผิดปกติเนื่องจาก

การหายใจแบบไม่ใช้ O_2 (Bender *et al.,* 1994) มาโนชญ์ (2534) ศึกษาผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยเก็บรักษาผลมะม่วงในถุง PP และ PE พบว่าผลมะม่วงเก็บรักษาในถุง PP และ PE ไม่เจาะรู มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเมื่อเก็บรักษานานกว่า 5 วัน และกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติมีความรุนแรงมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ภานุมาศ (2530) ศึกษาการยืดอายุหลังเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยโดยใช้พลาสติกฟิล์มและสภาพความดันต่ำ พบว่าการบรรจุถุง Polypropylene (PP) และสภาพดัดแปลงบรรยากาศ CO_2 5%+O_2 5% ถึงแม้จะชะลอการสุกของผลได้ดี แต่มีกลิ่นหมักเมื่อเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์ นันทพรและคณะ (2547) ศึกษาการเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง พบว่าลองกองที่บรรจุถุงพลาสติกภายใต้สภาวะการดัดแปลงบรรยากาศที่มีอัตราส่วนก๊าซ CO_2: O_2 เท่ากับ 5:5 ควบคู่กับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 18 วัน ส่วนผลลองกองที่บรรจุในถุงพลาสติกภายใต้สภาวะปกติเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีอายุเก็บรักษานาน 15 วัน

การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลาสั้นก่อนการเก็บรักษา น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติของมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง/สภาพควบคุมบรรยากาศ และทดแทนหรือเสริมประสิทธิภาพของการเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ระเบียบวิธีการวิจัย :

1. อุปกรณ์

1. ผลิตผลที่ใช้ทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง และลองกอง
2. ก๊าซผสม 0%CO_2+5%O_2, 30%CO_2+5%O_2, 50%CO_2+5%O_2 และ 70%CO_2+5%O_2 balance ด้วย N_2
3. เครื่องชั่ง
4. เครื่องวัดสี
5. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ
6. เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ
7. เครื่อง digital refractometer
8. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
9. กล่องกระดาษลูกฟูก
10. ฟิล์มยืด polyvinyl chloride (PVC) ถุงพลาสติก low linear polyethylene (LLDPE)

และถุงพลาสติก M4

11. ห้องเย็น

2. วิธีการ

การดำเนินการแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ทำการทดลองได้จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกจังหวัดสระแก้ว โดยคัดเลือกผลมะม่วงที่มีผิวสวย ปราศจากตำหนิ มีน้ำหนักและความแก่ใกล้เคียงกัน นำมาล้างทำความสะอาด แล้วจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55° ซ นาน 5 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิด้วยน้ำจนผลมะม่วงมีอุณหภูมิปกติ ผึ่งให้แห้ง ตัดขั้วผลให้เหลือประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้ววางคว่ำผลในตะกร้าที่มีกระดาษสะอาดรองจนน้ำยางแห้ง จากนั้นนำผลมะม่วงมาบรรจุในกล่องพลาสติกปริมาตร 20 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับปล่อยก๊าซเข้าและออกจำนวน 2 ช่อง จำนวน 15 ผลต่อกล่อง แล้วปล่อยก๊าซผสมเข้าไปในกล่อง วางแผนการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) โดยมีกรรมวิธีเป็นความเข้มข้นของก๊าซ คือ

กรรมวิธีที่ 1 สภาพบรรยากาศปกติ (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 30%CO_2+5%O_2

กรรมวิธีที่ 3 50%CO_2+5%O_2

กรรมวิธีที่ 4 70%CO_2+5%O_2

เมื่อได้ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ตามที่ต้องการแล้วปิดกล่องให้สนิทไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำผลมะม่วงออกมาบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 21 และ 28 วัน ตรวจสอบคุณภาพหลังนำออกจากห้องเย็นและเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก โดยบันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- การสูญเสียน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ตามสมการ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักผลสดในแต่ละครั้ง}}{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น}} \times 100$$

- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ด้วยเครื่องวัดสี (color meter) ในหน่วย hunter scale (L*, a*, b*)

L* = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white)

a* ประกอบด้วย +a = แดง (red) -a = เขียว (green)

b* ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) -b = น้ำเงิน (blue)

- การเกิดอาการผิดปกติที่ผล

- ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ โดยความแน่นเนื้อเปลือกใช้หัวกดรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 ซม. ขนาดแรงกดสำหรับผลดิบ 0.5 นิวตัน ผลสุก 0.1 นิวตัน ความเร็ว 50 มม./นาที กดลงบนผิวมะม่วงลึก 1.0 ซม. สำหรับความแน่นเนื้อของเนื้อ ใช้หัวกดรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ขนาดแรงกดสำหรับผลดิบ 0.5 นิวตัน ผลสุก 0.1 นิวตัน ความเร็ว 50 มม./นาที กดลงบนเนื้อมะม่วงลึก 0.5 ซม.

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) นำน้ำคั้นของเนื้อมะม่วงมาวัดด้วยเครื่อง digital refractometer

- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) นำน้ำคั้นของเนื้อมะม่วงปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาไทเทรตด้วย 0.1 Sodium hydroxide โดยใช้เครื่อง auto titrate

- วิตามินซี นำน้ำคั้นของเนื้อมะม่วงปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาเติมด้วยสารละลายกรดออกซาลิค แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายมีสีชมพู คำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยเทียบกับสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน จากสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)} = \frac{1}{B} \times A \times 100$$

โดยที่ A คือปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

- การเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ

โดยการให้คะแนน 0= ไม่เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ

1= เกิดกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย

2= เกิดกลิ่นผิดปกติปานกลาง

3= เกิดกลิ่นผิดปกติมาก

การทดลองที่ 2 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกจังหวัดสระแก้ว คัดเลือกผลมะม่วงที่มีผิวสวย ปราศจากตำหนิ มีน้ำหนักและความแก่ใกล้เคียงกัน นำมาล้างทำความสะอาด แล้วจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55° ซ นาน 5 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิด้วยน้ำจนผลมะม่วงมีอุณหภูมิปกติ แล้วผึ่งให้แห้ง ตัดขั้วผลให้เหลือประมาณ 2 มิลลิเมตรแล้ววางคว่ำผลในตะกร้าที่มีกระดาษสะอาดรองจนน้ำยางแห้ง จากนั้นนำผลมะม่วงมาใส่ในกล่องสังกะสีปริมาตร 312 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับปล่อยก๊าซเข้าและออก จำนวน 2 ช่อง บรรจุมะม่วงจำนวน 40 ผล แล้วปล่อยก๊าซผสมเข้าไปในกล่อง จนได้ความเข้มข้นที่ต้องการ คือ 70%CO_2+5%O_2 แล้วปิดกล่องไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำผลมะม่วงออกมาบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุถุงพลาสติก

กรรมวิธีที่ 2 หุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนีลคลอไรด์ (polyvinyl chloride: PVC)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene: LLDPE)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในถุง M-tech 4 (M4)

แล้วบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 14 21 และ 28 วัน โดยตรวจสอบคุณภาพหลังนำออกจากห้องเย็น และเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก บันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

ลองกองที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกลองกองในจังหวัดจันทบุรี โดยเก็บเกี่ยวช่อผลลองกองในระยะความแก่ 80% คัดเลือกช่อผลที่สมบูรณ์ มีขนาดช่อใกล้เคียงกัน ปราศจากรอยช้ำ หรือตำหนิจากโรคและแมลง นำมาทำความสะอาดโดยการเป่าด้วยลมอัดแรงดัน จากนั้นนำมาทดลอง โดยใส่ช่อผลลองกองจำนวน 10 ช่อในกล่องพลาสติกขนาด 20 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับให้ก๊าซเข้าและออก จำนวน 2 ช่อง แล้วปล่อยก๊าซผสมเข้าไปภายในกล่อง วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีกรรมวิธีเป็นความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 คือ

กรรมวิธีที่ 1 สภาพบรรยากาศปกติ (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 10%CO_2+5%O_2

กรรมวิธีที่ 3 30%CO_2+5%O_2

กรรมวิธีที่ 4 50%CO_2+5%O_2

เมื่อได้ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ตามที่ต้องการแล้วปิดกล่องให้สนิทไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13°ซ หลังจากนั้นนำช่อผลลองกองออกมาบรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวนตะกร้าละ 1 ช่อ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน โดยบันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- การสูญเสียน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ตามสมการ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักผลสดในแต่ละครั้ง}}{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น}} \times 100$$

- การหลุดร่วงของผลลองกอง บันทึกผลลองกองที่หลุดร่วงเมื่อตรวจสอบคุณภาพในแต่ละครั้ง แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วง ตามสมการ

$$\text{การหลุดร่วง (\%)} = \frac{\text{จำนวนผลที่หลุดร่วง}}{\text{จำนวนผลลองกองทั้งหมดในช่อ}} \times 100$$

- การเกิดผลสีน้ำตาล บันทึกผลลองที่เกิดอาการผลสีน้ำตาลเมื่อตรวจสอบคุณภาพในแต่ละครั้ง แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาล ตามสมการ

$$\text{การเกิดผลสีน้ำตาล (\%)} = \frac{\text{จำนวนผลที่เกิดอาการผลสีน้ำตาล}}{} \times 100$$

จำนวนผลลองกองทั้งหมดในช่อ

- การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก ด้วยเครื่องวัดสี (color meter) ในหน่วย hunter scale (L*, a*, b*)

L* = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white)

a* ประกอบด้วย +a = แดง (red) -a = เขียว (green)

b* ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) -b = น้ำเงิน (blue)

- ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง texture analyzer โดยใช้หัวกดรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 ซม. กดลงบนเนื้อลองกองลึก 0.3 ซม. ขนาดแรงกด 10 นิวตัน ด้วยความเร็ว 50 มม./วินาที

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids: TSS) นำน้ำคั้นของเนื้อลองกองมาวัดด้วยเครื่อง digital refractometer

- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) นำน้ำคั้นของเนื้อลองกองปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาไทเทรตด้วย 0.1 Sodium hydroxide โดยใช้เครื่อง auto titrate

- ปริมาณวิตามินซี นำน้ำคั้นของเนื้อลองกองปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาเติมด้วยสารละลายกรดออกซาลิค แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายมีสีชมพู คำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยเทียบกับสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน จากสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)} = \frac{1}{B} \times A \times 100$$

โดยที่ A คือปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

(มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

การทดลองที่ 4 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

เก็บเกี่ยวช่อผลลองกองในระยะความแก่ 80% จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกลองกองในจังหวัดจันทบุรี คัดเลือกช่อผลที่สมบูรณ์ มีขนาดใกล้เคียงกัน ปราศจากรอยช้ำ หรือตำหนิจากโรคและแมลง นำมาทำความสะอาดช่อผลโดยการเป่าด้วยลมอัดแรงดัน จากนั้นนำช่อผลลองกองมาใส่ในกล่องสังกะสีปริมาตร 312 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับก๊าซเข้าและออก จำนวน 2 ช่อง บรรจุผลลองกองจำนวน 80 ช่อ แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงเข้าไปภายในกล่อง จนได้ความเข้มข้นของก๊าซตามที่ต้องการคือ $CO_2$10%+$O_2$5% จากนั้นปิดกล่องให้สนิทไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13°ซ แล้วนำผลลองกองออกมาบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 สภาพบรรยากาศปกติ (control)

กรรมวิธีที่ 2 หุ้มด้วยฟิล์มยืด polyvinyl chloride (PVC)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงพลาสติก low linear polyethylene (LLDPE)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงพลาสติก M-tech 4 (M4)

หลังจากนั้นนำช่อผลลองกองมาบรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ บรรจุตะกร้าละ 1 ช่อ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน โดยบันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) : ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ : อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองที่ 1 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 12.63% แต่ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 ความเข้มข้น 30 และ 70% สำหรับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 ทุกความเข้มข้นมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน เมื่อนำมะม่วงออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นเวลานานขึ้นมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น และแต่ละกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ยังไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นได้ ผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงยังมีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกับมะม่วงที่ไม่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูง

2. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* ลดลงเล็กน้อย และมีค่า b* เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่า b* ของเปลือกมะม่วงมีค่าเป็นบวก แสดงถึงค่าสีเหลือง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 วัน ค่า L* และค่า b* ของผลมะม่วงทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ผลมะม่วงมีค่า L* และค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 74.40 และ 34.30 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงมีค่า L* และค่า a* เฉลี่ยเป็น 70.45 และ 40.82 ตามลำดับ (Table 2 and 3) และเมื่อนำผลมะม่วงออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25 ° ซ) จนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* และค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีไม่แสดงอาการผิดปกติเนื่องจากได้รับ CO_2 สูง (CO_2 injury) โดยสีผิวของผลมะม่วงยังคงมีสีเหลืองเป็นปกติ ผลมะม่วงเมื่อมีการสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกเป็นสีเหลืองมากขึ้น และมีค่าความสว่างลดลง โดยผลมะม่วงสุกมีค่า b* สูงกว่าผลดิบ ดังนั้นเมื่อผลมะม่วงมีค่า b* เพิ่มขึ้นแสดงว่าผลมีการสุกเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่า ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อนำออกจากห้องเย็นมีค่า L* และค่า b* ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูง ยังไม่มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของผลมะม่วง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Batu และ Thompson (1998) ที่ให้ CO_2 ความเข้มข้น 5 10 20 40 และ 60% เป็นเวลา 1 3 และ 5 วัน แก่มะเขือเทศ

ระยะ mature green พบว่า การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลาสั้น มีผลในการชะลอการสุกของมะเขือเทศ โดยมะเขือเทศมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวจากสีเขียวเป็นสีแดงช้าลง เมื่อความเข้มข้นของ CO_2 และระยะเวลาการให้เพิ่มขึ้น

3. ความแน่นเนื้อ

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 14 และ 21 วัน ความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อของมะม่วงทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเปลือกน้อยที่สุดคือ 3.86 นิวตัน แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีให้ CO_2 ความเข้มข้น 50 และ 70% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วง พบว่า ชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อของเนื้อ 1.85 นิวตัน ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 70% ซึ่งมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.86 นิวตัน ขณะที่มะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 30 และ 50% มีความแน่นเนื้อของเนื้อไม่แตกต่างกันคือ 2.19 และ 2.11 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อนำผลมะม่วงออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ) จนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานานขึ้นมีความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อลดลง แต่อย่างไรก็ตามผลมะม่วงสุกทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4 และ 5) ผลมะม่วงเมื่อเริ่มสุกจะมีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากกระบวนการสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเตรดเป็นโมเลกุลที่เล็กลง และการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ (Prasanna, 2007) จากการทดลอง พบว่า ผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานานมีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากเริ่มมีการสุก แม้ว่าจะมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแต่ผลมะม่วงยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงแก่ผลมะม่วงยังไม่สามารถช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงได้นานขึ้นกว่ามะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นโดยไม่ผ่านการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูง ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากในสตรอเบอรี่ที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้น 5-40% นาน 1-3 วัน แล้วนำออกมาเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 0° ซ โดยพบว่า ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูงขึ้น และระยะเวลานานขึ้น (Harker *et al*., 2000)

4. คุณภาพทางเคมี

เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลมะม่วงหลังนำออกจากห้องเย็น พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซีลดลง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดคือ 15.12 บริกซ์ ส่วนผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 14.33 บริกซ์ และผลมะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุด คือ 0.49% ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 50 และ 70% ซึ่งมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.58 และ 0.54% ตามลำดับ สำหรับปริมาณวิตามินซี ผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 30% มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุดคือ 8.76 มก./100 มล. ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม คือ 11.98 มก./100 มล. สำหรับคุณภาพทางเคมีเมื่อผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานาน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และวิตามินซีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผลมะม่วงเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 28 วัน แล้วนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ)

จนกระทั่งผลสุก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 13.90 บริกซ์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 0.35% และปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย 21.38 มก./100 มล. ตามลำดับ (Table 6-8) ผลมะม่วงเมื่อมีการสุกจะมีการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล มีการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ลดลง (Brecht and Yahia, 2009) จากการทดลอง พบว่า การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงยังไม่ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลมะม่วงระหว่างการสุก โดยผลมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ไม่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูง

5. การเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ

ไม่พบการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติของเนื้อมะม่วงทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ หลังนำออกจากห้องเย็น และเมื่อผลสุก

Table 1 Weigh loss (%) of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	6.89 ab	9.22	12.63 b
30%CO_2+5%O_2	5.88 a	9.74	11.62 ab
50%CO_2+5%O_2	6.69 ab	8.59	11.23 a
70%CO_2+5%O_2	7.36 b	10.08	11.28 ab
CV (%)	11.2	13.2	8.2
		ripe	
control	14.32	16.33 ab	16.33
30%CO2+5%O2	13.90	14.63 a	16.57
50%CO2+5%O2	13.28	15.11 ab	16.39
70%CO2+5%O2	14.60	16.61 b	17.66

CV (%)	11.5	8.3	7.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 2 L* value (lightness) of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	74.90	71.54	69.73
30%CO_2+5%O_2	74.34	72.24	70.53
50%CO_2+5%O_2	73.76	70.73	71.50
70%CO_2+5%O_2	74.58	72.40	70.05
CV (%)	1.6	2.3	2.4
		ripe	
control	70.20	68.61	68.35
30%CO2+5%O2	70.17	69.59	67.39
50%CO2+5%O2	70.37	68.91	68.53
70%CO2+5%O2	68.45	68.31	66.94
CV (%)	2.2	1.8	3.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 3 b* value of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	33.09	39.64	39.75
30%CO_2+5%O_2	33.31	39.22	41.00
50%CO_2+5%O_2	35.89	40.23	41.20
70%CO_2+5%O_2	34.91	40.53	41.31
CV (%)	6.5	5.7	3.9

		ripe	
control	45.10	43.46	40.92 ab
30%CO2+5%O2	45.23	45.07	41.10 ab
50%CO2+5%O2	45.19	42.38	44.03 b
70%CO2+5%O2	45.79	44.32	39.74 a
CV (%)	3.1	5.6	5.6

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 4 Peel firmness (N) of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	22.99	6.67	3.86 b
30%CO_2+5%O_2	22.38	7.28	4.99 a
50%CO_2+5%O_2	18.50	6.76	4.01 ab
70%CO_2+5%O_2	19.95	6.42	4.20 ab
CV (%)	31.4	18.9	15.2
		ripe	
control	5.42	3.70	3.46
30%CO2+5%O2	5.54	4.04	3.34
50%CO2+5%O2	6.17	3.80	3.40
70%CO2+5%O2	5.90	3.89	3.61
CV (%)	14.0	14.2	12.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 5 flesh firmness (N) of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	

control	19.42	3.16	1.85 b
30%CO_2+5%O_2	21.93	3.01	2.19 a
50%CO_2+5%O_2	12.19	2.65	2.11 a
70%CO_2+5%O_2	20.28	2.94	1.86 b
CV (%)	61.3	24.4	7.8
		ripe	
control	1.61	2.04 a	1.61
30%CO_2+5%O_2	1.68	1.94 ab	1.63
50%CO_2+5%O_2	1.68	1.86 ab	1.67
70%CO_2+5%O_2	1.75	1.69 b	1.70
CV (%)	9.8	11.3	9.0

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 6 Total soluble solids (brix) of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	15.22	14.42 ab	15.12 a
30%CO_2+5%O_2	14.64	14.14 ab	14.74 ab
50%CO_2+5%O_2	15.70	14.86 a	14.06 b
70%CO_2+5%O_2	14.80	13.90 b	14.20 b
CV (%)	6.2	4.4	4.2
		ripe	
control	13.82	14.52	13.58
30%CO_2+5%O_2	14.28	13.70	13.98
50%CO_2+5%O_2	14.14	14.66	14.02
70%CO_2+5%O_2	14.78	13.90	14.02
CV (%)	8.5	5.3	6.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 7 Titratable (%) of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	1.63	0.99	0.49 a
30%CO_2+5%O_2	1.60	1.06	0.70 b
50%CO_2+5%O_2	1.45	0.89	0.58 ab
70%CO_2+5%O_2	1.42	0.91	0.54 a
CV (%)	14.0	14.1	16.2
		ripe	
control	0.33	0.31 ab	0.37
30%CO_2+5%O_2	0.31	0.29 ab	0.35
50%CO_2+5%O_2	0.32	0.28 a	0.34
70%CO_2+5%O_2	0.35	0.33 b	0.36
CV (%)	10.8	9.9	8.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 8 Vitamin C (mg/100 ml) of mango treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	23.06	22.58	11.98 a
30%CO_2+5%O_2	22.35	23.10	8.76 a
50%CO_2+5%O_2	30.94	22.97	18.77 b
70%CO_2+5%O_2	29.65	24.52	21.36 b
CV (%)	14.4	11.8	28.4
		ripe	
control	15.38	15.39	20.97
30%CO_2+5%O_2	14.25	14.54	16.97
50%CO_2+5%O_2	12.88	16.73	17.33

70%CO_2+5%O_2	16.50	18.06	23.63
CV (%)	15.2	17.7	31.3

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Figure 1 Mango fruits treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hours and stored at 13°C for 28 days

Figure 2 Mango fruits treated with CO_2 30 50 and 70% for 24 hours and stored at 13°C for 28 days and place at room temperature (25°C) until ripe

การทดลองที่ 2 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยผลมะม่วงบรรจุฟิล์มพลาสติกทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ผลมะม่วงบรรจุในถุงพลาสติก M4 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงบรรจุในถุง LLDPE เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ผลมะม่วงบรรจุถุง M4 LLDPE และหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.13 2.11 และ 5.94% ตามลำดับ ขณะที่ผลมะม่วงไม่บรรจุฟิล์มพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 12.64% (Table 9) การเก็บรักษาผลมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี โดยในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณ O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง ผลิตผลจะมีอัตราการหายใจต่ำ ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง นอกจากนี้ ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ยังช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผล (Zagory and Kader, 1988) อย่างไรก็ตามการใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีผลในการลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วง

2. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

เมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นนานขึ้น ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* (ความสว่าง) ลดลงเล็กน้อย และมีค่า b* เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า b* เป็นบวก แสดงถึงค่าสีเหลือง เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ผลมะม่วงบรรจุถุง M4 มีค่า L* (ความสว่าง) มากที่สุด คือ 75.91 แต่มีค่า b* (สีเหลือง) น้อยที่สุด คือ 39.13 แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าการเก็บมะม่วงในถุง M4 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลมะม่วงได้ เมื่อนำผลมะม่วงมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* ลดลง แต่ไม่แตกต่างกันกันทางสถิติ สำหรับค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก โดยผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 เก็บรักษาในห้องเย็นนาน 28 วัน แล้ววางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง มีค่า b* มากที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 10 และ 11)

3. ความแน่นเนื้อ

เมื่อนำผลมะม่วงออกจากห้องเย็นมาตรวจสอบคุณภาพทันที พบว่า ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน โดยผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเปลือกมากที่สุด ส่วนความแน่นเนื้อของเนื้อผลของมะม่วงทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อ

เปลือกมากที่สุด คือ 4.93 นิวตัน และผลมะม่วงบรรจุถุง LLDPE มีความแน่นเนื้อต่ำสุด คือ 3.23 นิวตัน เมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นเวลานานขึ้นมีความแน่นเนื้อเปลือกเมื่อผลสุกลดลง โดยผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อมากที่สุด (Table 12 และ 13)

4. คุณภาพทางเคมี

เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลมะม่วงหลังนำออกจากห้องเย็น พบว่า ผลมะม่วงเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น แต่มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซีลดลง โดยผลมะม่วงที่บรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่บรรจุในถุง LLDPE และหุ้มฟิล์ม PVC และเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่างจากผลมะม่วงบรรจุในถุง LLDPE ผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุดแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเก็บรักษานาน 21 และ 28 วัน โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 1.71 และ 1.55% ตามลำดับ สำหรับปริมาณวิตามินซีของผลมะม่วง พบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (Table 14-16) เมื่อผลมะม่วงเริ่มสุกจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง (Brecht and Yahia, 2009) จากการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาในถุง M4 สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลมะม่วงได้ โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษานานเท่ากันผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด

Table 9 Weigh loss (%) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
		unripe		
control	3.16 c	5.71 c	9.16 c	12.64 c
Wrap with PVC	1.38 b	2.77 b	4.03 b	5.94 b
LLDPE	0.40 a	0.95 a	2.88 ab	2.11 a
M4	0.33 a	0.55 a	0.96 a	1.13 a
CV (%)	12.4	17.6	40.1	25.9
		ripe		
control	14.45 b	12.91 b	16.38 c	13.25 c
Wrap with PVC	14.28 b	11.43 b	11.78 b	7.20 b
LLDPE	12.50 a	8.19 a	9.55 a	3.62 a

M4	12.12 a	7.77 a	8.47 a	7.60 b
CV (%)	6.5	15.6	9.0	7.7

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 10 L* value (lightness) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
		unripe		
control	77.58 a	77.48	73.93 a	71.79 a
Wrap with PVC	78.99 ab	76.93	74.72 a	72.71 a
LLDPE	78.28 ab	77.32	74.15 a	73.00 a
M4	79.16 b	78.30	76.48 b	75.91 b
CV (%)	1.5	2.0	1.5	2.2
		ripe		
control	70.88	72.43 ab	71.14	69.98
Wrap with PVC	70.38	71.65 a	71.35	71.63
LLDPE	71.13	72.08 ab	70.31	71.32

M4	71.44	73.09 b	65.75	71.32
CV (%)	2.2	1.5	9.1	2.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 11 b* value (yellowness) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
		unripe		
control	36.70	41.45	42.00	41.93 b
Wrap with PVC	35.55	37.88	42.95	41.94 b
LLDPE	36.26	39.50	42.98	43.29 b
M4	36.21	36.63	39.48	39.13 a
CV (%)	6.4	17.9	6.6	4.7
		ripe		
control	44.34	40.89	45.78	42.29 a
Wrap with PVC	45.92	45.81	46.64	44.38 a
LLDPE	45.73	46.06	47.46	42.62 a
M4	46.43	43.88	44.45	46.87 b
CV (%)	5.1	11.1	5.2	4.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 12 Peel firmness (N) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
		unripe		
control	32.81 a	8.39	9.57	4.93 a
Wrap with PVC	30.48 b	8.03	6.26	3.35 c

LLDPE	30.03 b	9.12	5.01	3.23 c
M4	29.75 b	9.70	8.58	4.13 b
CV (%)	5.9	18.7	42.4	13.5
		ripe		
control	8.39	10.92 a	4.93 a	4.34 a
Wrap with PVC	8.03	5.71 b	3.35 c	3.40 b
LLDPE	9.12	6.10 b	3.23 c	2.94 b
M4	9.70	9.81 a	4.13 a	3.50 b
CV (%)	18.7	27.5	13.5	12.8

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 13 Flesh firmness (N) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
		unrip		
control	60.93	2.14	4.97	2.04
Wrap with PVC	53.69	2.11	3.15	1.95
LLDPE	54.12	2.23	2.45	1.98
M4	57.56	2.26	3.61	1.83
CV (%)	16.9	12.0	59.1	9.9
		ripe		
control	2.14	2.39 a	2.04	2.44 a
Wrap with PVC	2.11	1.71 bc	1.95	2.16 b
LLDPE	2.32	2.06 ab	1.98	1.94 b
M4	2.63	1.50 c	1.83	1.88 b
CV (%)	12.0	17.9	9.9	10.9

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 14 Total soluble solids (brix) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)

	7	14	21	28
			unripe	
control	10.93 a	13.92	15.08 a	15.50 a
Wrap with PVC	10.45 a	11.36	14.33 ab	14.77 a
LLDPE	10.62 a	13.33	14.35 ab	13.65 b
M4	9.28 b	11.88	13.58 b	13.65 b
CV (%)	5.7	20.7	5.1	5.8
			ripe	
control	15.35	15.32 a	16.07 a	15.68 a
Wrap with PVC	15.15	14.65 ab	14.12 b	14.57 b
LLDPE	14.48	13.80 b	13.97 b	13.63 b
M4	14.92	14.70 ab	13.98 b	13.78 b
CV (%)	8.0	6.2	7.2	6.0

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 15 Titratable acidity (%) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
			unripe	
control	2.32	1.77	1.03 a	0.51 a
Wrap with PVC	2.03	1.57	1.13 a	0.58 a
LLDPE	2.55	1.54	0.78 a	0.53 a
M4	2.33	1.84	1.71 b	1.55 b
CV (%)	28.4	20.2	26.6	19.0
			ripe	
control	0.27	0.42 b	0.30 a	0.43 a
Wrap with PVC	0.26	0.33 a	0.30 a	0.50 ab
LLDPE	0.25	0.38 a	0.29 a	0.40 a
M4	0.30	0.49 b	0.50 b	0.57 b
CV (%)	15.2	13.0	15.2	23.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 16 Vitamin C (mg/100 ml) of mango treated with CO_2 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
			unripe	
control	35.00 b	27.94	21.07 a	23.51 c
Wrap with PVC	28.43 a	23.99	25.52 b	19.74 b
LLDPE	29.02 a	23.12	20.97 a	16.47 a
M4	27.94 a	23.22	28.51 b	20.73 b
CV (%)	7.8	9.7	14.9	8.8
			ripe	
control	14.84	11.58 a	12.55 a	18.78 c
Wrap with PVC	16.09	13.97 ab	12.17 a	15.96 b
LLDPE	14.45	14.67 b	15.52 b	15.97 b
M4	15.80	14.57 b	12.60 a	11.84 a
CV (%)	9.8	16.2	14.8	12.3

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Figure 3 Mango fruits treated with CO_2 70% for 24 hours and packed in plastic packaging stored

at 13°C for 28 days

Figure 4 Mango fruits treated with CO_2 70% for 24 hours and packed in plastic packaging stored at 13°C for 28 days and place at room temperature (25°C) until ripe

การทดลองที่ 3 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลลองกองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 และ 6 วัน ผลลองกองแต่ละกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.68 และ 2.73% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 9 และ 12 วัน ผลลองกองชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงสุดเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน เท่ากับ 6.50% ขณะที่ลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 17) ผลลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้น 10 30 และ 50% มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูงในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลลองกอง จึงทำให้มีการคายน้ำลดลง ซึ่งการลดปริมาณ O_2 และเพิ่มปริมาณ CO_2 ในบรรยากาศสามารถลดอัตราการหายใจของผลิตผล ทำให้การปลดปล่อยความร้อนจากการหายใจลดลง ผลิตผลจึงคายน้ำน้อยลง (จริงแท้ และธีรนุต, 2543)

2. การหลุดร่วง

ผลลองกองมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีเริ่มมีการหลุดร่วงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยผลลองกองที่ได้รับ CO_2 50% มีการหลุดร่วงมากกว่ากรรมวิธีอื่น คือ 18.22% ส่วนผลลองกองที่ได้ CO_2 30% 50% และชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วง 2.42 5.93 และ 7.72% ตามลำดับ และผลลองกองมีการหลุดร่วงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนผลร่วงหมดทั้งช่อเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน (Table 18) การหลุดร่วงของผลลองกองที่พบ เกิดขึ้นบริเวณจุกกับก้านช่อผล ซึ่งสาเหตุของการหลุดร่วงในบริเวณนี้มีก๊าซเอทิลีนเป็นตัวกระตุ้นทำให้เซลล์บริเวณนี้อ่อนแอ และหลุดร่วงจากช่อได้โดยไม่ต้องมีแรงจากภายนอกมากระทำ ซึ่งระหว่างการเก็บรักษาอาจเกิดการสะสมของก๊าซเอทิลีนที่ผลลองกองสร้างขึ้นมาเอง จึงไปกระตุ้นให้เกิดการหลุดร่วงของผล (Taesakula *et al*, 2012) การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงไม่มีผลในการยับยั้งการสร้างเอทิลีนของผลลองกอง ดังนั้น จึงยังไม่สามารถช่วยลดการหลุดร่วงของผลลองกองได้

3. การเกิดเปลือกสีน้ำตาล

ผลลองกองที่ผ่านการให้ CO_2 มีการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลเกิดขึ้น โดยผิวเปลือกของลองกองมีสีคล้ำลง ความรุนแรงของอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ CO_2 และระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลลองกองที่ผ่านการให้ CO_2 50% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลสูงสุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ผลลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้น 10 30 และ 50% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาล 5.84 16.73 และ 13.85% ตามลำดับ สำหรับผลลองกองชุดควบคุมไม่พบการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาล

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Table 19) การได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูง ทำให้ผลลองกองเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาล เนื่องจากเกิดความเสียหายจาก CO_2 (CO_2 injury) โดยในสภาวะที่มี CO_2 สูงและ O_2 ต่ำเกินไป ทำให้ผลิตผลเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 เกิดการสะสมของเอทานอลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่เนื้อเยื่อได้ Sangkasnaya และ Meenune (2009) ศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลองกองที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่าง ๆ พบว่า สภาพบรรยากาศการเก็บรักษาที่มีความเข้มข้นของ CO_2 มากกว่า 50% ผลลองกองมีการสะสมของเอทานอลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ผลลองกองได้รับความเสียหายจาก CO_2 โดยเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ

4. การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกลองกอง พบว่า ลองกองมีสีผิวคล้ำลง โดยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองมีค่า L* (ค่าความสว่าง) ลดลงเล็กน้อย ผลลองกองมีค่า b* เป็นบวก แสดงว่ามีผิวสีเหลือง โดยค่า b* มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีมีค่า L* และ b* ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองมีค่า L* และค่า b* เฉลี่ย 61.30 และ 33.31 ตามลำดับ (Table 20 and 21)

5. ความแน่นเนื้อ

ลองกองทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อลดลงเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ระยะเวลาเก็บรักษานาน 3-9 วัน ลองกองทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้น 50% มีความแน่นเนื้อต่ำสุด คือ 0.31 นิวตัน ขณะที่ลองกองชุดควบคุม ลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้น 10 และ 30% มีค่าความแน่นเนื้อ 0.37 0.38 และ 0.34 นิวตัน ตามลำดับ (Table 22)

6. คุณภาพทางเคมี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 วัน (Table 23 and 24) สำหรับปริมาณวิตามินซี พบในปริมาณเล็กน้อย (Table 25)

Table 17 Weigh loss (%) of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	1.72	2.76	4.32 b	6.50 b
10%CO_2+5%O_2	1.65	2.57	3.95 ab	4.56 a
30%CO_2+5%O_2	1.74	2.78	3.70 a	4.88 a
50%CO_2+5%O_2	1.64	2.80	3.66 a	4.46 a
CV (%)	10.5	15.9	7.1	9.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 18 Fruit drop (%) of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	2.42	61.90	95.38
10%CO_2+5%O_2	0.00	5.93	38.24	100.00
30%CO_2+5%O_2	0.00	7.72	65.33	100.00
50%CO_2+5%O_2	0.51	18.22	99.02	100.00
CV (%)	-	-	-	-

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 19 Browning (%) of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	0.00	0.00	0.00
10%CO_2+5%O_2	0.54 a	0.53 a	0.63 a	5.84
30%CO_2+5%O_2	2.63 a	4.60 a	7.00 a	16.73
50%CO_2+5%O_2	12.78 b	25.45 b	33.29 b	13.85
CV (%)	113.9	73.2	131.4	99.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 20 L* value (lightness) of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	61.32 a	61.58	61.86	61.70
10%CO_2+5%O_2	62.61 ab	59.35	63.00	61.67
30%CO_2+5%O_2	63.80 a	62.28	57.54	61.50

50%CO_2+5%O_2	61.56 ab	60.85	60.53	60.34
CV (%)	2.7	3.1	11.3	4.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 21 b* value (yellowness) of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	32.62 a	32.88	33.56	34.02
10%CO_2+5%O_2	32.98 a	32.93	33.72	34.11
30%CO_2+5%O_2	34.20 b	33.69	34.46	32.32
50%CO_2+5%O_2	33.56 ab	33.12	33.59	32.78
CV (%)	2.5	3.2	2.5	4.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 22 Flesh firmness of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.38	0.36	0.32	0.37 bc
10%CO_2+5%O_2	0.40	0.37	0.31	0.38 c
30%CO_2+5%O_2	0.38	0.36	0.26	0.34 ab
50%CO_2+5%O_2	0.39	0.40	0.30	0.31 a
CV (%)	6.3	7.9	10.2	8.0

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 23 Total soluble solids (brix) of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	18.76	17.84	17.68	18.18
10%CO_2+5%O_2	18.46	16.54	17.66	16.40
30%CO_2+5%O_2	17.64	16.86	17.00	17.62
50%CO_2+5%O_2	18.38	17.50	17.50	18.20
CV (%)	4.6	7.3	6.1	7.9

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 24 Titratable acidity of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	1.17	1.06	1.23	1.12
10%CO_2+5%O_2	1.22	1.06	1.23	1.08
30%CO_2+5%O_2	1.12	1.10	1.09	1.04
50%CO_2+5%O_2	1.23	1.12	1.23	1.12
CV (%)	9.9	12.5	10.3	10.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 25 Vitamin C of longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.70 ab	0.73	0.46	0.52
10%CO_2+5%O_2	0.46 a	0.68	0.46	0.46
30%CO_2+5%O_2	0.75 b	0.62	0.64	0.41
50%CO_2+5%O_2	0.58 ab	0.62	0.52	0.41

CV (%)	27.5	26.7	27.8	40.8

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

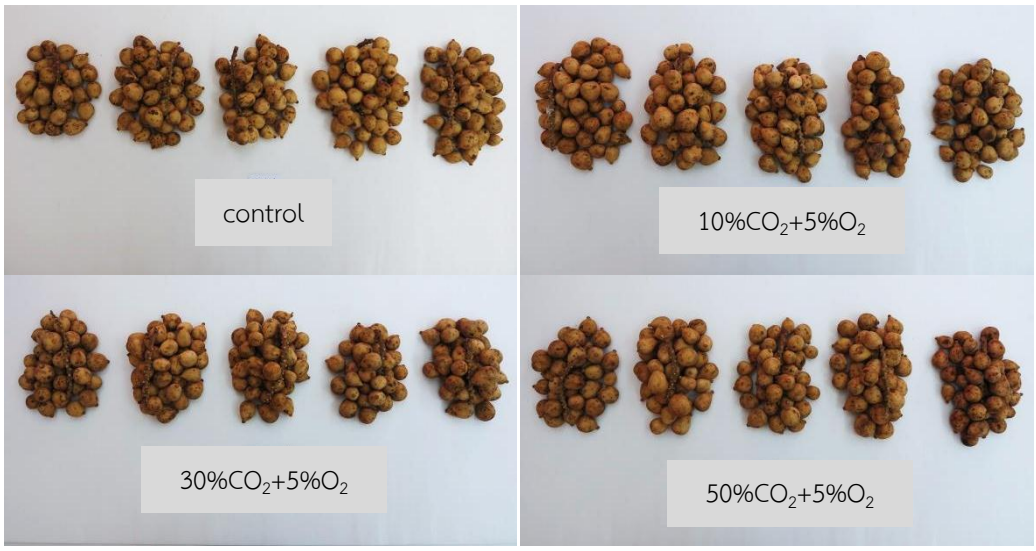


Figure 5 Longkong treated with CO_2 10 30 and 50% for 12 hours and storage at 13°C for 12 days

การทดลองที่ 4 การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ลองกองชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ลองกองบรรจุในถุงในพลาสติกทั้งสามชนิดมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยลองกองบรรจุในถุง PE มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากถุง M4 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ผลลองกองชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 5.15% และผลลองกองบรรจุในถุง PE มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.34% (Table 26) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ เนื่องจากในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณ O_2 ต่ำลง และ CO_2 เพิ่มขึ้น ช่วยลดอัตราการหายใจของผลิตผล และชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอื่นๆ ทำให้ผลิตผลคายน้ำลดลง (จริงแท้และธีรนุต, 2543) นอกจากนี้การเก็บรักษาโดยใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ยังช่วยลดการระเหยของน้ำจากผลิตผล (Zagory and Kader, 1988)

2. การหลุดร่วง

ผลลองกองมีการหลุดร่วงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังเก็บรักษานาน 3 วัน โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาผลลองกองที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติกทั้ง 3 ชนิด มีการหลุดร่วงเกือบหมดทั้งช่อ ส่วนผลลองกองชุดควบคุมมีการหลุดร่วงน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีการหลุดร่วง

จากช่อผลทั้งหมด (Table 27) การหลุดร่วงของผลลองกอง พบว่าเกิดขึ้นบริเวณจุกกับช่อผล ซึ่งการหลุดร่วงของผลลองกองในลักษณะนี้เกิดจากก๊าซเอทิลีนเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการหลุดร่วง (ประพิณพร, 2554) การบรรจุผลลองกองในบรรจุภัณฑ์ปิด เช่น การบรรจุในถุงพลาสติก ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซเอทิลีนขึ้นภายใน จึงทำให้ผลลองกองหลุดร่วงจากช่อเพิ่มขึ้น และการใช้ CO_2 ความเข้มข้น 10% นาน 12 ชั่วโมง ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ยังไม่สามารถช่วยชะลอการหลุดร่วงของผลลองกองได้

3. การเกิดเปลือกสีน้ำตาล

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีแสดงอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3-9 วัน ผลลองกองแต่ละกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ผลลองกองบรรจุในถุง PE มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกสีน้ำตาลน้อยที่สุด คือ 1.82% ไม่แตกต่างกับผลลองกองบรรจุในถุง M4 ส่วนผลลองกองหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกสีน้ำตาลสูงสุด เท่ากับ 17.30% (Table 28) การเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลของลองกอง เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine (PAL) และ polyphenol oxidase (PPO) โดยระหว่างการเกิดสีน้ำตาลของผลลองกองมีปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ PPO เพิ่มขึ้น (อินทิรา, 2552)

4. การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกลองกอง พบว่า ลองกองมีสีคล้ำลง โดยค่า L* (ค่าความสว่าง) ของผิวเปลือกของลองกองทุกกรรมวิธีลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3-6 วัน ลองกองแต่ละกรรมวิธีมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 61.22-63.81 เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองบรรจุถุง LDPE มีค่าความสว่างสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับลองกองที่บรรจุในถุง M4 โดยมีค่าความสว่างเฉลี่ย 62.09 และ 60.09 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีค่าความสว่างน้อยที่สุด คือ 57.66 ไม่แตกต่างทางสถิติกับลองกองหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (Table 29) สำหรับค่า b* ของลองกองมีค่าเป็นบวก แสดงว่าผิวลองกองมีสีเหลือง ค่า b* ของผิวเปลือกลองกองมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเช่นเดียวกับค่าความสว่าง แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองชุดความคุมมีค่า b* ต่ำที่สุด คือ 31.60 ส่วนลองกองที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง PE และบรรจุในถุง M4 มีค่า b* เท่ากับ 32.23 33.29 และ 33.03 ตามลำดับ (Table 30) การเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มพลาสติก สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของลองกองได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน ซึ่งจากการทดลองในเงาะโรงเรียนของ Boonyaritthongchai and Kanlayanarat (2003) โดยให้ CO_2 ความเข้มข้น 20 และ 40% แก่เงาะโรงเรียน เป็นเวลา 30-120 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาในถุง PE ความหนา 40 ไมครอน ที่อุณภูมิ 13° ซ พบว่า สภาพบรรยากาศดัดแปลงช่วยลดการเกิดเปลือกสีน้ำตาล โดยผลเงาะมีค่า L* สูงกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงมีผลเพียงเล็กน้อยในการช่วยลดการเปิดของปากใบ

5. ความแน่นเนื้อ

เมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน ผลลองกองชุดควบคุม ลองกองที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง PE และบรรจุในถุง M4 มีค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลเฉลี่ย 0.26 0.31 0.33 และ 0.26 นิวตัน ตามลำดับ ความแน่นเนื้อของเนื้อ

ผลค่อย ๆ ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ความแน่นเนื้อของเนื้อผลลองลองหุ้มด้วย PVC มีค่าความแน่นเนื้อต่ำสุด คือ 0.13 นิวตัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับลองกองที่บรรจุในถุง M4 และถุง PE ซึ่งมีความแน่นเนื้อ 0.15 และ 0.16 นิวตัน ตามลำดับ ขณะที่ผลลองกองชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อสูงสุด 0.19 นิวตัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลลองกองบรรจุถุง M4 และถุง PE (Table 31) ผลลองกองมีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากผลลองกองมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เกิดการหายใจและคายน้ำ จึงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทำให้ความเต่งของเซลล์ลดลง

6. คุณภาพทางเคมี

ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน ผลลองกองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดเล็กเล็กน้อย สำหรับวิตามินมีในปริมาณไม่มาก และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และวิตามินซีของลองกองแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ลองกองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 17.10 บริกซ์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.84% และปริมาณวิตามินซี 0.69 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (Table 32-34)

Table 26 Weigh loss of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	2.12 c	3.30 c	5.11 b	5.15 c
wrap with PVC	0.72 b	0.93 b	1.24 a	1.72 b
LLPE	0.27 a	0.37 a	0.34 a	0.34 a
M4	0.31 a	0.35 a	0.37 a	1.28 ab
CV (%)	14.2	19.5	39.0	38.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 27 Fruit drop (%) of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	34.48	67.90	97.10
wrap with PVC	0.53	92.48	100.00	100.00
LLPE	0.00	94.50	100.00	100.00

M4	8.11	95.69	99.00	100.00
CV (%)	-	-	-	-

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 28 Browning (%) of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	0.00	4.21	13.41 b
wrap with PVC	0.00	0.61	12.36	17.30 b
LLPE	0.84	4.56	17.81	1.82 a
M4	4.43	0.95	14.75	8.82 ab
CV (%)	-	249.8	115.2	69.7

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 29 L* value (lightness) of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	62.64	62.58	62.47	57.66 b
wrap with PVC	63.44	63.15	61.24	59.31 b
LLPE	62.34	63.81	55.54	62.61 a
M4	62.22	62.36	62.21	60.09 ab
CV (%)	3.2	3.4	3.3	3.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 30 b* value (yellowness) of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	33.54	33.52	32.80	31.60
wrap with PVC	34.04	33.26	32.80	32.23
LLPE	32.32	33.16	32.58	33.29
M4	33.46	32.55	32.75	33.03
CV (%)	4.0	3.5	3.5	4.5

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 31 Flesh firmness (N) of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.26 a	0.25	0.23	0.19 b
wrap with PVC	0.31 ab	0.21	0.18	0.13 a
LLPE	0.33 b	0.22	0.19	0.16 ab
M4	0.26 a	0.24	0.18	0.15 ab
CV (%)	12.8	18.4	22.6	19.5

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 32 Total soluble solids (brix) of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13^{o}C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	16.48	15.94	17.02	17.28
wrap with PVC	16.70	16.52	16.26	16.36
LLPE	16.98	16.50	17.08	17.60
M4	15.20	16.14	16.08	17.34
CV (%)	7.4	11.4	9.5	7.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 33 Titratable acidity (%) of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.79	0.89	0.92	0.85
wrap with PVC	0.78	0.83	0.82	0.80
LLPE	0.95	0.85	0.81	0.87
M4	0.72	0.80	0.78	0.83
CV (%)	18.5	9.4	19.8	9.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 34 Vitamin C (mg/100 ml) CO_2 of longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.78	0.82	0.71	0.70
wrap with PVC	0.72	0.64	0.71	0.64
LLPE	0.66	0.82	0.76	0.58
M4	0.72	0.70	0.76	0.81
CV (%)	30.0	23.7	21.6	27.7

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

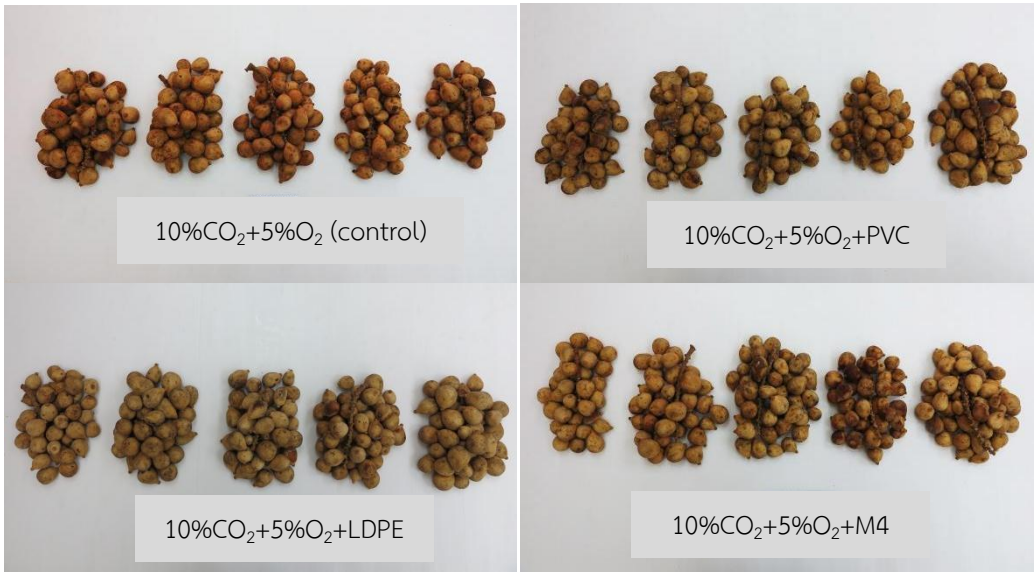


Figure 6 Longkong treated with CO_2 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงก่อนการเก็บรักษาผลมะม่วง ยังไม่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ ผลมะม่วงที่ได้รับ และไม่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูงก่อนการเก็บรักษา มีคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีไม่แตกต่างกัน

2. ผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO_2 ความเข้มข้น 30 50 และ 70% นาน 24 ชั่วโมง และผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการให้ CO_2 สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และผลมะม่วงสามารถสุกได้เมื่อวางที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) นาน 4 วัน การเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ผลมะม่วงจะแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส และโรคขั้วผลเน่าเมื่อผลสุก ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงแก่ผลมะม่วงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน และผลมะม่วงสุกได้เมื่อวางที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) นาน 4 วัน ซึ่งเป็นผลจากการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง แต่การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีผลชัดเจนในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง

4. ลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูง เกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากกว่าลองกองที่ไม่ได้รับ CO_2 โดยความรุนแรงของอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ CO_2 เพิ่มขึ้น

5. การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงแก่ผลลองกองร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง พบว่าการเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงทำให้ผลลองกองเกิดการหลุดร่วงมากกว่าผลลองกองที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ และ CO_2 ความเข้มข้นสูงยังไม่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลลองกองได้

1. เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2543. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์

ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 89 หน้า.

นันทพร สุขกระจ่าง มุทิตา มีนุ่น และสุกัญญา จันทะชุม. 2547. คุณภาพและการเปลี่ยนแปลงของลองกองระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาพดัดแปลงบรรยากาศ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4. 4-7 พฤษภาคม 2547. โรงแรมเจบีหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

ภานุมาศ อัสดร. 2530. การยืดอายุหลังเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย (*Mangigera indica L*. cv. Keaw Sawoey) โดยใช้พลาสติกฟิล์มและสภาพความดันต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาโนชญ์ กูลพฤกษี. 2534. ผลกระทบของสถาพบรรยากาศที่ดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำมีมีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วง (*Mangifera indica L*.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการส่งออกมะม่วงสด. สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php (2 พฤษภาคม 2559)

Batu, A. and Thompson, A.K. 1998. Effects of short term high carbon dioxide treatment on tomato ripening. *J. Agric. For*. 22: 405-410.

Bender, R.J., J.K. Brecht and C.A. Campbell. 1994. Responses of 'Kent and Tommy Atkins' mangoes to reduced O_2 and elevated CO_2. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 107: 274-277.

Boonyaritthongchai, P. and S. Kanlayanarat. 2003. Modified atmosphere and carbon dioxide shock treatment for prolonging storage life of 'Rong –rien' rambutan fruits. Acta hort. 600:

Brecht, J.K. and E.M. Yahia. 2009. The mango, 2nd edition: botany, production and uses. CAB International.

Buta A. and A.K. Thompson. 1998. Effect of short term high carbon dioxide treatment on tomato ripening. Tr. J. of Agri. and fore. 22: 405-410.

Harker, F.R., Elgar, H.J., Watkins, C.B., Jackson, P.J. and Hallet, I.C. 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Post.Bio. and Technol*.19: 139-146.

Kader, A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. In Champ, B.R. et al (editors). Postharvest handling of tropical fruits: proceeding of an international conference held at Chiang Mai Thailand, 19-23 July 1993.

Mellenthin, W.M. and C.Y. Wang. 1977. Storage response of D'Anjou pears folling short-term high carbon dioxide treatment. *Acta Hortic.* 69: 323-326

Prasanna, V., T.N. Prabha and R.N. Thattanatha. 2007. Fruit ripening phenomena – an overview. *Food Sci. and Nutri.* 47(1): 1-19.

Sangkasanya, S. and M. Meenune. 2009. Physical, chemical and sensory quality of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) as affected by storage at different atmosphere. *As.J. Food Ag-Ind*. 3(1): 64-74.

Taesakula, P., N. Pradisthakarna, S. Chantaksinopasb and J. Siriphanich. 2012. Longkong fruit abscission and its control. *Post.Bio and Technol.* 64: 91–93.

Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol*. 42(9): 70-74 & 76-77.

กิจกรรมงานวิจัย 4

การใช้ 1-Methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

1-MCP Application for Extend Shelf Life of Fresh Produce

ปรางค์ทอง กวานห้อง ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ และคมจันทร์ สรงจันทร์

Prangthong Khawnhong, Siragran Srithanyarat and Komchan Songchan

คำสำคัญ 1-MCP มะม่วง การยืดอายุการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์

บทคัดย่อ

1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการชะลอการสุกของผลไม้หลายชนิดและช่วยให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบการใช้สาร 1-MCP เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ระหว่างเดือนกันยายน 2554 - เดือนตุลาคม 2558 โดยนำผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ความแก่ประมาณ 80% (อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วันหลังดอกบาน) มาผ่านคัดเลือกให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย จากนั้น ล้างทำความสะอาดก่อนแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น 250 $\mu l \cdot L^{-1}$ 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 $\mu l \cdot L^{-1}$ 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 $\mu l \cdot L^{-1}$) รมเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์บางชนิด คือ 1) ห่อผลด้วยโฟมตาข่าย 2) หุ้มผลด้วยฟิล์มยืดพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่าย และ 3) บรรจุมะม่วงที่หุ้มโฟมตาข่ายในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ที่เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร จำนวน 40 รู ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และในการทดทดลองสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบผลของ 1-MCP ต่ออายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงในระดับกึ่งพาณิชย์ โดยนำผลมะม่วงรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.5 $\mu l \cdot L^{-1}$ เป็นวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผลที่ไม่รมสาร จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทำการเช็คคุณภาพผลทุกสัปดาห์และตรวจสอบการสุกของผลมะม่วงด้วยการเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจนผลสุก

ผลการทดลองพบว่า การรมผลมะม่วงด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มในการช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงให้ช้าลงกว่าผลที่ไม่รมสารเฉลี่ยนาน 3 วัน หลังการเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยผลมะม่วงที่

รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 หรือ 2.0 µl·L^{-1} นาน 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์บางชนิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วง โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการนิ่มและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยให้ผลมะม่วงสุกช้ากว่าการไม่รมสาร ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นโดยมะม่วงยังคงสุกได้ตามปกติ การรมมะม่วงด้วย 1-MCP 2.0 µl·L^{-1} ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่ายช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้ดีกว่าความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเก็บได้นานสูงสุดถึง 34 วัน ขณะที่มะม่วงที่ไม่รมสารและห่อด้วยโฟมตาข่ายเก็บรักษาได้นานเพียง 26 วัน และเมื่อใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุมะม่วงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 37 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ และในการทดสอบการใช้สารรม 1-MCP ในระดับการใช้งานกึ่งพาณิชย์ พบว่า สาร 1-MCP มีแนวโน้มที่ดีในการช่วยรักษาคุณภาพ ชะลอการสุก และยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ได้นานขึ้นกว่าการไม่ใช้สาร

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 µl·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 µl·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 µl·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 µl·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 µl·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 µl·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.

บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและหลายประเทศ โดยเป็นที่นิยมทั้งในการบริโภคสดและแปรรูป มะม่วงเป็นผลิตผลส่งออกที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย 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 nl·L^{-1} จนถึง 1 µl·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) กล้วย (Zhang *et al.,* 2006; Zhu *et al*., 2015) มะละกอ (Ahmad *et al*., 2013) และสาลี่ (Argenta *et al*., 2003) สำหรับงานวิจัยผลของการใช้ 1-MCP ในมะม่วงเพื่อชะลอการสุก การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษา และการชะลอการเกิดโรค ได้เคยมีการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ การใช้สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 µl·L^{-1} รมผลมะม่วงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส ได้ดีที่สุด (จารุวัฒน์และศิริชัย, 2545) การรมผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 µl·L^{-1} เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่ 25 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการสุกของผลได้นานถึง 9 วัน โดยที่มะม่วงยังสามารถสุกได้ตามปกติ (กันยาและคณะ, 2549) การรมผลมะม่วงพันธุ์เขียวมรกตด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 µl·L^{-1} นาน 12 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อและการนิ่มของผลมะม่วง ชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ กรดซิตริก และวิตามินซี และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลฟรักโทสได้ดีที่สุด (ยงยุทธและดนัย, 2550) การรมด้วยสาร 1-MCP มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% โดยการชะลอการเปลี่ยนแปลงของ สีผล ความนิ่มของผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ซึ่ง 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 µl·L^{-1} ช่วยให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดถึง 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 µl·L^{-1} เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการสุกได้นานขึ้นกว่าผลที่ไม่ได้รมสารถึง 37% (Hofman *et al*., 2001)

นอกจากนี้ การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาผลมะม่วงให้ยาวนานขึ้นได้ โดยมีรายงานจากการ

วิจัยประสิทธิภาพของการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในพืชหลายชนิด เช่น กล้วย (Jiang *et al*., 1999) มะม่วงพันธุ์ Zihua (Jiang and Joyce, 2000) อย่างไรก็ตาม ในการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับแต่งสภาพบรรยากาศจะต้องมีการคำนึงถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ สภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษา รวมถึงกลิ่นและรสชาติผิดปกติซึ่งเกิดขึ้นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วย (Petracek *et al.,* 2002)

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

ระเบียบวิธีการวิจัย

1) ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาของสาร 1-MCP ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

1.1 ทำการทดลองแบบ 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 $\mu l \cdot L^{-1}$ ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการรม 3 ระดับ คือ 3 6 และ 12 ชั่วโมง รวมเป็น 12 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan‘s new multiple range test (DMRT)

1.2 เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองความแก่ประมาณ 80% (อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วันหลังดอกบาน) จากแปลงเกษตรกร GAP ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ทำการตัดก้านผลให้มีความยาวเหลือประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร แล้วคัดเลือกผลมะม่วงให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย (เลือกผลที่ลอยในน้ำเกลือเข้มข้น 1% แต่จมน้ำ) จากนั้นล้างในน้ำสะอาดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02% เพื่อชะล้างสิ่งสกปรก ก่อนนำผลมะม่วงแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

นาน 5 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น 250 µl·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 โดยนำผลออกจากห้องเย็นทุกสัปดาห์แล้วเก็บรักษาต่อจนผลสุกที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เช็คการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ 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 µl·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 µl·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 เช็คการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทานหลังออกจากห้องเย็น และกลุ่มที่ 2 นำไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เพื่อเช็คการสุก

3) ผลของ 1-MCP ต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ในระดับกึ่งพาณิชย์

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 µl·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 µl·L^{-1} นาน 3 นาที เพื่อควบคุมโรคจากเชื้อรา แล้วผึ่งจนแห้ง

3.3 นำผลมะม่วงไปรมด้วยสาร 1-MCP ในชั้นขนาดประมาณ 1.5 ลูกบาศก์เมตร ที่หุ้มปิดด้วยพลาสติกโดยรอบตามกรรมวิธี เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการรมสาร 1-MCP สำหรับการใช้งานในระดับกึ่งพาณิชย์ (ภาพที่ 1) จากนั้นบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก กล่องละ 15 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% นาน 4 สัปดาห์ นำผลมะม่วงออกจากห้องเย็นทุกสัปดาห์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เช็คการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทานหลังออกจากห้องเย็น และกลุ่มที่ 2 นำไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เพื่อเช็คการสุก

ภาพที่ 1 ชั้นขนาดประมาณ 1.5 ลูกบาศก์เมตร ที่หุ้มปิดด้วยแผ่นพลาสติกโดยรอบสำหรับรมผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองด้วยสาร 1-MCP 1.5 µl·L^{-1} นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

4) การบันทึกผล

บันทึกผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพการรับประทาน ได้แก่

4.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss; %)

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

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-ด่างเท่ากับ 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) และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) ของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง

ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ความหนา (มม.)	ค่า OTR ($cc/m^2/day$) ที่ 23°C 0% RH	ค่า WVTR ($g/m^2/day$) 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

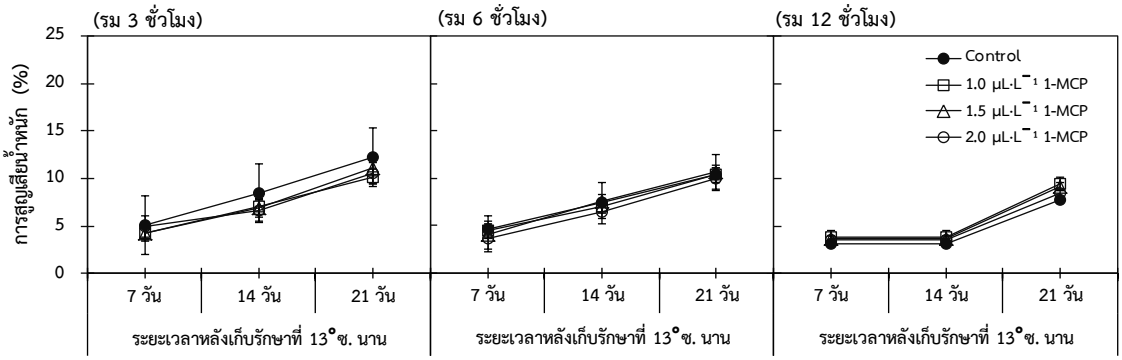
ผลการทดลองและอภิปราย

1) ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาของสาร 1-MCP ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื่องมาจากผลมะม่วงมีน้ำเป็นองค์ประกอบของเซลล์สูงจึงมีลักษณะที่อิ่มตัวไปด้วยแรงดันไอน้ำทำให้มีความดันไอน้ำสูงกว่าความดันไอน้ำของบรรยากาศภายนอก เมื่อเกิดความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำระหว่างภายในและภายนอกผล น้ำจึงแพร่ผ่านจากเซลล์พืชออกสู่บรรยากาศภายนอกตลอดเวลา อีกทั้งผลมะม่วงยังคงมีชีวิตอยู่ทำให้พืชสามารถสูญเสียน้ำจากการหายใจได้อีกด้วย (จริงแท้, 2549; Kitinoja and Kader,

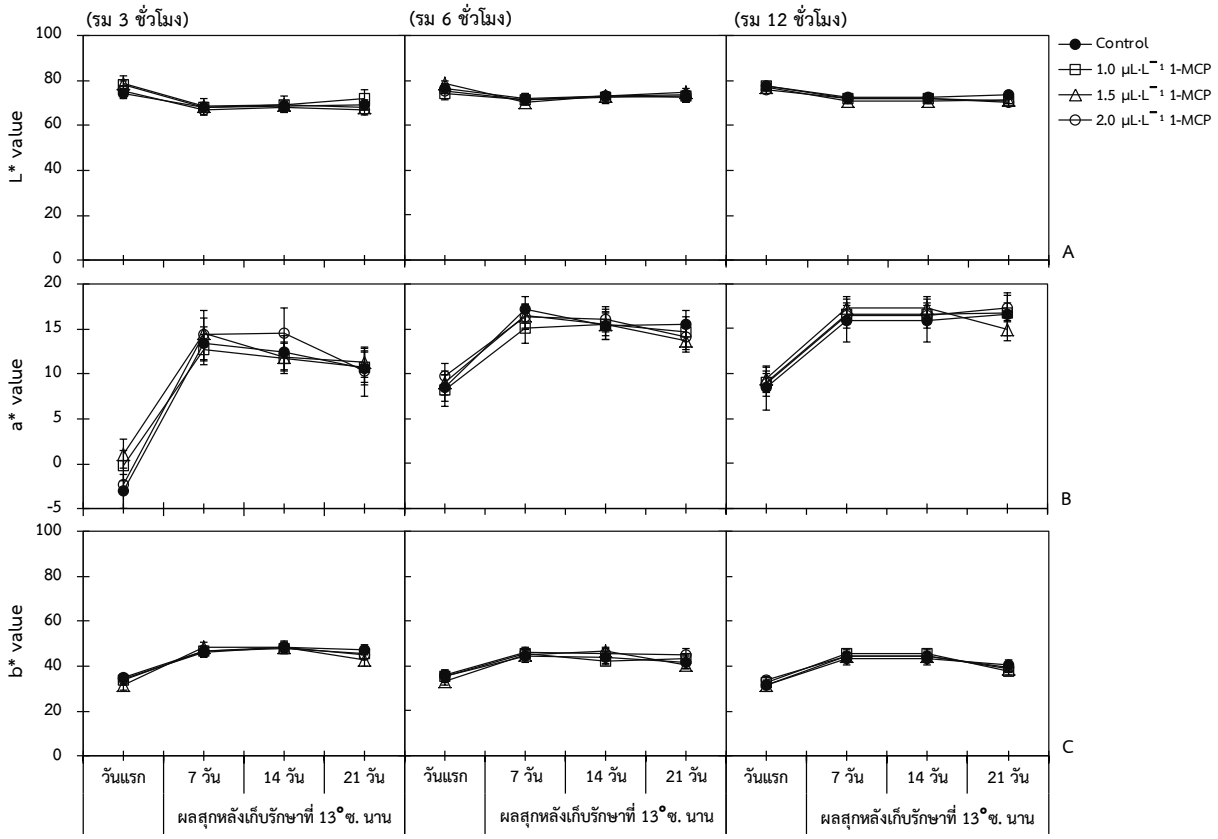
2002) โดยผลมะม่วงที่ผ่านการรมสาร 1-MCP เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษามีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าไม่ม่วงที่ไม่ผ่านการรมสารตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ส่วนผลมะม่วงที่ไม่รมหรือรม 1-MCP นาน 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีค่าการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของระยะเวลาที่ใช้ในการรม 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

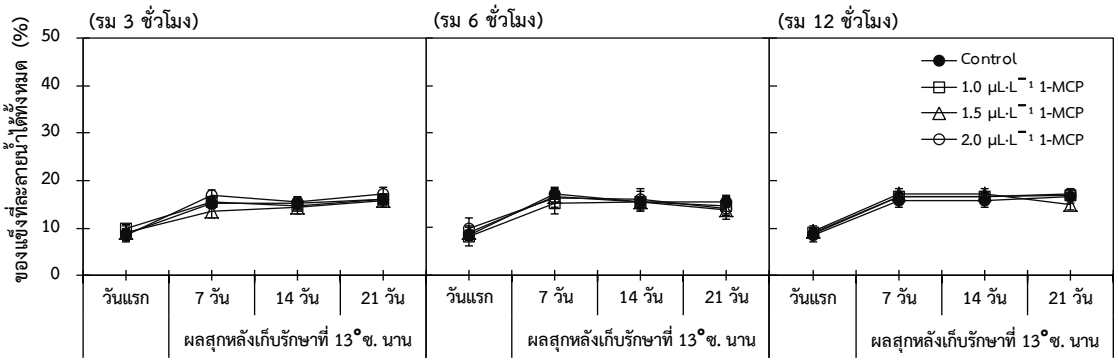
การเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงโดยวัดจากค่า L* a* และ b* พบว่า โดยภาพรวมการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี เนื่องจากทุกความเข้มข้นมีค่าการวัดสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3) โดยเมื่อพิจารณาจากค่า L* จะเห็นได้ว่าค่า L* ลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาที่เก็บรักษา แสดงว่าผลมะม่วงมีค่าความสว่างลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีผิวผลเป็นสีเหลือแม้ผลจะยังดิบอยู่ จึงมีค่า L* สูง แต่เมื่อผลเริ่มสุก สีผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มขึ้นค่าความสว่างจึงลดลง (ภาพที่ 3A) ส่วนค่า a* มีค่าต่ำที่สุดในวันแรกของการทดลองเพราะแม้สีผลของมะม่วงจะออกเหลืองแต่ก็ยังมีความเป็นสีเขียว 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

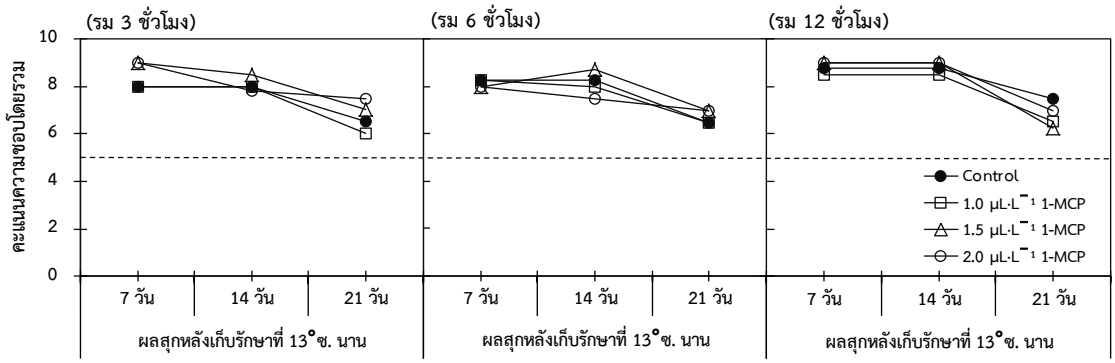
การตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) พบว่า ค่า TSS ของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.9% เพราะมะม่วงยังคงดิบอยู่ จากนั้นเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 15.7 ถึง 16.1% ระหว่างการเก็บรักษาจนผลสุก (ภาพที่ 4) อย่างไรก็ตาม แม้ค่า TSS ของผลมะม่วงที่ไม่รมและรมสาร 1-MCP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP เข้มข้น 1.5 µl·L^{-1} ทุกระยะการรมมีค่า TSS ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่า การรมด้วย 1-MCP มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS ในผลมะม่วง สอดคล้องการการศึกษาของ อภิรดีและคณะ (2555) ในการวิจัยผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยพบว่า สาร 1-MCP ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ TSS ในผลมะม่วงช้าลงกว่าผลที่ไม่รมสาร



ภาพที่ 4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

คุณภาพการยอมรับและอายุการเก็บรักษา

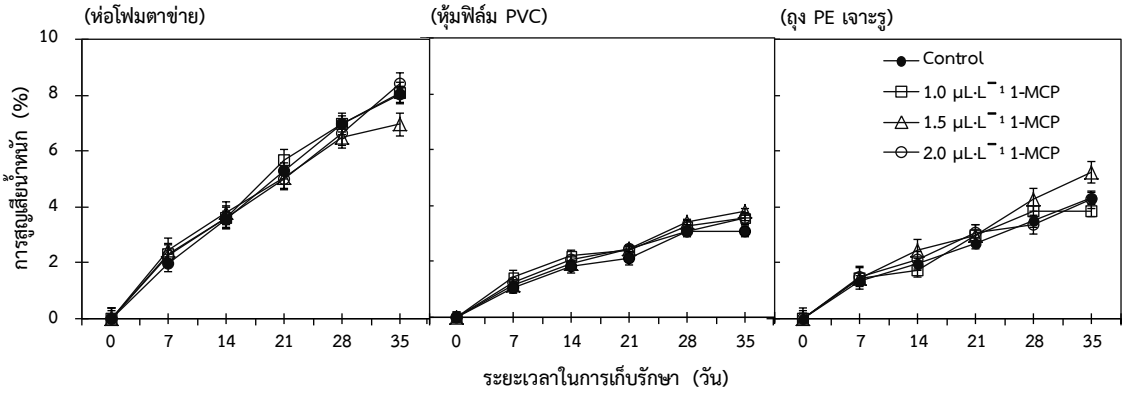
ในส่วนของคุณภาพการยอมรับโดยการพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนความชอบรวมมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ด้วยคะแนนความชอบโดยรวมที่สูงกว่า 5 คะแนน (ภาพที่ 5) สำหรับผลของ 1-MCP ต่อการสุกของผลมะม่วง พบว่า ผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มในการช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงให้ช้าลงกว่าผลที่ไม่รมสารเฉลี่ยนาน 3 วัน หลังการเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 และ 2.0 µl·L^{-1} นาน 6 และ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ไม่ได้แสดงผลข้อมูล) ซึ่งให้ผลไปในแนวทางเดียวกับ จารุวัฒน์ และศิริชัย (2545) และอภิรดี และคณะ (2555) ที่รายงานว่าการใช้สาร 1-MCP 1.0 µl·L^{-1} ซึ่งเป็นความเข้มข้นสูงสุดในการทดลอง รมผลมะม่วง 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีประสทธิภาพในการยืดอายุการสุกของผลมะม่วงได้นานกว่าการไม่ใช้สาร 1-MCP



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

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

ภาพที่ 6 แสดงผลของ 1-MCP และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยพบว่าผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยผลมะม่วงที่หุ้มด้วยโฟมตาข่าย PE มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยจาก 0.0% ในวันแรกของการเก็บรักษา เพิ่มขึ้นเป็น 7.9% หลังการเก็บรักษานาน 35 วัน ขณะที่ผลมะม่วงที่หุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดจากวันแรกของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นถึงเพียง 3.5% หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน อย่างไรก็ตาม การใช้สาร 1-MCP ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 6) สอดคล้องกับการศึกษาของ Brackmann และคณะ (2014) ซึ่งรายงานว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสดมาจากกระบวนการคายน้ำภายในผลิตผลสด ซึ่งการใช้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มผลมะม่วงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำและชะลอการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษาได้

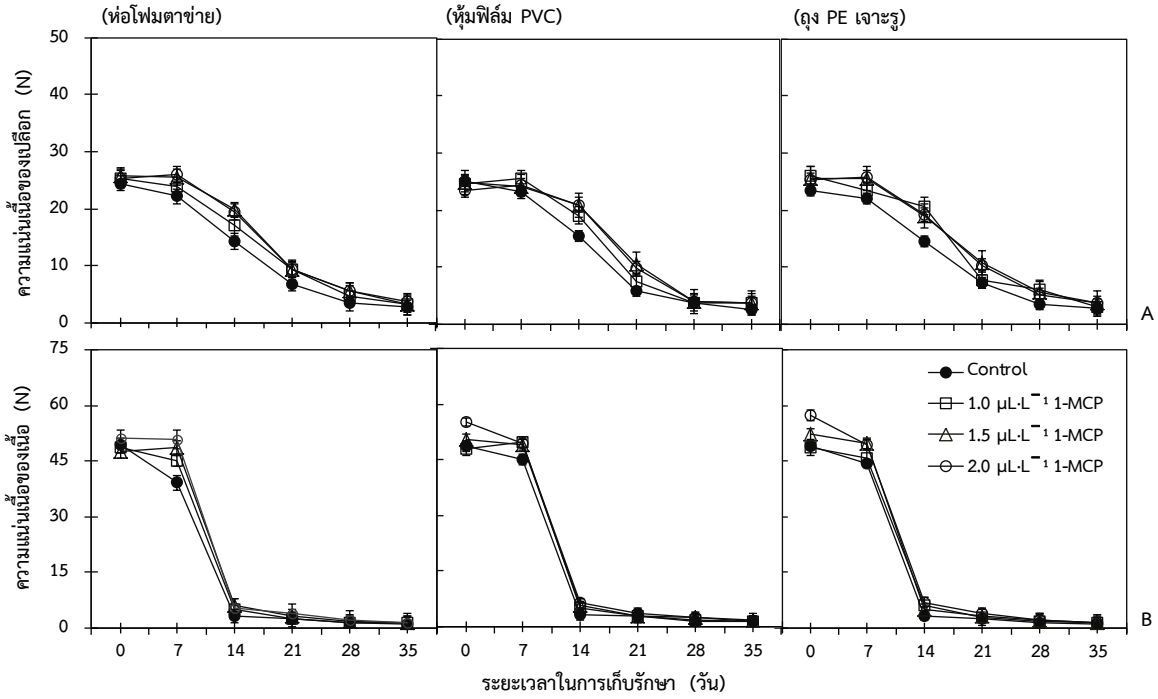


ภาพที่ 6 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 µl·L^{-1} ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โฟมตาข่าย ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผล

ความแน่นเนื้อของเปลือกและของเนื้อผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมหรือผ่านการรมสาร 1-MCP ในทุกชนิดของบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ มีการลดลงตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา แต่ผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP มีการลดลงของความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใช้สาร 1-MCP อย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7) โดยค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของเปลือกมะม่วงที่ห่อด้วยโฟมตาข่าย 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 ซึ่งรายงานว่าผลมะม่วงยังคงมีความแน่นเนื้อและเกิดผลนิ่มช่าลงได้เมื่อได้รับการรมด้วยสาร 1-MCP (Ngamchuachit *et al.*, 2014; Nghiem and Shiesh, 2010; Osuna-Garcia *et al*., 2007)

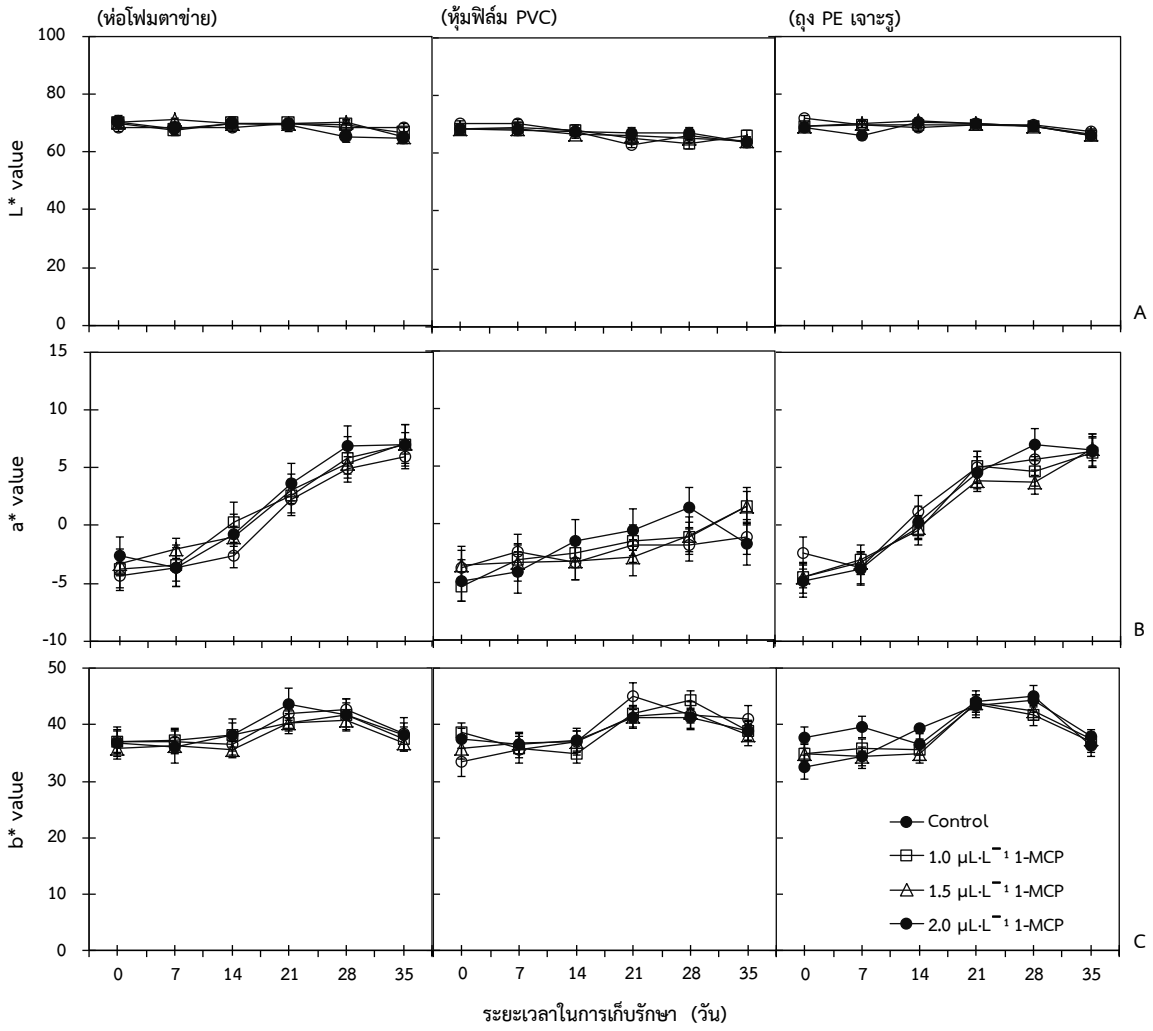


ภาพที่ 7 ความแน่นเนื้อของเปลือก (A) และเนื้อผล (B) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 $\mu l \cdot L^{-1}$ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โฟมตาข่าย ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพทางเคมี

ในการเปลี่ยนแปลงค่าวัดสี (L* a* และ b*) ของผลมะม่วง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมหรือรมสาร 1-MCP มีค่า L* หรือค่าความสว่างของผลเฉลี่ยอยู่ที่ 8.1 (ภาพที่ 8A) ส่วนค่า a* ของแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่าง

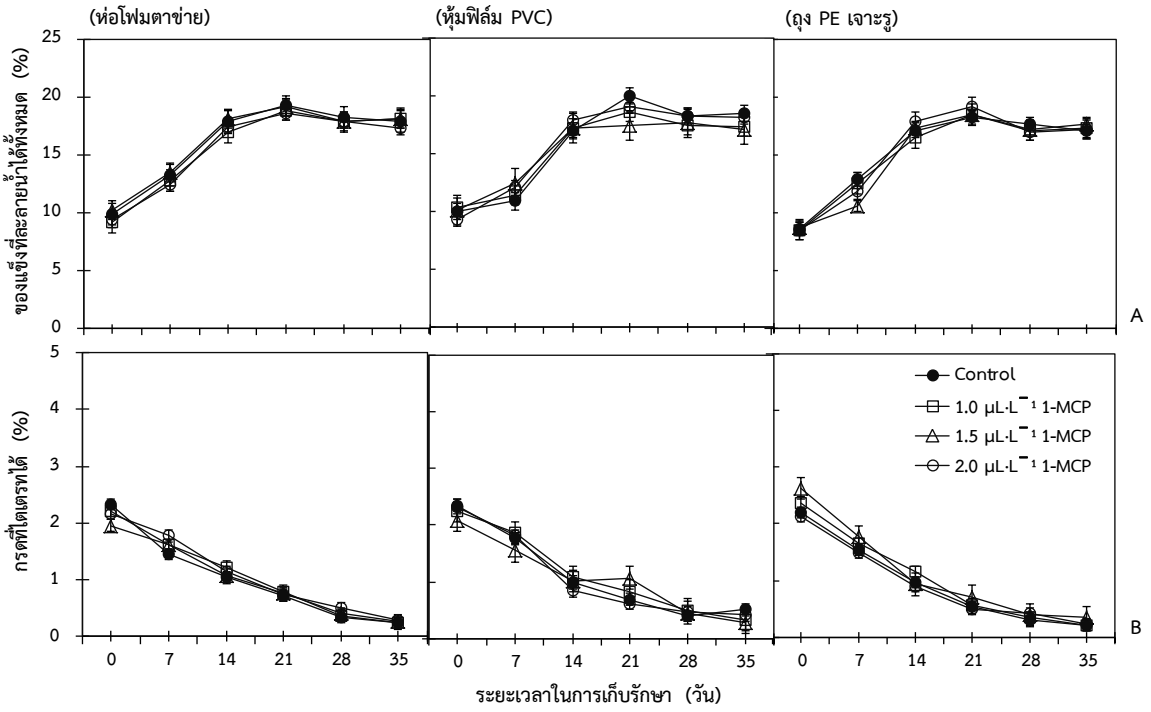
ผลมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ผลมะม่วงที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีค่า a* อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษานาน 35 วัน ขณะที่ผลมะม่วงที่ห่อด้วยโฟมตาข่ายและผลที่ห่อโฟมตาข่ายแล้วบรรจุถุง PE ที่เจาะรูมีค่า a* อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าตั้งแต่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันขึ้นไป (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 แสดงว่าผลมะม่วงที่ไม่รมสารมีค่าเปลือกที่เป็นสีเหลืองสูงกว่า แต่ค่า b* ที่ต่างกันนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 8C) อย่างไรก็ตาม จากผลที่ได้นี้เป็นแนวทางในการแสดงถึงประสิทธิภาพของสาร 1-MCP ในการชะลอการสุกของผลมะม่วง เช่นเดียวกับงานวิจัยการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 0.25 $\mu l \cdot L^{-1}$ เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในผลมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride พบว่า การรม 1-MCP ช่วยชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลที่ไม่รมสารถึง 37% (Hofman *et al*., 2001) นอกจากนี้ Pauziah และ Reza Ikwan (2014) ยังรายงานว่า การใช้ 1-MCP ช่วยรักษาคุณภาพของผลมะม่วงในช่วงการเก็บรักษาโดยการชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกและเนื้อของมะม่วง



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

ในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) ที่เกิดขึ้นของผลมะม่วงระหว่างเก็บรักษาแสดงในภาพที่ 9 โดยปริมาณ TSS ของผลมะม่วงทั้งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีการเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาถึงหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน หลังจากนั้นค่า TSS อยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (35 วัน) ค่าเฉลี่ยของระดับ TSS ในผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่าจาก 8.7% ในวันแรก เพิ่มขึ้นเป็น 19.0% หลังการเก็บรักษานาน 21 วัน คงที่อยู่ที่ระดับนี้จนถึง 35 วันของการเก็บรักษา สำหรับความแตกต่างของค่า TSS ในผลมะม่วงที่ผ่านและไม่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ (ภาพที่ 9A) ในทางกลับกัน ค่า TA ของผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีระดับลดลงอย่างต่อเนื่องจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยที่ค่า TA ของผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มสูงกว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมสาร แต่การบรรจุใน

บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TA ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 9B) จากผลที่ได้แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการเปลี่ยนแปลงของค่า TSS และ TA ในผลมะม่วงทุกกรรมวิธีตลอดอายุการเก็บรักษานาน 35 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

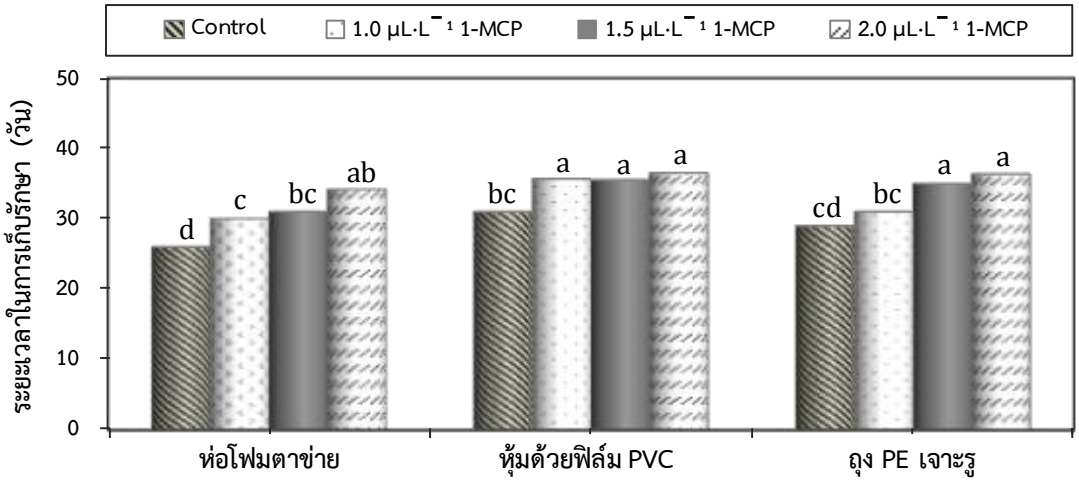


ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (B) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 $\mu l \cdot L^{-1}$ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โฟมตาข่าย ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13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

อายุการเก็บรักษา

ในผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์บางชนิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วง ช่วยชะลอการนิ่มและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วง นอกจากนี้ การรมด้วยสาร 1-MCP ทุกความเข้มข้นส่งผลให้ผลมะม่วงสุกช้ากว่าการไม่รมสาร ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นโดยมะม่วงยังคงสุกได้ตามปกติ การรมมะม่วงด้วยสาร 1-MCP 1.5 หรือ 2.0 $\mu l \cdot L^{-1}$ 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) โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiang และคณะ (1999) ที่ใช้ 1-MCP ร่วมกับการเก็บรักษาในถุง PE เพื่อชะลอการเปลี่ยนสีผลและยืดอายุการเก็บรักษาในผลกล้วยซึ่งเป็นไม้ผลประเภท climacteric เช่นดียวกับผลมะม่วง โดย 1-MCP มีผลในการชะลอการหายใจและการผลิตเอทิลีน จึงมีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือกและผลกล้วยและยังคงความแน่นเนื้อสูง ทำให้กล้วยมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

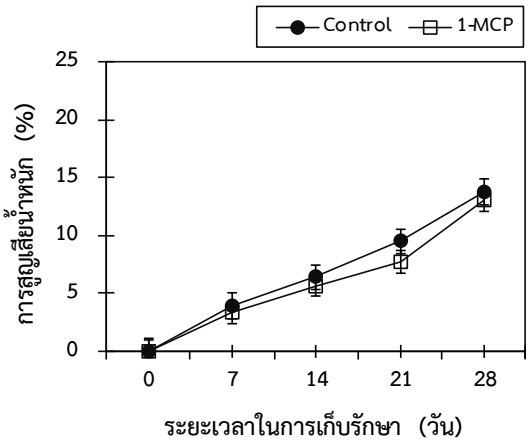


ภาพที่ 10 อายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ไม่ผ่านการรมสารหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 1.5 หรือ 2.0 µl·L^{-1} ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ (โฟมตาข่าย ฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

3) ผลของ 1-MCP ต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในระดับกึ่งพาณิชย์

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

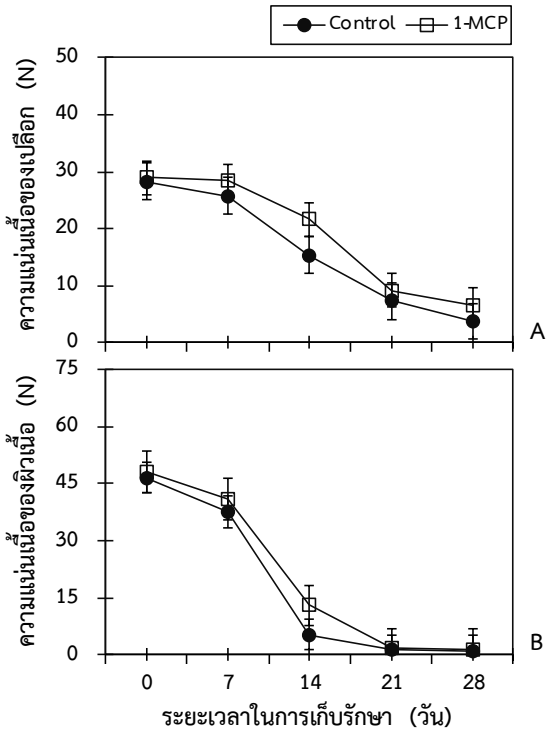
ในการเปรียบเทียบระหว่างผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ไม่รมสารและผลที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.5 µl·L^{-1} นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่าการรมสาร 1-MCP สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน โดยมะม่วงที่ไม่รม 1-MCP มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 3.9% หลังการเก็บรักษานาน 7 วัน จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 16.2% หลังการเก็บรักษานาน 28 วัน ขณะที่ผลมะม่วงที่ผ่านการรมสาร 1-MCP มีค่าการสูญเสียน้ำหนักจาก 3.3% เป็น 13.1% ในช่วงเวลาเดียวกัน (ภาพที่ 11) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาของอภิรดีและคณะ (2555) ที่รายงานว่ามะม่วงที่รมด้วย 1-MCP มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลที่ไม่รมสาร



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

ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผล

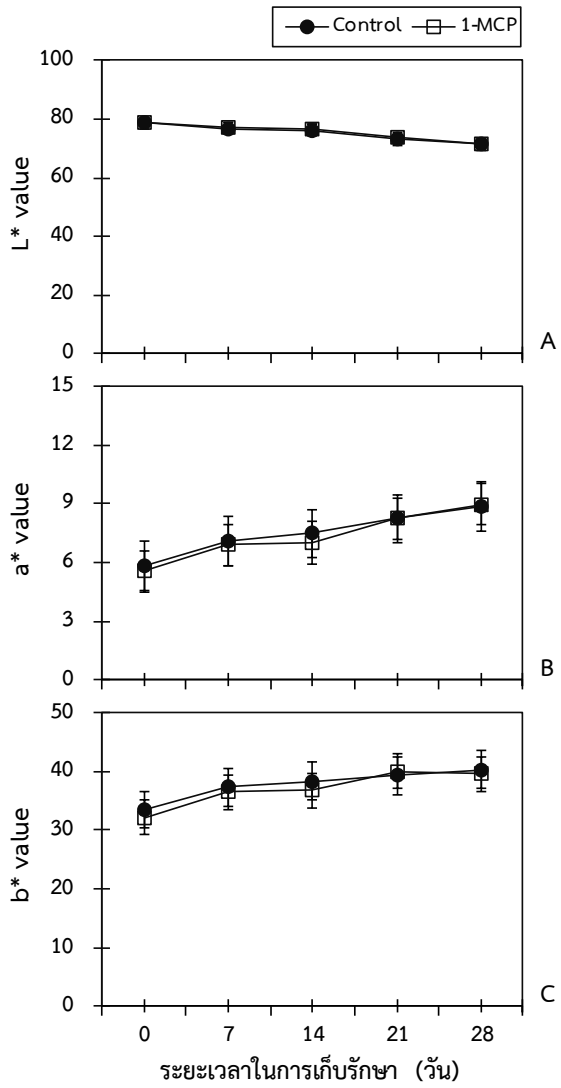
ผลการรม 1-MCP ต่อค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่รม ให้ผลไปในแนวทางเดียวกับการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วง นั่นคือ มะม่วงที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อของเปลือกและของเนื้อผลสูงกว่าผลที่ไม่รมตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 12A และ 12B) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารรม 1-MCP 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 $\mu l \cdot L^{-1}$ ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพทางเคมี

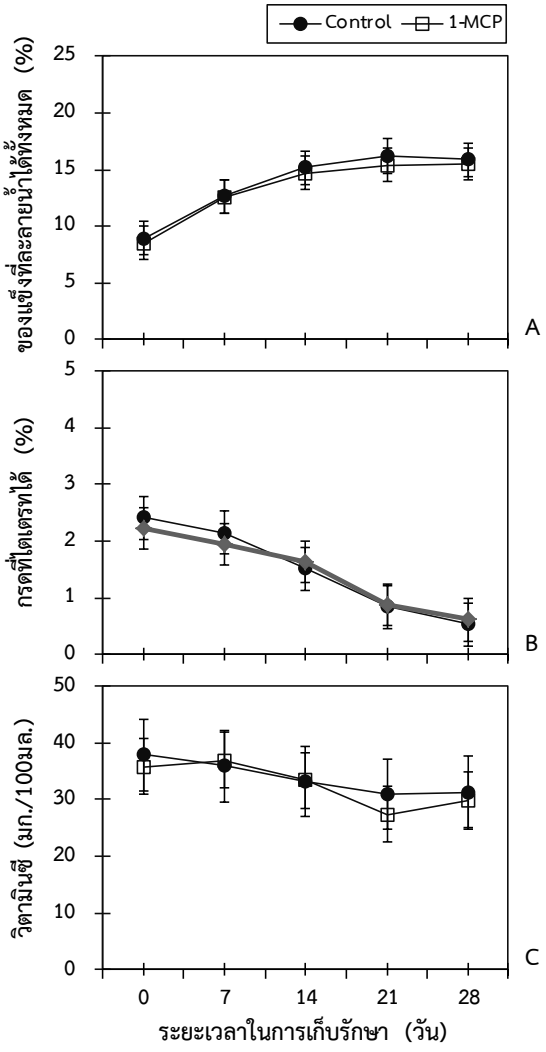
การเปลี่ยนแปลงค่าวัดสีของผลมะม่วง พบว่า ค่า L* ของผลมะม่วงที่ไม่รมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า L* มีค่าลดลงเล็กน้อยตลอดในช่วงเวลาการเก็บรักษานาน 28 วัน (ภาพที่ 13A) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีสีเป็นโทนสีเหลืองตั้งแต่ผลดิบ เมื่อผลสุกสีเหลืองมีความเข้มขึ้นทำให้ค่าความสว่างลดลง (ค่า L* ลดลง) ส่วนค่า a* ของผลมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา เป็นการบ่งบอกว่าเปลือกมะม่วงมีความเป็นสีเขียวลดลง ซึ่งผลมะม่วงที่รมด้วย 1-MCP มีแนวโน้มค่าความเป็นสีเขียวมากกว่าผลที่ไม่รม (มีค่า a* ต่ำกว่า) อย่างไรก็ตามค่า a* ของผมมะม่วงที่ไม่รมและรมด้วย 1-MCP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 13B) ในกรณีของค่า b* ผลมะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีค่า b* เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น นั่นคือ ผลมะม่วงมีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น เป็นการแสดงให้เห็นว่ามะม่วงมีการสุกมากขึ้น และเช่นเดียวกันผลมะม่วงที่รม 1-MCP มีแนวโน้มของค่า b* ต่ำกว่าผลที่ไม่รม เป็นการบ่งบอกว่ามะม่วงที่รมสาร 1-MCP มีความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าผลที่ไม่รมสาร (ค่า b* ต่ำกว่า) แต่ค่าที่แตกต่างกันนี้ไม่มีผลทางสถิติ (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 $\mu l \cdot L^{-1}$ 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 ของผลมะม่วงทั้งที่รมและไม่รมสารมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซี พบว่า ใน

ระยะแรกของการเก็บรักษาผลมะม่วงที่รมสาร 1-MCP มีระดับวิตามินซีสูงกว่าผลที่ไม่รม แตหลังจาก 14 วัน ของการเก็บรักษา ระดับวิตามินซีของผลที่ไม่รมสารสูงกว่าผลที่รมด้วย 1-MCP (ภาพที่ 14C) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาของ ยงยุทธและดนัย (2550) ที่รายงานว่าการรมผลมะม่วงพันธุ์เขียวมรกตด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.0 $\mu l \cdot L^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส ชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ กรดซิตริก และวิตามินซี และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลฟรักโทสได้



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

อายุการเก็บรักษา

การทดลองการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.5 µl·L^{-1} นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารเพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของสาร 1-MCP ในระดับสเกลที่ใหญ่ขึ้นนี้ พบว่า สาร 1-MCP มีแนวโน้มที่ดีในการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการนิ่มของผล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และการสุก ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ได้นานขึ้น โดยหลังจากเก็บนาน 21 วัน ผลมะม่วงที่ไม่ใช้ 1-MCP เริ่มมีการสุกและเกิดขั้วเน่า ขณะที่ผลมะม่วงที่ใช้ 1-MCP ยังมีแน่นเนื้อสูงและคุณภาพที่ดีกว่า (ภาพที่ 15) อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษานานถึง 28 วัน พบว่า แม้สาร 1-MCP ช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ แต่ผลมะม่วงกลับมีปัญหาการเกิดขั้วเน่าทำให้คุณภาพผลไม่เป็นที่ยอมรับ (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

ภาพที่ 15 เปรียบเทียบผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการรมหรือรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1.5 µl·L^{-1} ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการใช้สาร 1-MCP รมผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ในการหาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสำหรับการรมสาร 1-MCP ได้ผลว่าผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 หรือ 2.0 µl·L^{-1} นาน 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และเมื่อประยุกต์ใช้การรมสาร 1-MCP ร่วมกับการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์บางชนิด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้ฟิล์ม PVC หุ้มผลมะม่วงหรือการบรรจุผลมะม่วงในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุกล่องกระดาษ ร่วมกับการรมด้วย 1-MCP สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงได้ดีและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้นานขึ้น โดยการรมผลมะม่วงด้วยสาร 1-MCP แล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ให้ผลดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษา โดยสามารถเก็บรักษาได้นานเฉลี่ย 37 วัน โดยที่ผลมะม่วงยังสามารถสุกและมีคุณภาพการรับประทานตามปกติ ส่วนการนำกรรมวิธีการรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น

1.5 $\mu l \cdot L^{-1}$ นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มาปรับใช้ในสเกลที่ใหญ่ขึ้นเพื่อการใช้งานกึ่งพาณิชย์ โดยเปรียบเทียบกับการไม่รมสาร พบว่า สาร 1-MCP มีแนวโน้มที่ดีในการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการนิ่มของผล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและการสุก ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงสดพันธุ์น้ำดอกไม้ได้นานขึ้น อย่างไรก็ตาม คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงสดขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลมะม่วงตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะปัญหาจากการเกิดโรคแอนเทรกโนสและขั้วผลเน่า ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพการเก็บรักษาของผลมะม่วงมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กันยา แอ่นกาศ จำนง อุทัยบุตร กานดา หวังชัย กอบเกียรติ แสงนิล และสุจิตรา รัตนะมโน. 2549. ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาการรมสาร 1-เมธิลไซโคลโพรพีนต่อการสุกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. *Postharvest Newsletter*. 5: 1-4.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 6. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล และศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์. 2545. ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. *ว.วิทย.กษ.* 33: 60-67.

ยงยุทธ ข้ามสี่ และดนัย บุณยเกียรติ. 2550. ผลของ 1-MCP ต่อการปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลมะม่วงพันธุ์เขียวมรกต. *ว.วิทย.กษ.* 38: 167-178.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และสุกัญญา เอี่ยมลออ. 2555. การรมสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. *ว.วิทย.กษ.* 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.

Hershkovitza, 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 potharvest 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 Ikwan. 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.

กิจกรรมงานวิจัย 5

การจัดทำฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผลิตผลสด

Database for Changing of Fresh produce physiology

เบญจมาศ รัตนชินกร ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ ปรางค์ทอง กวานห้อง และคมจันทร์ สรงจันทร์

Benjamas Ratanachinakorn, Siragran Srithanyarat, Prangthong Khawnhong and Komchan Songchan

คำสำคัญ ฐานข้อมูล สรีรวิทยา ผลิตผลสด

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลิตผลสด โดยทำการทดลองในผลไม้ และผัก รวม 22 ชนิด ผลไม้ได้แก่ แก้วมังกรพันธุ์ไทย(เนื้อสีขาว) กล้วยไข่ กล้วยหอม ฝรั่งพันธุ์กิมจู มะม่วง มังคุด ลองกอง กระท้อน สละสับปะรด ส้มเขียวหวานและส้มโอ ในผักได้แก่ กะเพรา ชะพลู ต้นหอม ตะไคร้ ถั่วฝักยาว ใบบัวบก ผักชีไทย ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งจีน พริกขี้หนู แมงลัก และโหระพา โดยทำการวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 10 15 20 และ 25°ซ พบว่า กล้วยไข่ กล้วยหอม มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทองมีอัตราการหายใจในช่วงแรกต่ำ จากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลเริ่มสุก โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 25°ซ กล้วยไข่ กล้วยหอม มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทองในขณะผลสุกมีอัตราการหายใจสูงถึง 80 60 128 และ 160 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตเอทิลีนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง สำหรับผลไม้กลุ่มที่อัตราการหายใจจะสูงในช่วงแรกและค่อยๆ ลดลงจนคงที่ หรือผลิตผลเสื่อมสภาพ ได้แก่ ฝรั่งพันธุ์กิมจู ลองกอง สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง กระท้อนพันธุ์ปุยฝ้าย ส้มเขียวหวาน และสละพันธุ์สุมาลี ซึ่งมีอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-60 มล.CO_2/กก./ชม. เช่นเดียวกับการผลิตเอทิลีนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นมังคุดระยะสายเลือด และระยะสีชมพูเก็บที่ 25°ซ มีการผลิตเอทิลีนสูงถึง 250 และ 350 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับในขณะที่มังคุดมีการเปลี่ยนแปลงสีผล (ผลมังคุดเริ่มสุก) ส่วนอัตราการหายใจของผักทุกชนิดที่ทำการทดลองพบว่าแนวโน้มของอัตราการหายใจเป็นในไปในทิศทางเดียวกันคือ อัตราการหายใจจะสูงในช่วง 1-2 วันของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง จนคงที่ หรือผลิตผลเสื่อมสภาพ ซึ่งผักในกลุ่มกะเพรา แมงลัก และโหระพาจะมีอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 100-250 มล.CO_2/กก./ชม. ซึ่งสูงกว่าผักชนิดอื่นที่มีอัตราการหายใจเฉลี่ยไม่เกิน 100 มล.CO_2/กก./ชม. และยังสอดคล้องกับแนวโน้มการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

นอกจากได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลไม้และผัก จำนวน 22 ชนิด พบว่าผลไม้ที่นำมาทำการทดลองทุกชนิดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2°ซ และ/หรือ 5°ซ) จะเกิดอาการผิดปกติจากความเย็น

(Chilling injury: CI) ซึ่งอาการผิดปกติจะแสดงให้เห็นทั้งภายนอกและภายในผล เช่นผลไม้ ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยหอม ฝรั่ง มะม่วง มังคุด ลองกอง กระท้อน และส้มโอ ที่เปลือกจะมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนานเกิน 1 สัปดาห์ และผลไม้บางชนิดจะแสดงอาการผิดปกติที่ภายในผลเช่นสละพันธ์สุมาลีที่แสดงอาการผิดปกติที่เปลือกด้านในและเนื้อ และในสับปะรดอาการผิดปกติจะแสดงบริเวณเนื้อรอบแกนผล ส่วนในผักเช่น กะเพรา ชะพลู ถั่วฝักยาว ใบบัวบก ผักบุ้งจีน ผักชีฝรั่ง แมงลัก และโหระพา ก็จะแสดงอาการผิดปกติจากความเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเช่นกัน ส่วนต้นหอม ตะไคร้ ผักชีไทย และพริกจะไม่แสดงอาการผิดปกติดังกล่าว

การเก็บรักษาผลไม้และผักในอุณหภูมิที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน อุณหภูมิการเก็บรักษา และอาการผิดปกติจากความเย็นของผักและผลไม้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน และแนวทางในการเก็บรักษาผักและผลไม้

บทนำ

การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดที่เน่าเสียง่าย เช่น ผักและผลไม้สด ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค สามารถทำได้หลายวิธี วิธีการหลักคือการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับผลิตผลแต่ละชนิด โดยมีวิธีการเสริม เช่น pretreatment ด้วย CO_2 shock หรือรมด้วย 1-MCP การใช้วิธีทางกายภาพ เช่น การใช้สารเคลือบผิว และ MAP ทั้งนี้เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีระและการเน่าเสียของผลิตผล ซึ่งจะทำการวิจัยเพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดให้นานขึ้นโดยที่ยังมีคุณภาพดี และเพื่อนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางสรีระที่สำคัญคือ การหายใจ ซึ่งผันแปรตามอุณหภูมิและสภาพแวดล้อม สำหรับการทดสอบการส่งออกผลิตผลสดในเชิงพาณิชย์นั้น ขณะนี้ยังมีการศึกษาไม่เพียงพอเนื่องจากเป็นการผสมผสานกันหลายวิธีการ โดยเฉพาะการจัดการอุณหภูมิ บรรจุภัณฑ์และคุณภาพของผลิตผลเพื่อให้ผลิตผลมีคุณภาพดี มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการขยายตลาดผลิตผลสดของไทย และจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนให้มีการวิจัยมากขึ้นโดยร่วมกับภาคเอกชน การเก็บรักษาผลไม้และผักในอุณหภูมิที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน อุณหภูมิการเก็บรักษา และอาการผิดปกติจากความเย็นของผักและผลไม้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน และแนวทางในการเก็บรักษาผักและผลไม้

ระเบียบวิธีการวิจัย

งานทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

ทำการวัดอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนในผลไม้และผัก โดยเก็บเกี่ยวผลไม้และผักจากสวนเกษตร จากนั้นนำผลไม้และผักที่ใช้ในการทดลองมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด แล้วล้างอีกครั้งด้วยไฮโปรคลอไรด์

ความเข้มข้น 0.01% นาน 1 นาที ผึ่งผลิตผลจนแห้ง และจะทำการวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน ใช้ระบบเปิดให้อากาศไหลผ่านผลไม้ตลอดเวลา โดยนำผลไม้บรรจุในกล่องพลาสติก ปิดให้สนิท แล้วต่ออากาศที่ผ่านการกรองเชื้อโรคและเพิ่มความชื้นเข้ากล่องโดยใช้ความเร็วลม 50-100 มิลลิลิตรต่อนาที ทำการวัดอัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ อุณหภูมิละ 3 ตัวอย่าง ทำการวัดอัตราการหายใจด้วยระบบสุ่มและวิเคราะห์ก๊าซอัตโนมัติ โดยวัดเป็นอัตราการผลิต CO_2 ด้วยระบบ Infrared ส่วนเอทิลีนนั้นสุ่มก๊าซ 1 มล. วิเคราะห์ปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ แบบ Flame ionized Detector ใช้คอลัมน์ Activated Alamina ขนาด 80/100 flesh ยาว 2 เมตร อุณหภูมิ 100°ซ อัตราการหายใจคำนวณเป็น มิลลิลิตร CO_2 ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการผลิตเอทิลีนคำนวณเป็น ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง

2. ผลกระทบของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลิตผลสด

นำผลไม้ และผักมาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 ppm ผึ่งให้แห้ง นำผลไม้มาบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ส่วนผักนำมาบรรจุในถุง Linear low-density polyethylene (LLDPE) ปิดผนึกปากถุง นำใส่กล่องกระดาษลูกฟูก จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง(28-30°ซ) โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การสูญเสียน้ำหนัก สภาพภายนอก และอาการผิดปกติต่างๆ โดยให้คะแนนดังนี้

1. ให้คะแนนความสด 1-5 คะแนน ดังนี้

5 คะแนน หมายถึง สดมาก

4 คะแนน หมายถึง สด

3 คะแนน หมายถึง สดเล็กน้อย

2 คะแนน หมายถึง เหี่ยว

1 คะแนน หมายถึง เหี่ยวมาก

2. ให้คะแนนการเกิดอาการ chilling injury 1-5 คะแนน โดยการประเมินจากสายตา ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง ปกติ

2 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติ ไม่เกิน 25%

3 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติ ไม่เกิน 50%

4 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติ ไม่เกิน 75%

5 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติมากกว่า 75%

ระยะเวลา (เริ่มต้นและสิ้นสุด)

ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2556

สถานที่ทำการทดลอง

อาคารปฏิบัติการพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

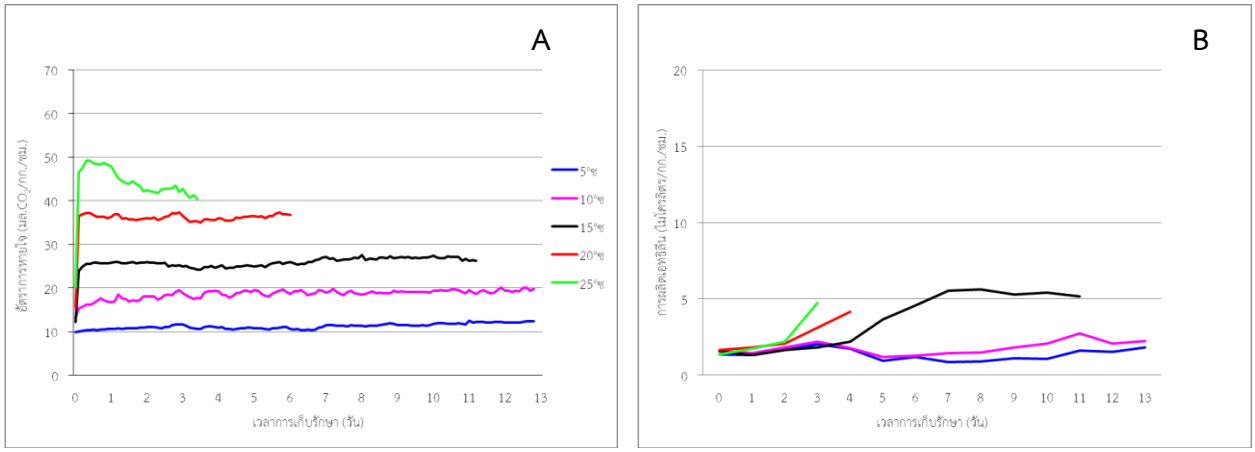
ผลการทดลองและอภิปราย

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

1. แก้วมังกรพันธุ์ไทย (เนื้อสีขาว)

อัตราการหายใจเฉลี่ยของแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 5 และ 10°ซ ค่อนข้างคงที่ในช่วง 10 -15 มล.CO_2/กก./ชม. ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ อัตราการหายใจจะสูงในช่วงวันแรก แล้วจะคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 25.8, 35.9 และ 43.8 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ ดังภาพที่ 1A

จากภาพที่ 1B การผลิตเอทิลีนของแก้วมังกรทุกอุณหภูมิมีปริมาณไม่สูงมากนัก คือไม่เกิน 5 ไมโครลิตร/กก./ชม. สำหรับที่อุณหภูมิต่ำ (5 และ 10°ซ) มีเอทิลีนค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ เอทิลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา



ภาพที่ 1 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของแก้วมังกรพันธุ์ไทย (เนื้อสีขาว) ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

2. กล้วยไข่ / กล้วยหอม

อัตราการหายใจของกล้วยไข่หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ ในช่วงวันแรกของการเก็บรักษาอัตราการหายใจของกล้วยไข่ทุกอุณหภูมิอัตราการหายใจเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 5-7 มล.CO_2/กก./ชม. (ภาพที่ 2A) และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน พบว่า อัตราการหายใจของกล้วยไข่เก็บที่ 25°ซ สูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอื่น และเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน กล้วยไข่จะสุกอัตราการหายใจสูงขึ้นถึง 80 มล.CO_2/กก./ชม. แล้วอัตราการหายใจจะลดลงอย่างต่อเนื่อง และคงที่จนสิ้นการทดลอง ส่วนที่ 5°ซ เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน มีอัตราการ

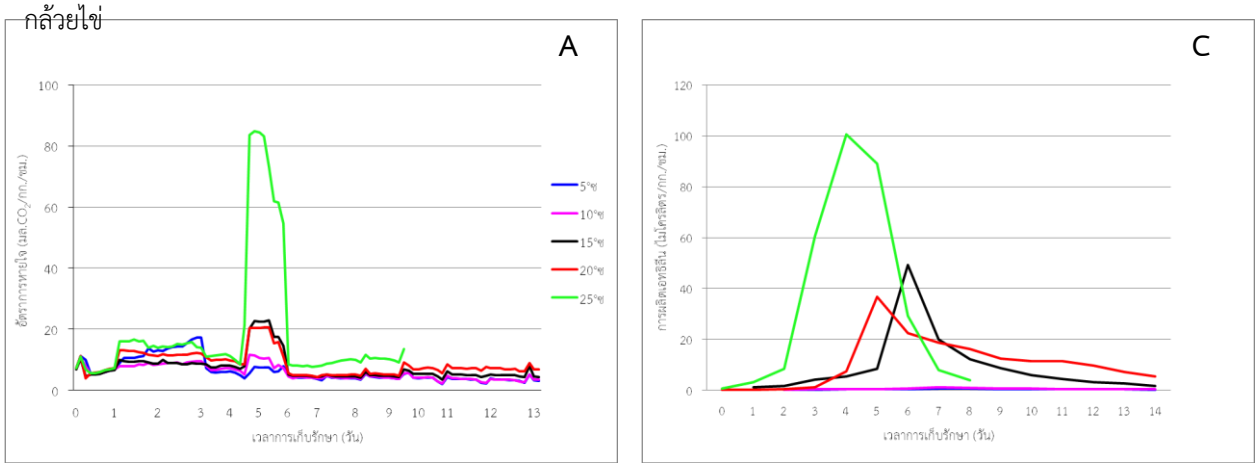
หายใจเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากกล้วยไข่เกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) คือเปลือกกล้วยไข่เปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำ จากนั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลงและคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนอัตราการหายใจของกล้วยไข่ที่อุณหภูมิ 10, 15 และ 20°ซ มีแนวโน้มอัตราการหายใจเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ อัตราการหายใจของกล้วยไข่ที่ 10, 15 และ 20°ซ ในช่วงวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เป็น 8, 9 และ 12 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นเป็น 10, 20 และ 23 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน จากนั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลงและคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

กล้วยหอมเก็บรักษาที่ 25°ซ นาน 2 วัน พบว่าอัตราการหายใจมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอื่น 1 เท่า และเมื่อกล้วยหอมสุก อัตราการหายใจสูงถึง 60 มล.CO_2/กก./ชม. ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จากนั้นอัตราการหายใจจะลดลงอย่างรวดเร็ว และคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนอัตราการหายใจของกล้วยหอมที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20°ซ อัตราการหายใจจะอยู่ในช่วง 5-10 มล.CO_2/กก./ชม. และจะค่อยๆ ลดลง เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน และจะคงที่เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน (ภาพที่ 2B)

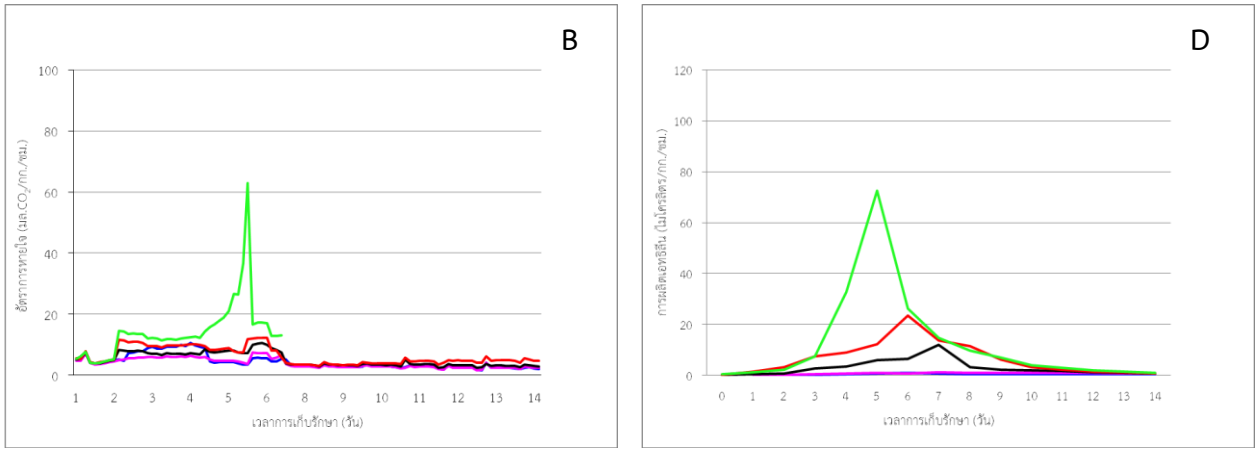
กล้วยไข่เก็บรักษาที่ 5 และ 10°ซ มีการผลิตเอทิลีนไม่เกิน 1 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยการผลิตเอทิลีนเมื่อค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน 4-7 วัน และจะค่อยๆ ลดลง ส่วนการผลิตเอทิลีนของกล้วยไข่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ พบว่าเอทิลีนมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อกล้วยเริ่มสุกโดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 25°ซ ที่มีปริมาณเอทิลีนสูงขึ้นจาก 0.74 ไมโครลิตร/กก./ชม. เป็น 100 ไมโครลิตร/กก./ชม. เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน (ภาพที่ 2C)

ภาพที่ 2D แสดงการผลิตเอทิลีนของกล้วยหอมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับกล้วยไข่ กล่าวคือ ที่อุณหภูมิ 25°ซ มีการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นสูงถึง 150 เท่าจากวันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นปริมาณเอทิลีนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนที่อุณหภูมิ 10 และ 15°ซ มีการผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 20 ไมโครลิตร/กก./ชม.

กล้วยไข่



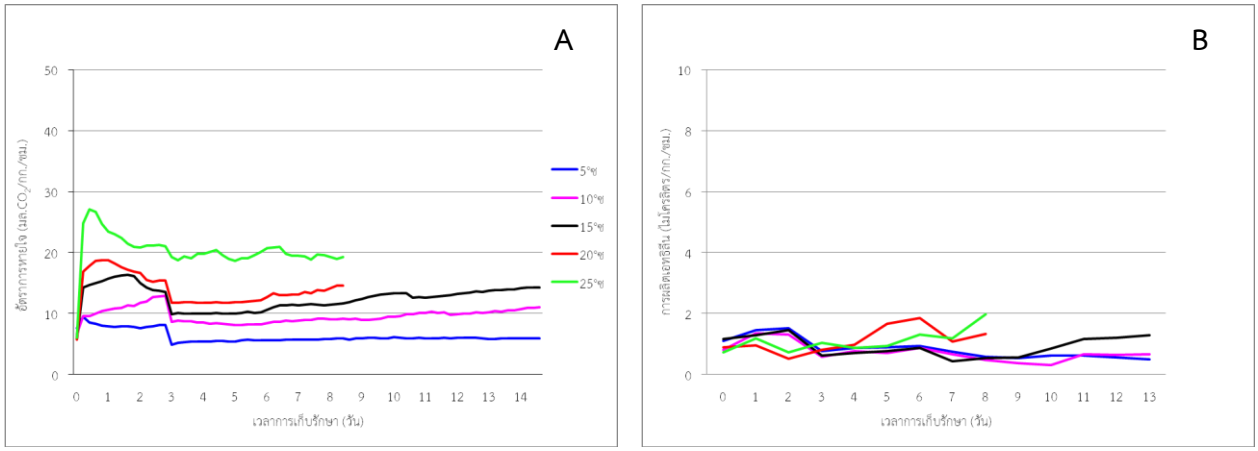
กล้วยหอมทอง



ภาพที่ 2 อัตราการหายใจ (A และ B) และการผลิตเอทิลีน (C และ D) ของกล้วยไข่และกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

3. ฝรั่งพันธุ์กิมจู

ฝรั่งพันธุ์กิมจูเก็บที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ อัตราการหายใจมีแนวโน้มสูงในช่วง 1- 2 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นจะลดลง จนคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 3A) โดยมีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 6.2, 9.7, 12.6, 13.9 และ 20.3 ตามลำดับ ภาพที่ 3B การผลิตเอทิลีนในช่วงแรกฝรั่งพันธุ์กิมจูในทุกอุณหภูมิมีการผลิตเอทิลีนต่ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5-7 ไมโครลิตร/กก./ชม. แล้วจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9-24 ไมโครลิตร/กก./ชม. จากนั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาจะลดลงและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา



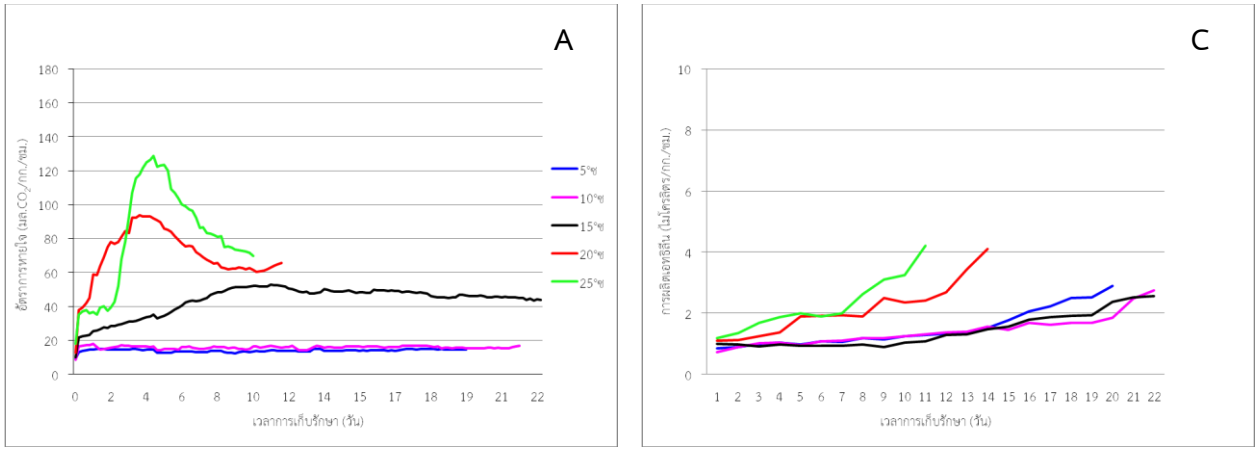
ภาพที่ 3 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของฝรั่งพันธุ์กิมจูที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

4. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

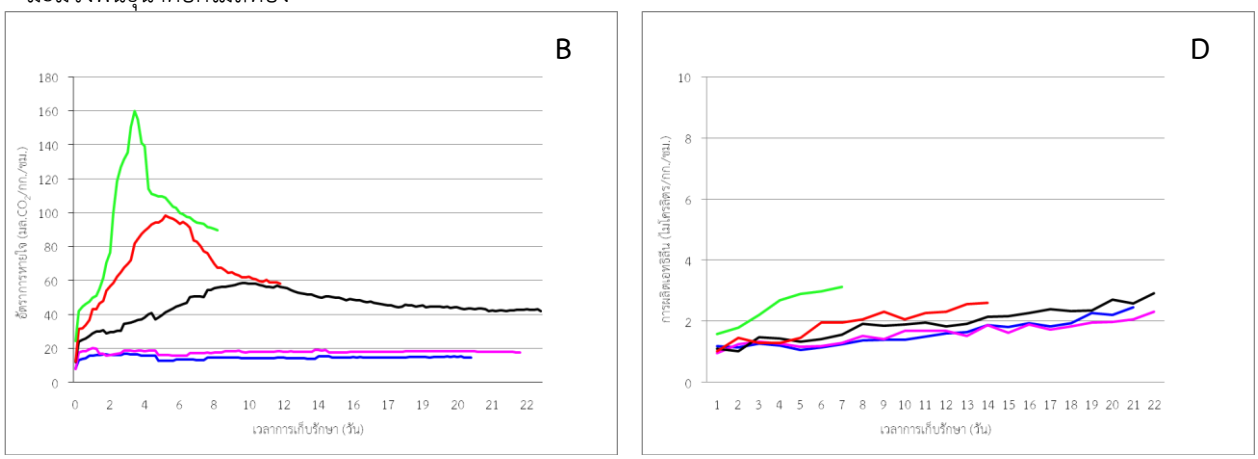
จากภาพที่ 4A และ 4B มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทองมีอัตราการหายใจที่อุณหภูมิต่ำ (5 และ 10°ซ) คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนที่ 20 และ 25°ซ เมื่อเก็บรักษานาน 4-5 วัน ผลมะม่วงเริ่มสุกทำให้อัตราการหายใจจะสูงขึ้นจากวันแรกที่เก็บรักษาถึง 7 เท่า จากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว สำหรับการผลิตเอทิลีน

ของมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ เอทิลีนมีทิศทางเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งเมื่อเก็บรักษานาน 6-7 วัน ผลมะม่วงจะสุกปริมาณเอทิลีนก็จะสูง โดยที่อุณหภูมิ 25°ซ มีปริมาณเอทิลีนสูงกว่าอุณหภูมิอื่น (ภาพที่ 4C และภาพที่ 4D)

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4



มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง



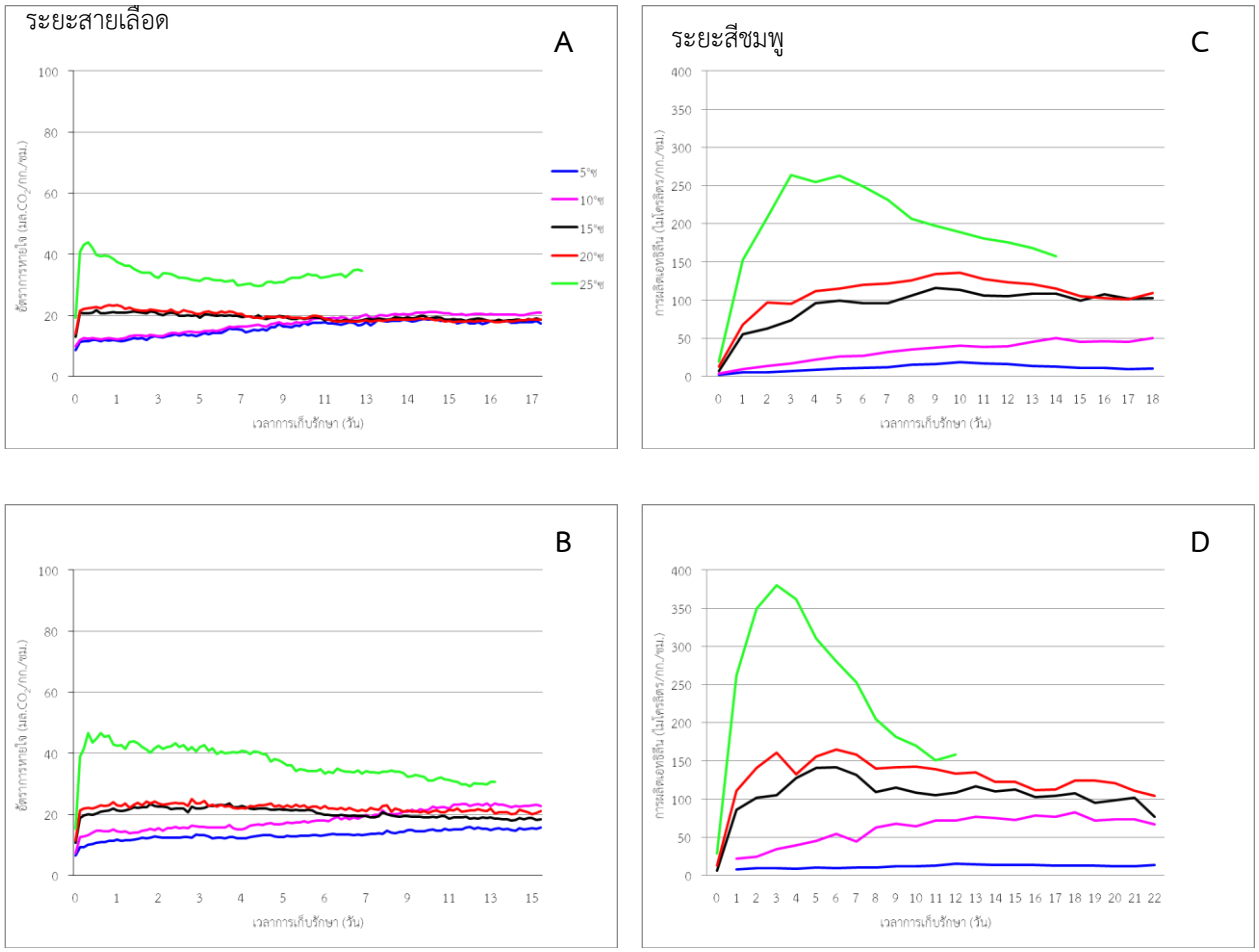
ภาพที่ 4 อัตราการหายใจ (A และ B) และการผลิตเอทิลีน (C และ D) ของพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

5. มังคุด

อัตราการหายใจของมังคุดระยะสายเลือดที่อุณหภูมิ 5 และ 10°ซ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10 มล.CO_2/กก./ชม. และอัตราการหายใจที่ 15 และ 20°ซ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 มล.CO_2/กก./ชม. ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนอัตราการหายใจของมังคุดระยะสายเลือดที่อุณหภูมิ 25°ซ ในช่วงวันแรกมีแนวโน้มสูง จากนั้นจะลดลง โดยมีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 33.40 มล.CO_2/กก./ชม. (ภาพที่ 5A) ส่วนอัตราการหายใจของมังคุดระยะชมพูที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20°ซ มีอัตราการหายใจเท่ากับมังคุดระยะสายเลือด คืออยู่ในช่วง 10-20 มล.CO_2/กก./ชม. ในขณะที่อุณหภูมิ 25°ซ อัตราการหายใจของมังคุดระยะสีชมพูมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ามังคุดระยะสายเลือดเล็กน้อย (ภาพที่ 5B)

ที่อุณหภูมิ 25°ซ เก็บรักษานาน 2-3วัน มังคุดระยะสายเลือดและระยะสีชมพูมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยมีเอทิลีนเฉลี่ยสูงถึง 250-360 ไมโครลิตร/กก./ชม. จากนั้นจะค่อยลดลงตลอด

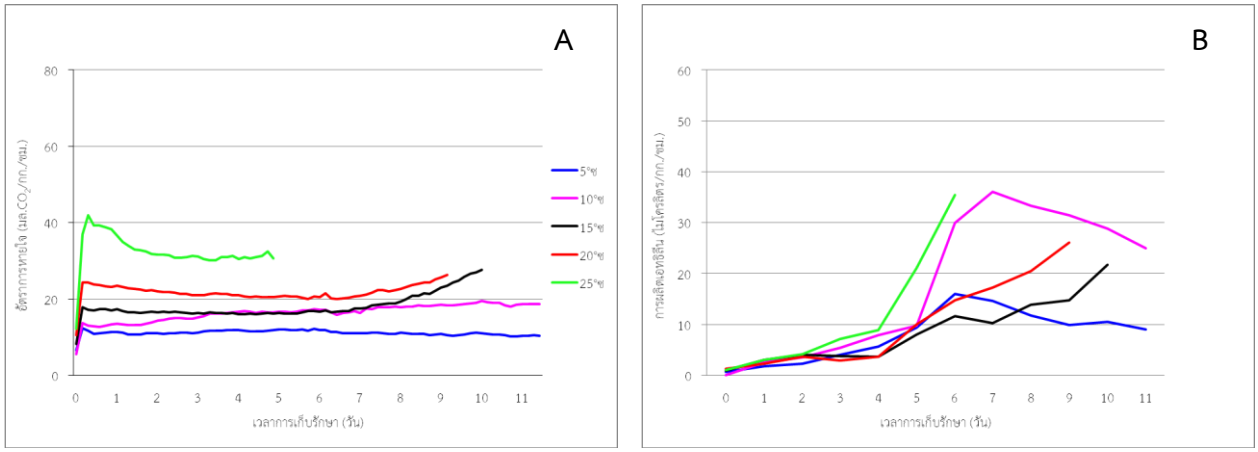
ระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 5C และ 5D) สำหรับการเก็บรักษามังคุดระยะสายเลือดและระยะสีชมพูที่อุณหภูมิ 10, 15 และ 20°ซ มีการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมีเอทิลีนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 50-100 ไมโครลิตร/กก./ชม. ที่ 15 และ 20°ซ และ 10-50 ไมโครลิตร/กก./ชม. ที่อุณหภูมิ 10°ซ ส่วนที่ 5°ซ มีเอทิลีนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1-10 ไมโครลิตร/กก./ชม.



ภาพที่ 5 อัตราการหายใจ (A และ B) และการผลิตเอทิลีน (C และ D) ของมังคุดระยะสายเลือด และระยะสีชมพู ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

6. ลองกอง

ในช่วงแรกของการเก็บรักษาลองกองมีอัตราการหายใจเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ เท่ากับ 6.56, 5.55, 8.24, 10.49 และ 12.13 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ จากนั้นอัตราการหายใจสูงขึ้น 1 เท่า เมื่อเก็บรักษานาน 2 ชั่วโมง แล้วลดลงเล็กน้อยจนคงที่ตลอดระยะการเก็บรักษา (ภาพที่ 6A) จากภาพที่ 6B ในช่วงแรกของการเก็บรักษาลองกองในทุกอุณหภูมิมีการผลิตเอทิลีนไม่เกิน 1 ไมโครลิตร/กก./ชม. จากนั้นเมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ลองกองมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับลองกองที่อุณหภูมิ 5°ซ การผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา

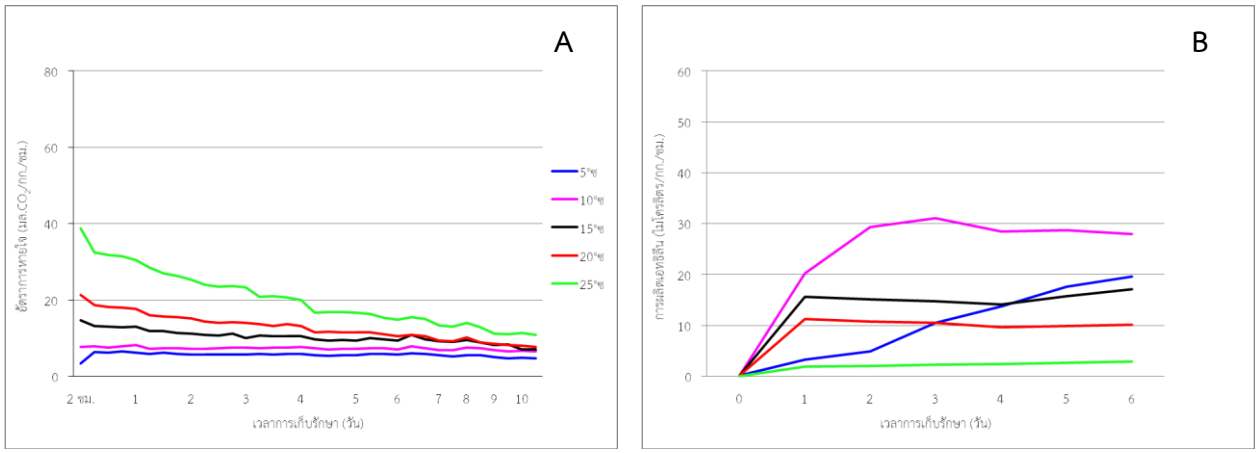


ภาพที่ 6 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของลองกองแบบช่อที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

7. กระท้อน

ภาพที่ 7A แสดงอัตราการหายใจของกระท้อนในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มสูงในช่วงแรกของการเก็บรักษา จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยกระท้อนมีอัตราการหายใจเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ เท่ากับ 5.64, 7.36, 10.40, 12.89 และ 20.33 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ

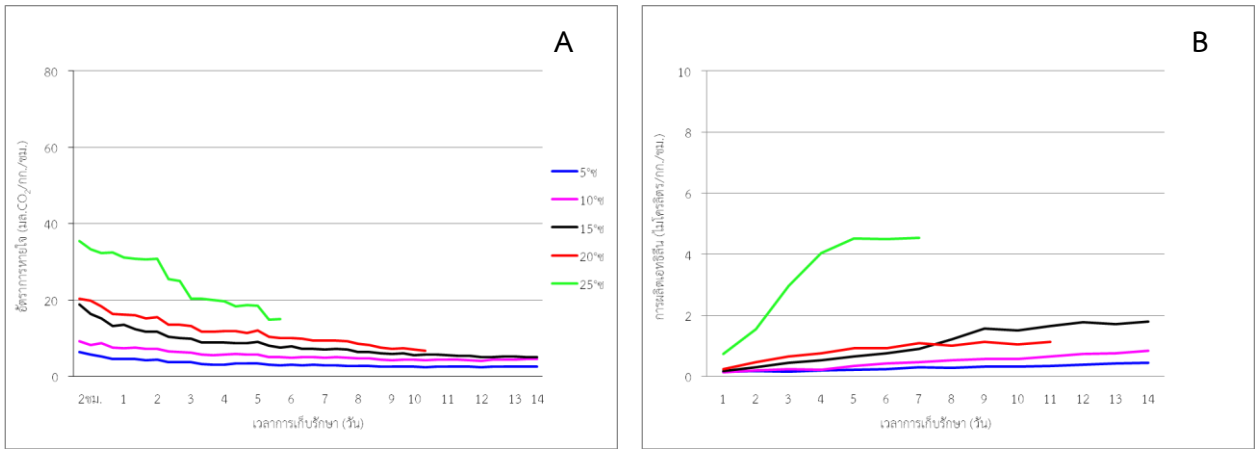
กระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายมีการผลิตเอทิลีนต่ำที่อุณหภูมิ 25°ซ คือมีเอทิลีนเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 ไมโครลิตร/กก./ชม. ในขณะที่อุณหภูมิ 5, 10 และ 20°ซ กระท้อนมีการผลิตเอทิลีนสูงกว่า โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 10°ซ ที่มีเอทิลีนเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิ 25°ซ ถึง 10 เท่า (ภาพที่ 7B)



ภาพที่ 7 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของกระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

8. สละพันธุ์สุมาลี

สละพันธุ์สุมาลีมีอัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20°ซ ไปในทิศทางเดียวกันคือ ในช่วงแรกอัตราการหายใจสูง จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงซึ่งมีอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-20 มล.CO_2/กก./ชม. (ภาพที่ 8A) ส่วนอัตราการหายใจของสละพันธุ์สุมาลีที่อุณหภูมิ 25°ซ ในช่วงแรกมีอัตราการหายใจต่ำและเพิ่มขึ้นถึง 10 เท่า เมื่อเก็บรักษานาน 2 ชม. จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง จากภาพที่ 8B ที่อุณหภูมิ 5 และ 10°ซ สละพันธุ์สุมาลีมีการผลิตเอทิลีนแนวโน้มสูงขึ้นแต่ไม่เกิน 1 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนที่ 15 และ 20°ซ ปริมาณเอทิลีนมีค่าอยู่ใน 1-2 ไมโครลิตร/กก./ชม. และที่อุณหภูมิ 25°ซ มีการผลิตเอทิลีนเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 ไมโครลิตร/กก./ชม.

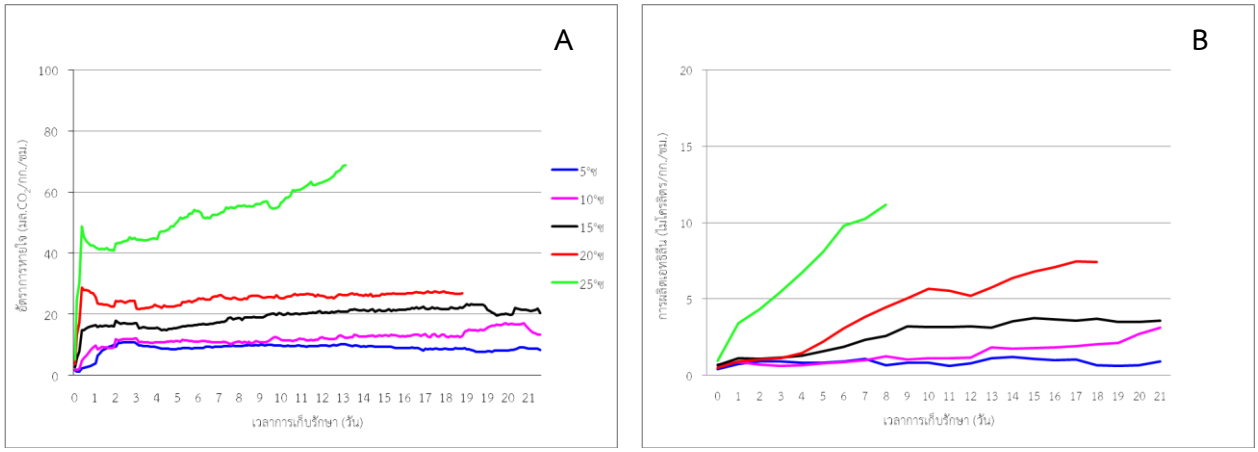


ภาพที่ 8 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของสละพันธุ์สุมาลีที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

9. สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

ที่ 5, 10, 15 และ 20°ซ สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 8.8, 12.1, 19.2 และ 25.2 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 9A) โดยอัตราการหายใจจะสูงในช่วงแรกของการเก็บรักษา แล้วจะลดลง จากนั้นจะคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนอัตราการหายใจของสับปะรดที่ 25°ซ มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดเวลาเก็บรักษา

ในช่วง 1-4 วันของการเก็บรักษาการผลิตเอทิลีนของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองทุกอุณหภูมิมีปริมาณใกล้เคียงกันคือ ไม่เกิน 1.0 ไมโครลิตร/กก./ชม. จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แล้วจะคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นที่ 25°ซ เอทิลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยเพิ่มจาก 0.93 เป็น 11.2 ไมโครลิตร/กก./ชม. ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 9B)



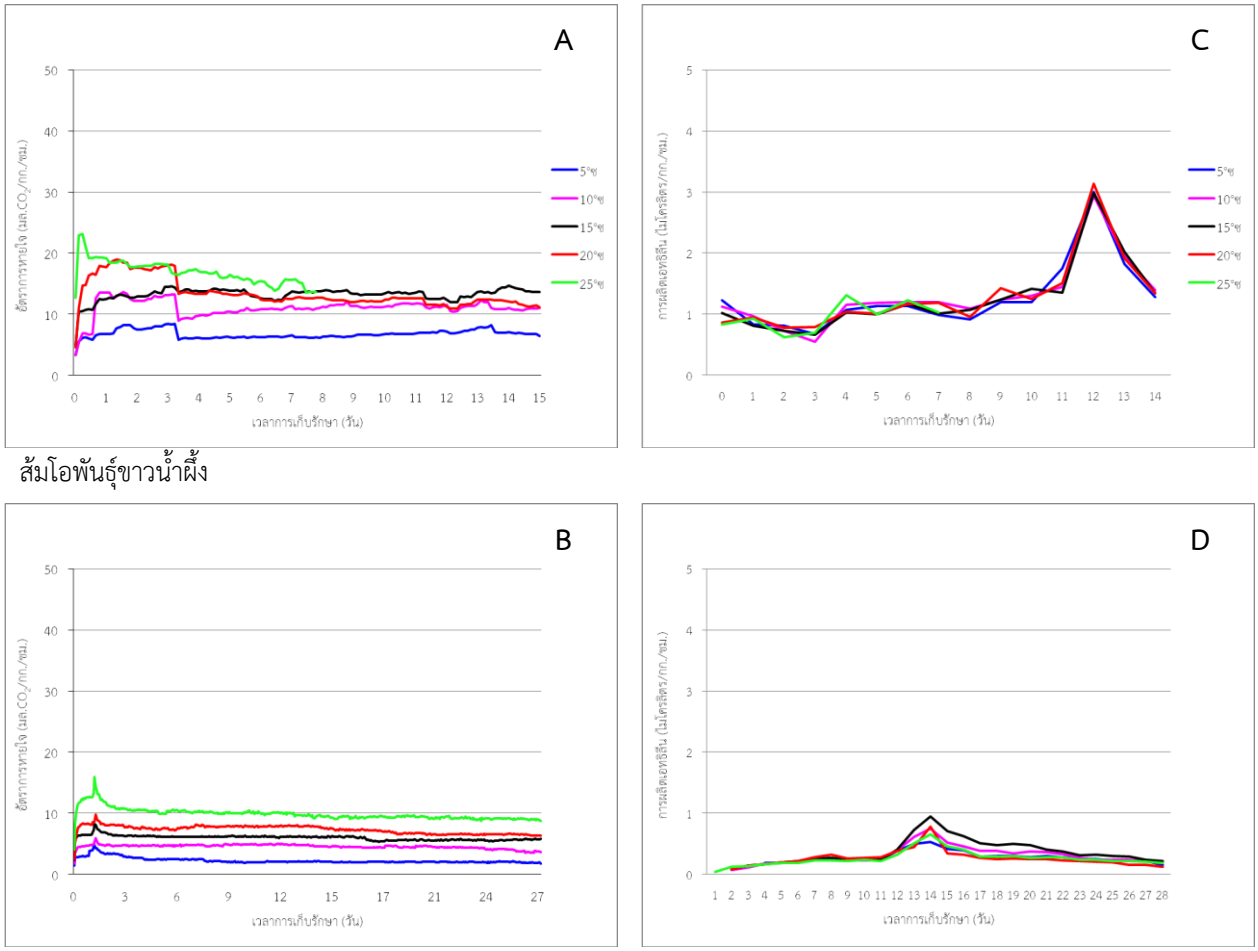
ภาพที่ 9 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

10. ส้มสายน้ำผึ้ง / ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ส้มส้มสายน้ำผึ้งทุกอุณหภูมิมีอัตราการหายใจสูงในช่วง 1-3 วันของการเก็บรักษา แล้วจะค่อยๆ ลดลง โดยมีอัตราการหายใจเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ เท่ากับ 6.7, 11.1, 13.2, 13.4 และ 16.9 มล. CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 10A) สำหรับอัตราการหายใจของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในช่วงแรกอัตราการหายใจจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แล้วจะค่อยๆ ลดลงและคงที่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 10B) โดยส้มโอเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ มีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 2.2, 4.5, 6.0, 7.3 และ 9.9 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ

การผลิตเอทธินลีนของส้มสายน้ำผึ้งทุกอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน คือ ในช่วงวันแรกถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ส้มสายน้ำผึ้งมีเอทิลีนไม่เกิน 1 ไมโครลิตร/กก./ชม. จากนั้นสูงขึ้นเล็กน้อยไม่เกิน 3 ไมโครลิตร/กก./ชม. ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 10C) ส่วนส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในทุกอุณหภูมิมีการผลิตเอทิลีนไปในทิศเดียวกัน คือ เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน เอทิลีนจะมีปริมาณสูงขึ้น แต่ไม่เกิน 1 ไมโครลิตร/กก./ชม. แล้วจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อรักษานานขึ้น (ภาพที่ 10D) เนื่องจากส้มโอเป็นพืชในกลุ่ม Non-climatic ซึ่งมีการผลิตเอทิลีนค่อนข้างต่ำ

ส้มสายน้ำผึ้ง

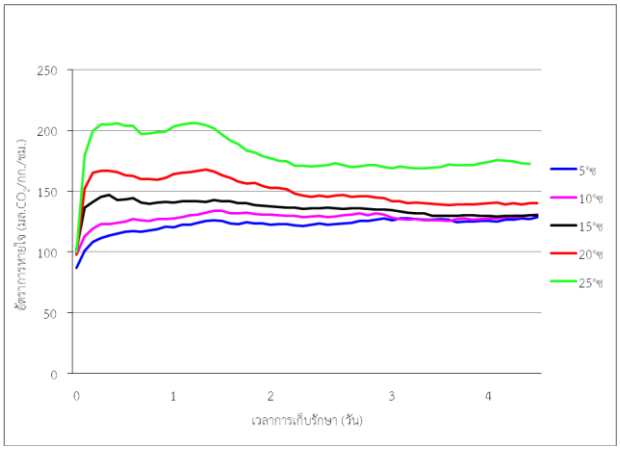


ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ภาพที่ 10 อัตราการหายใจ (A และ B) และการผลิตเอทิลีน (C และ D) ของส้มสายน้ำผึ้ง และส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

11. กะเพรา

กะเพราที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ คือ 5°ซ และ 10°ซ จะมีอัตราการหายใจคงที่ตลอดเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าประมาณ 120-140 และ 120-130 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ กะเพราที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 25°ซ จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่นๆ โดยจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในวันแรกของการเก็บรักษา และค่อยๆลดลงเมื่อเข้าสู่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ซึ่งจะมีอัตราการหายใจอยู่ระหว่าง 160-200 มล.CO_2/กก./ชม. (ภาพที่ 11)

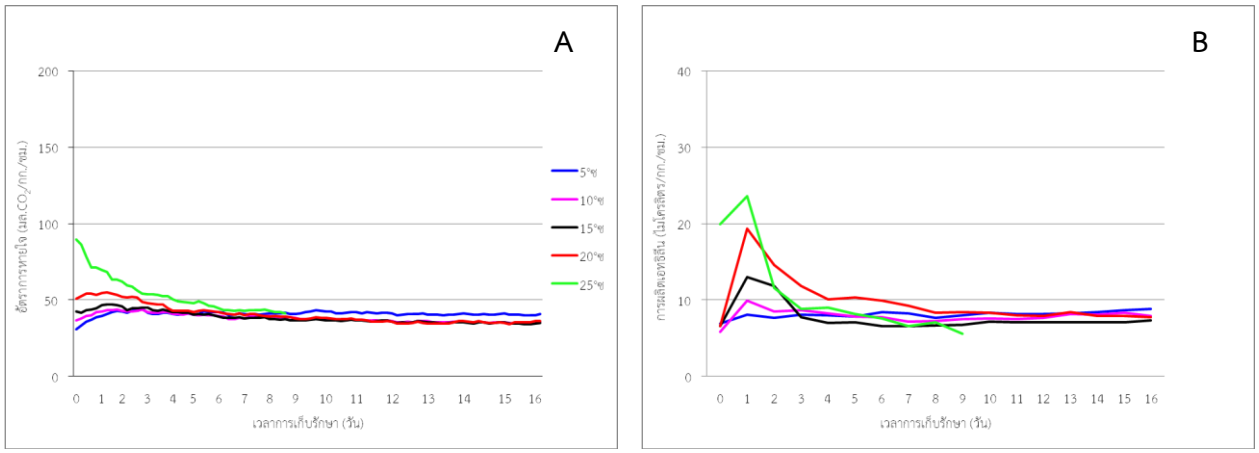


ภาพที่ 11 อัตราการหายใจของกะเพราขาว ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

12. ชะพลู

ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20°ซ ชะพลูมีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ ชะพลูมีอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 30-50 มล.CO_2/กก./ชม. (ภาพที่ 12A) ยกเว้นชะพลูที่อุณหภูมิ 25°ซ ในช่วงแรกมีอัตราการหายใจสูงกว่าอุณหภูมิอื่น จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง และเสื่อมสภาพในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา

การผลิตเอทิลีนของชะพลูในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 1-2 วัน จากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชะพลูมีการผลิตเอทิลีนเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ เท่ากับ 8.1, 7.9, 7.6, 9.7 และ 10.8 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 12B)

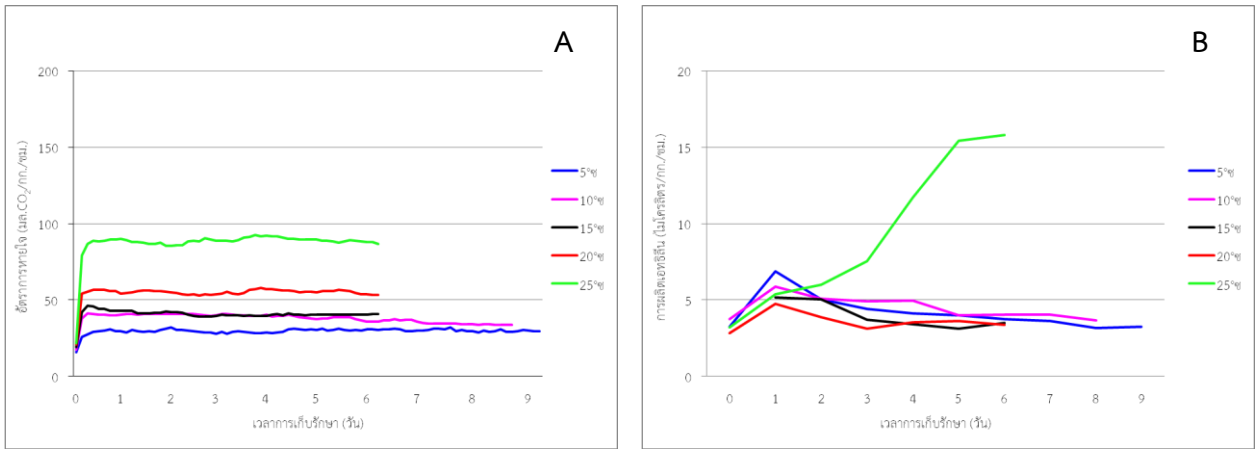


ภาพที่ 12 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของชะพลูที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

13. ต้นหอม

อัตราการหายใจของต้นหอมที่อุณหภูมิ 10 และ 15°ซ ไม่แตกต่างกันคือ มีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 40 มล.CO_2/กก./ชม. ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 13A) ส่วนที่ 5°ซ ต้นหอมมีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 29.6 มล.CO_2/กก./ชม. ในขณะที่ 25°ซ มีอัตราการหายใจสูงถึง 87.4 มล.CO_2/กก./ชม.

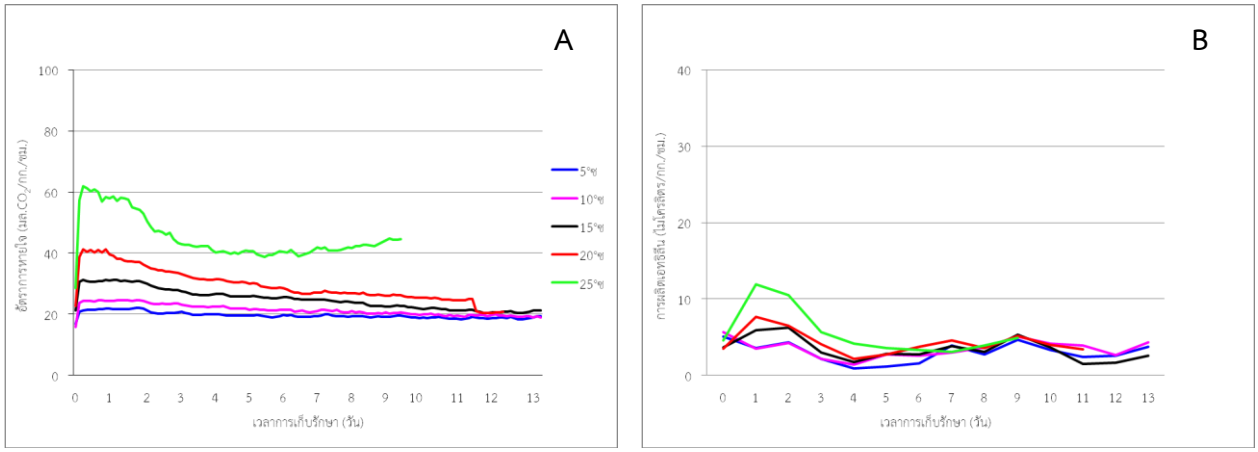
จากภาพที่ 13B ในวันแรกของการเก็บรักษาต้นหอมทุกอุณหภูมิมีการผลิตเอทิลีนใกล้เคียงกันในระดับ 3 ไมโครลิตร/กก./ชม. จากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 5-6 ไมโครลิตร/กก./ชม. เมื่อเก็บรักษานาน 1 วัน แล้วจะค่อยๆ ลดลง ยกเว้นที่อุณหภูมิ 25°ซ เอทิลีนมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา



ภาพที่ 13 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของต้นหอมที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

14. ตะไคร้

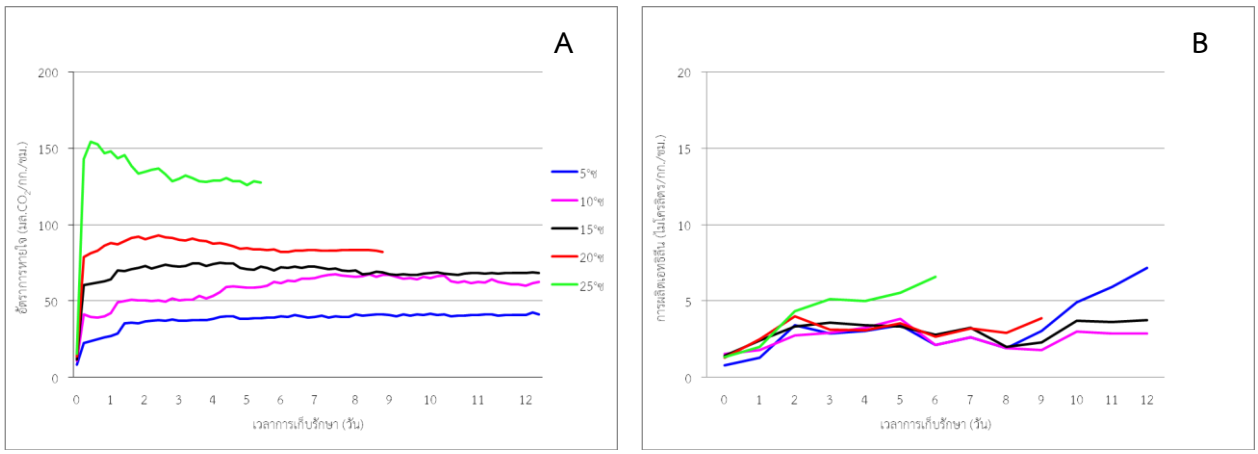
อัตราการหายใจของตะไคร้ทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ใน 1-2 วันแรกมีอัตราการหายใจค่อนข้างสูง และจะลดลงจนคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่ 25°ซ มีอัตราการหายใจสูงถึง 60 มล.CO_2/กก./ชม. ส่วนที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20°ซ มีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 19.7, 21.4, 24.9 และ 29.5 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 14A) ส่วนการผลิตเอทิลีนของตะไคร้ที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ มีแนวโน้มสูงในช่วง 1-2 วันแรก (ภาพที่ 14B) จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง โดยมีการผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 3-6 ไมโครลิตร/กก./ชม. ส่วนที่อุณหภูมิ 5 และ 10°ซ ตะไคร้มีการผลิตเอทิลีนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.0-3.5 ไมโครลิตร/กก./ชม.



ภาพที่ 14 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของตะไคร้ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

15. ถั่วฝักยาว

ถั่วฝักยาวที่ 5, 10, 15 และ 20°ซ มีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 37.9, 58.2, 68.9 และ 84.3 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 15A) ซึ่งอัตราการหายใจมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 25°ซ ถั่วฝักยาวมีอัตราการหายใจสูงขึ้นถึง 9 เท่าจากวันแรกของการเก็บรักษา เป็น 152.2 มล.CO_2/กก./ชม. ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา สำหรับการผลิตเอทิลีนของถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ มีเอทิลีนเฉลี่ยเท่ากับ 3.3, 2.6, 3.0, 3.0 และ 4.2 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 15B) ซึ่งถั่วฝักยาวมีแนวโน้มการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

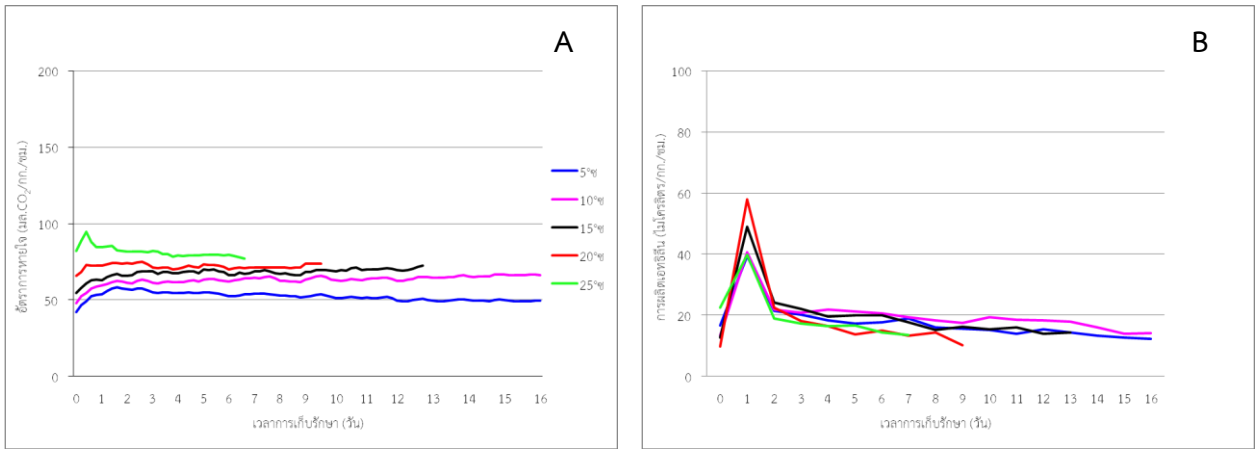


ภาพที่ 15 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของถั่วฝักยาวที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

16. ใบบัวบก

อัตราการหายใจของใบบัวบกที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20°ซ มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยแต่ละอุณหภูมิใบบัวบกมีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 52.2, 63.2, 67.8 และ 72.0 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 16A) สำหรับใบบัวบกที่อุณหภูมิ 25°ซ มีอัตราการหายใจสูงช่วงวันแรกจากนั้นจะค่อยๆ ลดลง

จากภาพที่ 16B แสดงการผลิตเอทิลีน คือในช่วงวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ใบบัวบกในทุกอุณหภูมิมีการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นเฉลี่ยจากวันแรกถึง 2-3 เท่า จากนั้นปริมาณเอทิลีนมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา แล้วคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

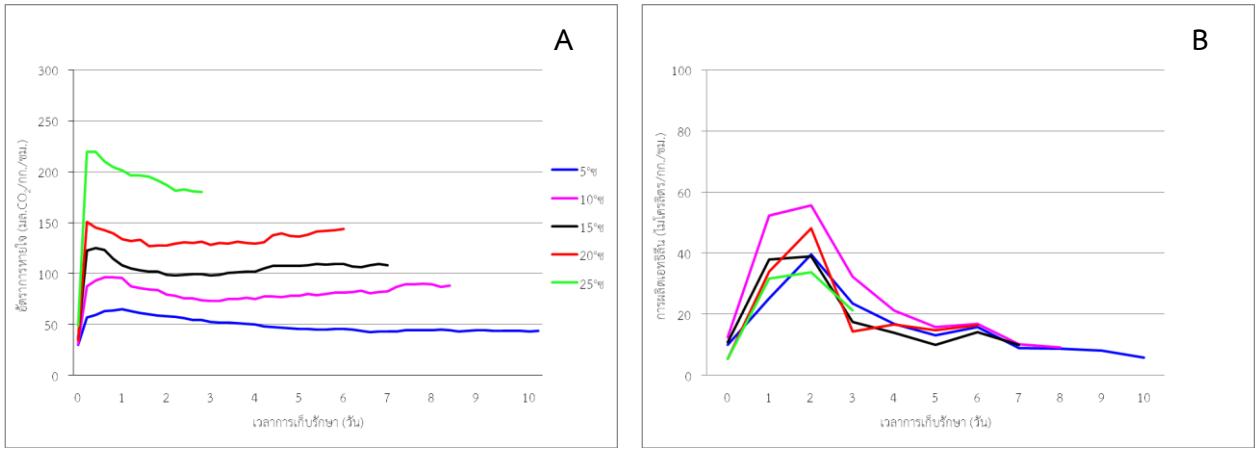


ภาพที่ 16 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของใบบัวบกที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

17. ผักชีไทย

ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ ผักชีไทยมีอัตราการหายใจสูงมากในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา แล้วจากนั้นจะลดลง

โดยอัตราการหายใจเฉลี่ยของผักชีไทยมีค่าเท่ากับ 47.3, 82.8, 105.0, 131.9, 186.2 มล.CO_2/กก./ชม. จากภาพที่ 17A แสดงอัตราการหายใจเฉลี่ยที่สูงส่งผลให้ผักชีไทยที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ มีอายุการเก็บรักษาสั้นเพียง 7, 5 และ 2 วัน ตามลำดับ การผลิตเอทิลีนของผักชีไทยในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในช่วง 1-3 วันแรกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง จนคงที่ โดยเอทิลีนเฉลี่ยของผักชีไทยเก็บรักษาที่ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ เท่ากับ 15.9, 25.1, 19.2, 21.4 และ 23.0 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับ (ภาพที่ 17B)

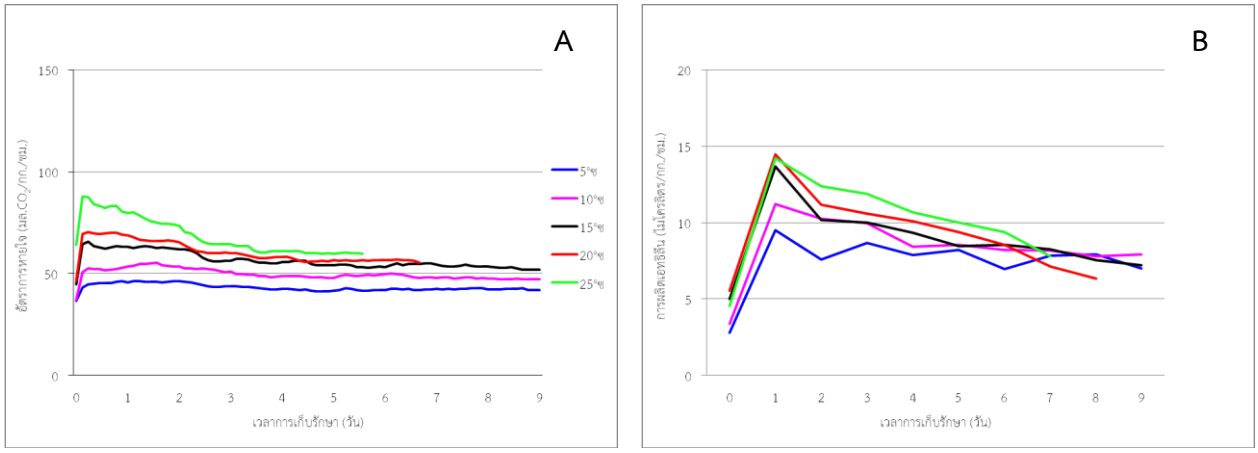


ภาพที่ 17 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของผักชีไทยที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

18. ผักชีฝรั่ง

อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งทุกอุณหภูมิค่อนข้างสูงถึงแม้จะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ภาพที่ 18A) โดยมีอัตราการหายใจเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ มีค่าเท่ากับ 36.5, 37.2, 44.7, 46.6 และ 59.6 มล. CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ เนื่องจากผักชีฝรั่งเป็นผักที่มีปากใบจำนวนมากทำให้มีอัตราการหายใจสูงตามไปด้วย ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้น

จากภาพที่ 18B ผักชีฝรั่งในทุกอุณหภูมิมีการแนวโน้มการผลิตเอทิลีนไปในทิศทางเดียวกันคือ ในวันแรกของการเก็บรักษาปริมาณเอทิลีนมีปริมาณเพิ่มขึ้น จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ มีปริมาณเอทิลีนสูงกว่าอุณหภูมิอื่น

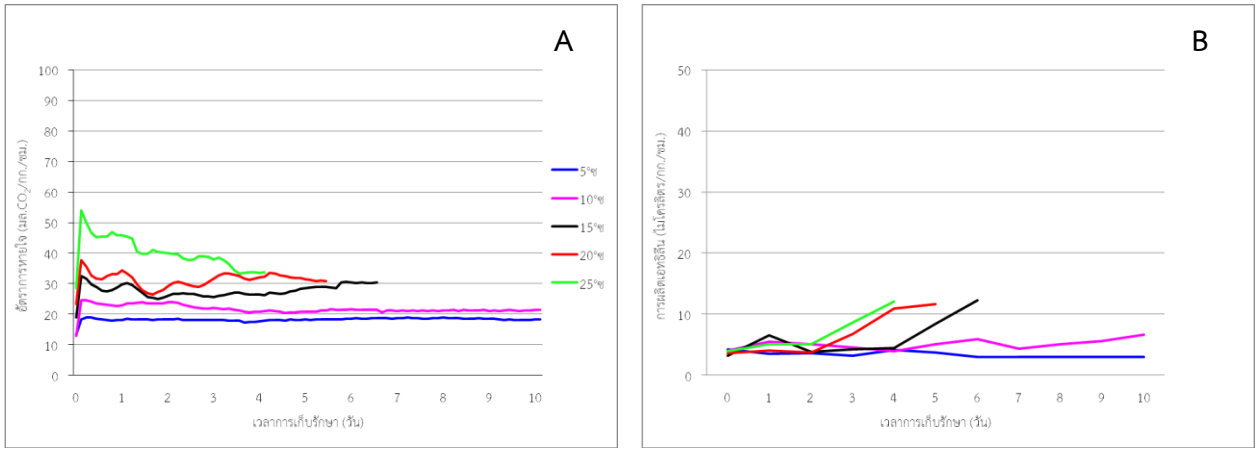


ภาพที่ 18 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

19. ผักบุ้งจีน

ผักบุ้งทุกอุณหภูมิมีอัตราการหายใจเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ ในช่วง 1-2 วัน แรกของการเก็บรักษามีแนวโน้มสูง จากนั้นอัตราการหายใจของผักบุ้งจะค่อยๆ ลดลง จนคงที่ (ภาพที่ 19A) โดยผักบุ้งมีอัตราการหายใจเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ เท่ากับ 18.2, 21.8, 28.1, 31.3 และ 40.1 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ

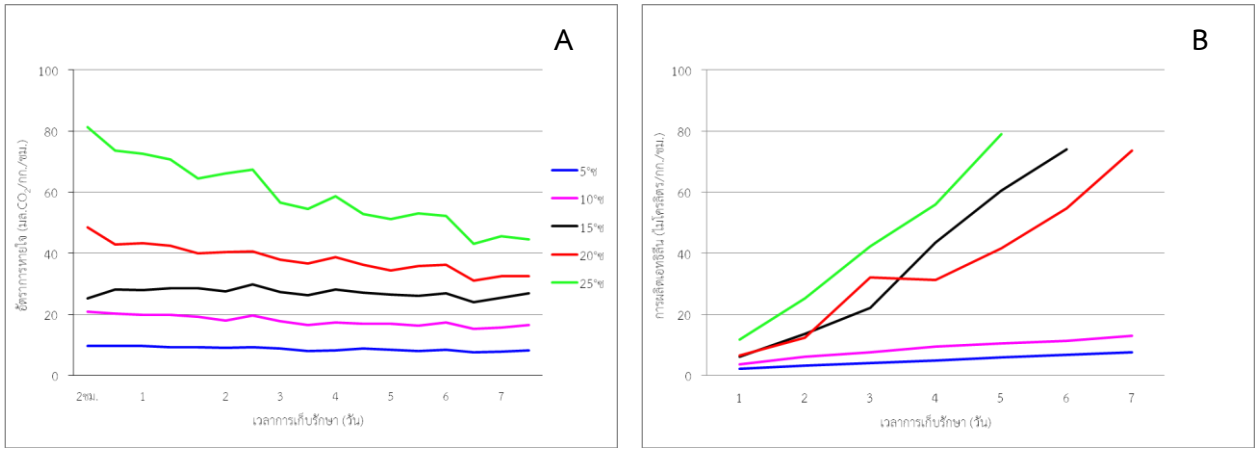
ที่ 5°ซ ผักบุ้งมีการผลิตเอทิลีนคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีการผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 3.0-4.0 ไมโครลิตร/กก./ชม. ส่วนที่อุณหภูมิ 10, 15, 20 และ 25°ซ มีการผลิตเอทิลีนเฉลี่ยเท่ากับ 5.1, 6.1, 6.8 และ 7.0 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับ ซึ่งการผลิตเอทิลีนของผักบุ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 19B)



ภาพที่ 19 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของผักบุ้งจีนที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

20. พริก

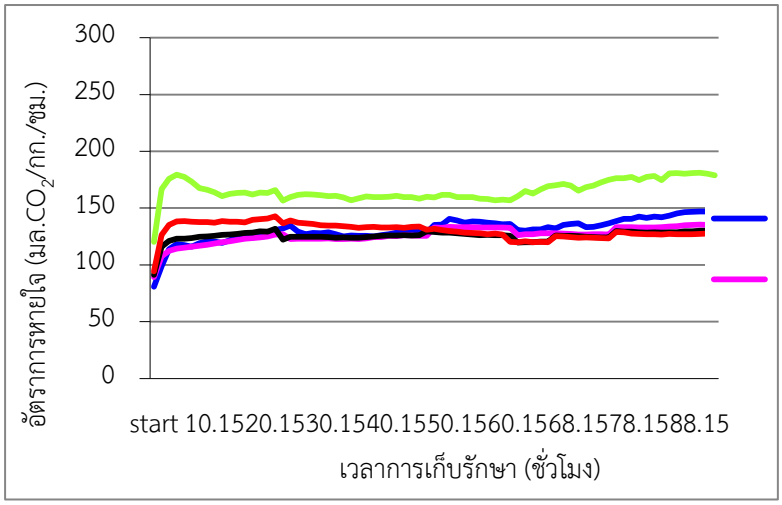
พริกขี้หนูสีเขียวมีอัตราการหายใจคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาที่ 5 และ 10°ซ โดยอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-20 มล.CO_2/กก./ชม. ส่วนที่อุณหภูมิ 25°ซ อัตราการหายใจจะสูงในวันแรกของการเก็บรักษาจากนั้นมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษาโดยลดลงถึง 50% จากวันแรกของการเก็บรักษา (ภาพที่ 20A) สำหรับการผลิตเอทิลีนของพริกขี้หนูสีเขียวทุกอุณหภูมิไม่แตกต่างกันคือ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาโดยที่อุณหภูมิ 5 และ 10°ซ พริกขี้หนูสีเขียวมีปริมาณเอทิลีนเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 และ 7.8 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับ ส่วนปริมาณเอทิลีนเฉลี่ยของพริกขี้หนูที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ มีปริมาณสูงขึ้นมากจากวันแรกของการเก็บรักษาถึง 80% (ภาพที่ 20B)



ภาพที่ 20 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของผักบุ้งจีนที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

21. แมงลัก

แมงลักเก็บรักษาในอุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20°ซ จะมีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 120-130 มล.CO_2/กก./ชม. และค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ส่วนที่อุณหภูมิ 25°ซ แมงลักมีอัตราการหายใจสูงกว่าอุณหภูมิอื่น โดยมีอัตราการหายใจอยู่ที่ 150-180 มล.CO_2/กก./ชม.

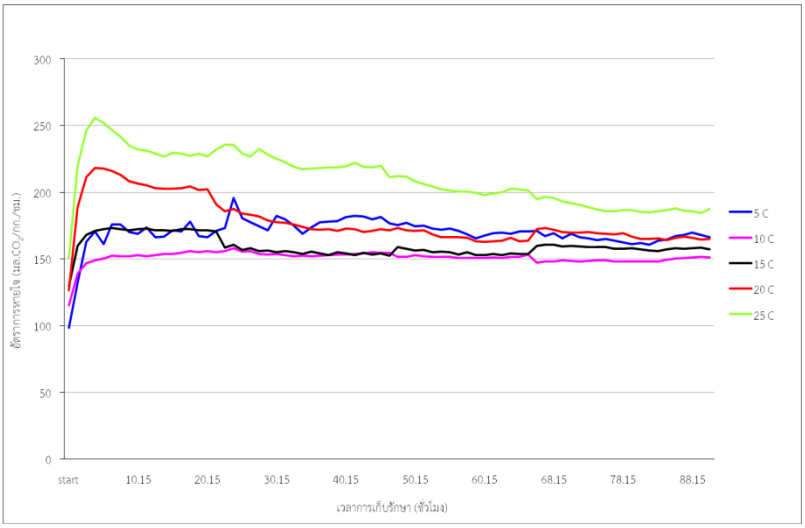


ภาพที่ 21 อัตราการหายใจของแมงลัก ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

22. โหระพา

อัตราการหายใจของโหระพาที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 5, 10 และ 15°ซ จะมีค่าคงที่และใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดยจะมีอัตราการหายใจเท่ากับ 171, 151 และ 159 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ เช่นเดียวกับโหระพาที่เก็บในอุณหภูมิ 20°ซ ซึ่งจะมีอัตราการหายใจสูงในวันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะ

ลดลงใกล้เคียงกับการเก็บรักษาที่ 5°ซ ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°ซ จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่นๆ คือประมาณ 210 มล.CO_2/กก./ชม. โดยมีอัตราการหายใจลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานยิ่งขึ้น



ภาพที่ 22 อัตราการหายใจของโหระพา ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20 และ 25°ซ

2. ผลกระทบของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลิตผลสด

1. แก้วมังกรพันธุ์ไทย (เนื้อสีขาว)

การเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ แก้วมังกรสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 2% เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ส่วนที่อุณหภูมิอื่นผลิตผลสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 1) โดยเมื่อเก็บรักษานาน 8-10 วัน แก้วมังกรมีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ระหว่าง 6-8% และการสูญเสียน้ำหนักของแก้วมังกรเมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25°ซ พบว่ามีทิศทางเพิ่มสูงขึ้น

ความสดของผลแก้วมังกรในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 1) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิห้อง เก็บรักษานาน 4 วัน ผลแก้วมังกรจะเสื่อมสภาพไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากผลเริ่มเน่า สำหรับอุณหภูมิอื่นกลีบเลี้ยงจะเหี่ยวและแห้งมากเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ซึ่งการเก็บรักษาทุกอุณหภูมินาน 12 วัน ไม่พบว่าการผิดปกติจากความเย็น แต่จะพบเนื้อแก้วมังกรมีลักษณะคล้ายวุ้น เมื่อเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ นาน 10-12 วัน อายุการเก็บรักษาแก้วมังกรพันธุ์ไทย ที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15 และ 20°ซ ได้นาน 8, 8, 12, 8, 8, และ 4 วัน ตามลำดับ แล้วเมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ ได้เพียง 1-2 วัน (ภาพที่ 23) การเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจะพบปัญหาผลเน่า เช่นเดียวกับที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องเก็บรักษานาน 4 วัน ผลจะเน่าและมีเชื้อรา

ตารางที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักและความสดของแก้วมังกรพันธุ์ไทย (เนื้อสีขาว) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)						ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	4	6	8	10	12	
	การสูญเสียน้ำหนัก (%)						
2	0.60de	0.58c	0.56e	0.70f	1.06e	1.50d	0.83
5	0.43e	0.45c	0.79e	0.88f	2.11d	0.97d	0.94
10	0.56de	0.84c	1.57b	1.73e	5.91b	2.33c	2.16
12	1.14bcd	2.45b	3.94b	4.15c	5.07c	6.80a	3.93
15	0.92cde	2.63b	2.83c	3.15d	6.51a	4.48b	3.42
20	1.34bc	2.58b	4.37c	5.20b			3.37
25	2.12a	4.13a	5.85a	8.01a			5.03
RT*	1.59ab	3.91a	5.80a				3.77
	ความสด (คะแนน)						
2	4.7	4.7a	4.7a	5.0 a	5.0 a	4.3 a	4.73
5	4.7	5.0a	4.7a	5.0 a	4.8 a	4.3 a	4.75
10	5.0	4.7a	4.3a	4.7 a	4.7 ab	3.7 ab	4.52
12	4.7	4.7a	4.3a	4.7 a	4.3 ab	3.3 ab	4.33
15	4.7	3.7b	3.3b	4.0 a	4.0 a	2.7 b	3.73
20	4.7	3.7b	3.3b	2.3 b	1.7 b		3.14
25	4.7	3.7b	3.0b	1.7 b			3.28
RT	4.7	3.0b	2.0c				3.23

* คืออุณหภูมิห้อง (28-30°ซ)

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 23 แก้วมังกรพันธุ์ไทย (เนื้อสีขาว) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง

2. กล้วยไข่ / กล้วยหอม

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงบรรจุกล้วยไข่ พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานยิ่งขึ้น โดยกล้วยไข่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดถึง 12% ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ อยู่ระหว่าง 4-8% ทำให้ที่ขั้วผลมีอาการเปลือกแตกและผิวสีดำ คล้ายกับรอยช้ำ ซึ่งน่าจะเกิดจากอาการ CO_2 injury เมื่อนำไปบ่มจนสุก บริเวณแผลมีอาการเน่า และพบเชื้อรา สำหรับปริมาณก๊าซออกซิเจนในช่วงแรกของการเก็บรักษาพบว่า มีปริมาณสูงในทุกอุณหภูมิ โดยเฉพาะที่ 2 และ 5°ซ หลังจากเก็บรักษาได้ 4 วัน ปริมาณออกซิเจนจะลดลงในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา ส่วนปริมาณ CO_2 ภายในถุงบรรจุกล้วยหอมที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 5% เป็น 17% เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ส่งผลให้เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อผ่าดูเนื้อด้านใน พบว่า เนื้อกล้วยมีลักษณะนิ่มเละ ฉ่ำน้ำ และมีกลิ่นผิดปกติ ซึ่งน่าจะเกิดจากอาการ CO_2 injury ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ จะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ คือ 2-5% และมีสภาพปกติ

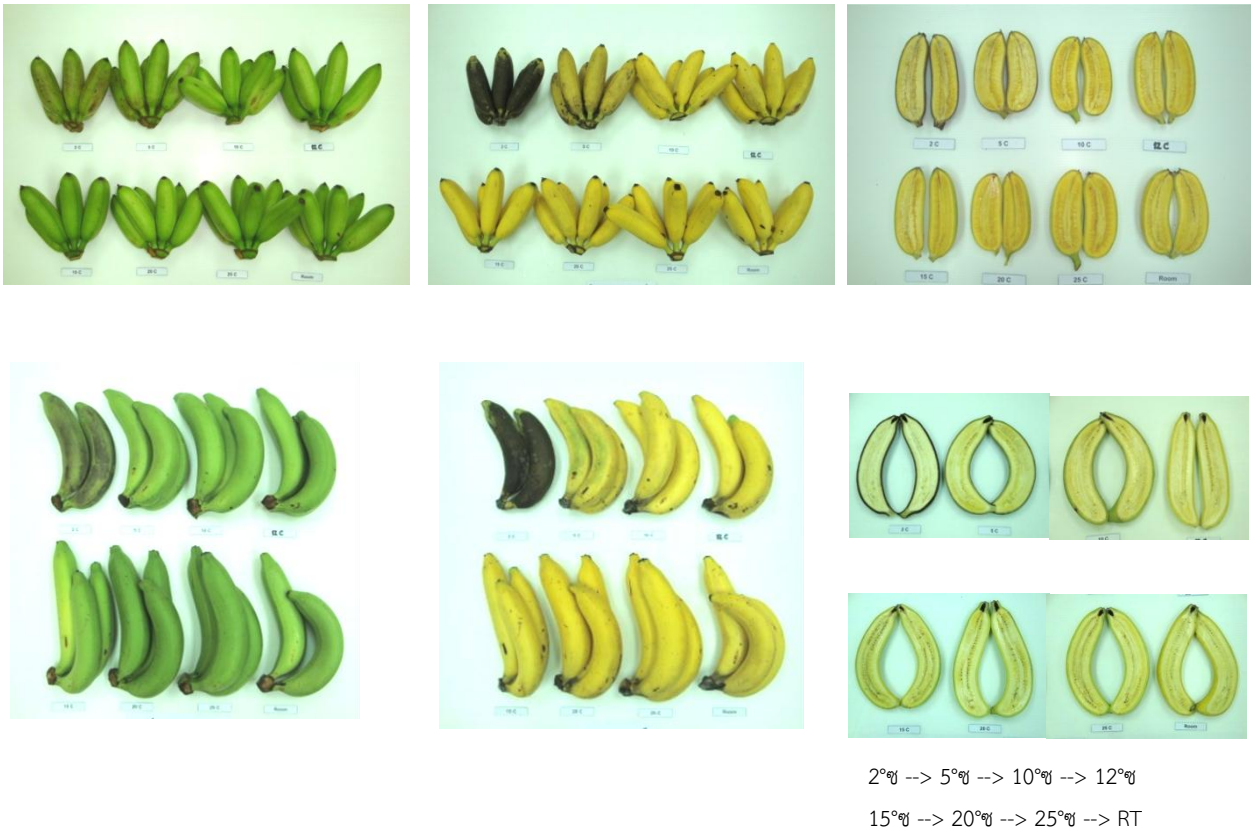
สีผิวกล้วยไข่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 และ 5°ซ) จะมีค่าความสว่าง (L) ของเปลือกลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น เปลือกกล้วยไข่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำมาบ่มและเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากกล้วยไข่ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำจะเกิดอาการ chilling injury ผิวเริ่มเป็นจุดสีน้ำตาลและขยายไปจนทั่วทั้งผล ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ ไม่พบอาการดังกล่าว เมื่อดูจากค่า L พบว่าไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างก่อนบ่มและหลังบ่ม แต่จะเริ่มมีค่า L ต่างกันเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อบ่มแล้วเก็บต่อที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ค่า L เพิ่มมากขึ้น นั่นหมายถึงสีเปลือกของกล้วยไข่มีความสว่างเพิ่มขึ้น สำหรับค่า b ของกล้วยที่เก็บในอุณหภูมิ 2°ซ และ 5°ซ จะมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำออกมาบ่ม และวางต่อที่อุณหภูมิห้อง หมายความว่า เปลือกกล้วยไข่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเข้มขึ้น (เข้าใกล้สีน้ำเงิน) ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิอื่นๆ เมื่อนำมาบ่ม ค่า b จะมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่า เปลือกกล้วยไข่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งหมายถึงกล้วยไข่มีการสุกและเปลี่ยนสีได้ปกติที่อุณหภูมิสูง ส่วนที่ 2°ซ เปลือกกล้วยไข่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากอาการ chilling injury

ค่าความสว่าง (L) ของเปลือกกล้วยหอมที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ คือ 2°ซ จะมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 47.8 ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆจะมีค่า L ประมาณ 53-60 และจะมีค่าความสว่างลดลงอย่างชัดเจนเมื่อบ่มกล้วยและย้ายไปวางต่อที่อุณหภูมิห้อง โดยกล้วยที่เก็บในอุณหภูมิ 2°ซ จะมีค่า L ต่ำที่สุด คือ 39.7 ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ จะมีค่าความสว่างอยู่ที่ 52-64 เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำส่งผลให้สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวกลายเป็นสี

น้ำตาล ส่วนค่าความเข้ม (b) ของเปลือกกล้วยหอม พบว่า กล้วยหอมที่เก็บรักษาในห้องเย็น จะมีค่า b ประมาณ 30-40 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อย้ายออกจากห้องเย็นวางต่อที่อุณหภูมิห้อง แสดงว่าเปลือกกล้วยหอมเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มมากขึ้น จากการทดลอง พบว่า กล้วยหอมที่เก็บในอุณหภูมิ 2°ซ จะมีค่า b ต่ำที่สุด รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 5°ซ โดยจะมีค่า b เท่ากับ 7.1 และ 8.5 ตามลำดับ เมื่อย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้องได้ 4 วัน ในขณะที่การเก็บกล้วยหอมที่อุณหภูมิอื่นๆ จะมีค่า b อยู่ในช่วง 43-52 หมายความว่า กล้วยที่อุณหภูมิ 10 12 15 20 25 และ RT เมื่อนำมาบ่มและวางต่อที่อุณหภูมิห้องจะเปลี่ยนสีผิวจากเขียวเป็นเหลืองได้ตามปกติ ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 2°ซ และ 5°ซ จะไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อนำมาบ่ม

กล้วยไข่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°ซ จะแสดงอาการ chilling injury เร็วกว่าที่อุณหภูมิอื่น โดยจะแสดงอาการตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา และจะแสดงอาการมากกว่า 50% ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา สำหรับที่เช่นเดียวกับที่อุณหภูมิ 5°ซ จะพบอาการ chilling injury ประมาณ 50% ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และเมื่อนำกล้วยไข่ออกมาบ่มและวางต่อที่อุณหภูมิห้อง พบว่า อาการ browning จะเห็นได้ชัดเจนและรุนแรงมากขึ้น กล้วยไข่ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 10°ซ จะแสดงอาการ browning ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาโดยจะต้องบ่มก่อนจึงจะเห็นอาการชัดเจนขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิอื่นๆ ไม่มีอาการ chilling injury ตลอดอายุการเก็บรักษา ลักษณะอาการ chilling injury ในกล้วยไข่จะเริ่มจากเกิดปื้นสีน้ำตาลที่เปลือกและขยายกระจายไปทั่วผล เมื่ออาการรุนแรงมากขึ้นเปลือกจะกลายเป็นสีน้ำตาลทั้งผล เมื่อนำมาบ่มจะไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเนื้อภายในจะกลายเป็นเนื้อใสๆ สีน้ำตาล (ภาพที่ 24)

สำหรับอาการ chilling injury ในกล้วยหอม พบว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยกล้วยหอมเก็บที่ 2°ซ แสดงอาการในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา และอาการจะรุนแรงทั้งผลเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ในขณะที่ 5°ซ จะแสดงอาการเพียงเล็กน้อย สำหรับอุณหภูมิอื่นๆ ไม่มีอาการ chilling injury (ภาพที่ 24) ส่วนการพัฒนาสีเปลือกของกล้วยหอมหลังบ่มด้วยสารเร่งสุก (เอทีฟอน ความเข้มข้น 500 ppm) พบว่า กล้วยหอมเก็บรักษาที่ 2°ซ ไม่มีการพัฒนาสีเปลือกเป็นสีเหลือง เนื้อกล้วยยังมีสีขาว ในขณะที่อุณหภูมิอื่นกล้วยหอมมีการพัฒนาสีเปลือกเป็นสีเหลืองปกติ



ภาพที่ 24 กล้วยไข่ และกล้วยหอมทอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง

3. ฝรั่ง

จากตารางที่ 2 ฝรั่งพันธุ์กิมจูในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 2, 5, 10 และ 12°ซ มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำมากคือไม่เกิน 1% ส่วนอุณหภูมิ 15, 20 และ 25°ซ สูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นเป็น 1.5% และที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 3% เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน โดยความสดผลของฝรั่งกิมจูเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12 และ 15°ซ มีการเปลี่ยนแปลงความสดผลเพียงเล็กน้อย กล่าวคือผลฝรั่งยังสดเหมือนเก็บมาใหม่ ส่วนการเก็บรักษาที่ 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ผิวของฝรั่งพันธุ์กิมจูจะเหี่ยวลงเล็กน้อย และมีแผลเน่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ส่วนค่าสีผิว L a b ของฝรั่งทุกอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) โดยค่าความสว่าง (L) เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 69 -70 ส่วนค่า a มีค่าอยู่ในช่วง 6.0 - 9.0เช่นเดียวกับค่า b ที่มีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 35-37 สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°ซ นาน 7 วัน ฝรั่งพันธุ์กิมจูไม่แสดงอาการผิดปกติจากความเย็นโดยทันที แต่อาการชัดเจนขึ้นเมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 วัน (ภาพที่ 25) และฝรั่งกิมจูจะแสดงอาการทันทีเมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน ที่ 2°ซ ส่วนที่อุณหภูมิอื่นไม่พบอาการผิดปกติดังกล่าว ฝรั่งพันธุ์กิมจูเก็บรักษาที่ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ได้นาน 6, 10, 21, 21, 21, 10, 7 และ 5 วัน ตามลำดับโดยไม่พบอาการผิดปกติ และสภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ภาพที่ 26)

ตารางที่ 2 การสูญเสียน้ำหนัก และความสดของฝรั่งพันธุ์กิมจู เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)														ค่าเฉลี่ย
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	18	21	อุณหภูมิเก็บรักษา
	การสูญเสียน้ำหนัก (%)														
2	0.08bc	0.14b	0.08bc		0.05c		0.09bc			0.37a					0.13
5	0.10b	0.14b	0.21b		0.08b		0.20b			0.43a					0.22
10			0.22cd			0.12d			0.34c		0.38bc	0.36bc	0.55ab	0.71a	0.45
12			0.18d			0.27d			0.39c		0.59b	0.77a	0.78a	0.85a	0.55
15			0.22d			0.36d			0.62c		0.83c	1.30b	1.40ab	1.55a	0.91
20		0.41c		0.59bc		0.59bc		0.82b		1.19a	1.47a				0.85
25		0.15d		0.29d		0.71c		0.72c		0.93b	1.59a				0.76
RT	0.31f	0.65e		1.26d	1.57c		2.07b			3.29a					1.52
	ความสด (คะแนน)														
2	5.0a	5.0a	5.0a		5.0a		4.7a			4.7a					5.0
5	5.0a	5.0a	5.0a		5.0a		5.0a			5.0a					5.0
10			5.0a			5.0a			5.0a		5.0a	5.0a	5.0a	5.0a	5.0
12			4.7a			5.0a			5.0a		5.0a	5.0a	5.0a	4.7a	4.9
15			4.7ab			5.0a			5.0a		5.0a	4.7a	5.0a	4.3b	4.8
20		5.0a		5.0a		5.0a		5.0a		4.7ab	4.3b				4.8
25		5.0a		5.0a		5.0a		4.7a		4.3a	3.3b				4.5
RT	5.0a	5.0a		4.7a	4.7a		4.3a			2.3b					4.3

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 ค่าสีผิว (L a b) ของฝรั่งพันธุ์กิมจู เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)														ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	18	21	
	ค่าความสว่าง (L)														
2	68.ab	66.4b	68.1ab		71.3a		69.4ab			71.3a					69.0
5	71.6a	70.1a	69.8a		70.3a		68.6a			67.9a					69.7
10			69.0a			72.3a			69.0a		71.1a	70.8a	69.1a	69.3a	70.2
12			69.5a			64.4b			70.2a		70.0a	72.4a	70.1a	70.5a	69.6
15			70.7a			68.6a			70.7a		70.1a	71.4a	69.8a	69.8a	70.1
20		67.6a		67.0a		69.5a		70.9a		67.4a	67.2a				68.3
25		66.7a		67.6a		69.8a		70.5a		69.8a	71.7a				69.3
RT	71.2a	69.8a		70.8a	70.9a		69.0a			72.5a					70.7
	ค่า a														
2	-8.7a	-9.4a	-9.5a		-7.9a		-8.2a			-7.9a					-8.6
5	-8.5a	-8.7a	-8.3a		-8.0a		-9.7a			-8.6a					-8.1
10			-9.7b			-7.2a			-7.3a		-7.7a	-8.1ab	-9.0ab	-8.7ab	-8.3
12			-9.0b			-9.5b			-8.2ab		-9.6b	-6.6a	-8.5ab	-8.2ab	-5.8
15			-8.8a			-9.5a			-9.1a		-8.6a	-7.9a	-8.3a	-8.3a	-8.7
20		-9.4a		-9.6a		-7.9a		-8.2a		-9.4a	-9.6a				-9.0
25		-10.2b		-9.4ab		-8.2ab		-8.7ab		-8.5ab	-7.5a				-8.8
RT	-7.9a	-8.3a		-8.6a	-8.8a		-8.5a			-7.2a					-8.2
	ค่า b														
2	36.6a	35.9a	36.9a		35.9a		35.9a			37.6a					36.5
5	35.2a	36.7a	35.8a		36.1a		36.8a			36.8a					36.2
10			35.9cd			36.5cd			35.8d		36.6bcd	37.5ab	38.2ab	38.9a	37.1
12			37.8ab			38.5a			35.9b		37.33ab	35.9b	37.1ab	38.1a	37.3
15			37.0a			36.9a			36.7		37.5a	36.2a	37.9a	36.7a	37.0
20		35.9a		36.7a		37.3a		36.5a		37.4a	37.0a				36.8
25		36.2a		35.7a		36.1a		36.1a		36.4a	36.1a				36.1
RT	35.8a	35.9a		35.7a	36.5a		36.0a			35.5a					35.9

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 25 อาการผิดปกติของฝรั่งพันธุ์กิมจูเก็บรักษาที่ 2°ซ นาน 7 วัน ย้ายเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 วัน

ภาพที่ 26 ฝรั่งพันธุ์กิมจูเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง

2.4 มะม่วง

การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มะม่วงทั้ง 2 พันธุ์มีการสูญเสียน้ำหนักจากวันแรกของการเก็บรักษาสูงขึ้นถึง 10 เท่า ในขณะที่อุณหภูมิอื่นมีการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นอยู่ในช่วง 4-7% เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน

ค่าความสว่าง (L) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาในทุกอุณหภูมิ มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ระหว่าง 70-72 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มีค่าอยู่ระหว่าง 77-79 การเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่างจะลดลงเล็กน้อย และเมื่อย้ายมาเก็บรักษารักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 วัน ค่าความสว่างของมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ ไม่แตกต่างกัน คือมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่า L อยู่ในช่วง 70-75 และมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่า L อยู่ระหว่าง 75-80 ค่า a ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20, 25 และ อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา แสดงว่าผลมะม่วงมีการพัฒนาสีผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ยกเว้นที่อุณหภูมิต่ำผลมะม่วงไม่มีการพัฒนาสีผิวเป็นสีเหลืองเนื่องจากค่า a มีค่าติดลบ ส่วนมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเก็บรักษาที่ 2, 5, 10, 12 และ 15°ซ มีค่า a ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 4-8 ยกเว้นที่อุณหภูมิ 20, 25 และอุณหภูมิห้องที่ค่า a มีแนวโน้มสูงขึ้นตาม

อายุการเก็บรักษา ส่วนค่าความเข้ม (b) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10 และ 15° ซ มีค่าอยู่ในช่วง 35-40 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีค่า b อยู่ระหว่าง 30-40 ส่วนที่อุณหภูมิ 20, 25 และอุณหภูมิห้อง ค่าความเข้มของมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา และเมื่อย้ายผลมะม่วงมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25°ซ พบว่าค่าความเข้ม (b) มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากกนัก การเก็บรักษา มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 6 วัน หลังออกจาห้องเย็นพบอาการผิดปกติจากความเย็นคือ ท่อน้ำท่ออาหารของผลมะม่วงมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอาการจะรุนแรงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ ผลมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์จะไม่แสดงอาการทันทีที่ออกจากห้องเย็น แต่จะแสดงอาการผิดปกติเมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองจะแสดงอาการผิดปกติเร็วกว่าพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 กล่าวคือ จะเริ่มแสดงอาการเมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ที่ 10°ซ แล้วย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 วัน ส่วนมะม่วงน้ำดอกไม้พันธุ์เบอร์ 4 จะเริ่มแสดงอาการเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ นาน 10 วัน แล้วย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 วัน ในขณะที่อุณหภูมิอื่นไม่พบอาการผิดปกติดังกล่าว

ตารางที่ 4 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)							ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา
	2	4	6	8	10	12	14	
	น้ำดอกไม้เบอร์ 4							
2	1.03de	1.45e	2.69e	2.89cd	4.00d			2.41
5	0.99e	0.98f	1.06g	1.62e	1.52e			1.23
10	1.26c	1.47e	1.70fg	1.95de	2.56de	2.67	2.97e	2.08
12	1.50b	2.22d	3.86d	5.57b	6.12c	6.23c	8.14c	4.81
15	1.18cd	1.47e	2.29ef	3.42c	3.55d	4.21d	5.77d	3.13
20	1.69b	2.58c	4.91c	5.69b	7.28c	7.25c	9.18c	5.51
25	2.23a	3.40b	6.80b	5.63b	10.02b	11.52b	15.16b	7.82
RT	2.04a	3.88a	8.99a	7.74a	13.26a	13.48a	18.19a	9.65
	น้ำดอกไม้สีทอง							
2	1.21c	1.32e	2.61e	3.21d	4.43de			2.56
5	0.99c	0.91e	1.16g	1.45e	1.62g			1.23
10	1.20c	1.34de	1.88f	2.01de	2.74fg	2.73f	3.04d	2.13
12	1.58b	2.08c	4.11d	6.63c	5.34d	5.74d	7.55c	4.72
15	1.08c	1.50d	2.02ef	2.73de	3.54ef	4.22e	4.99d	2.87

20	1.29bc	2.74b	5.92c	6.62c	6.82c	7.87c	8.98c	5.75
25	1.96a	2.97b	7.03b	8.39b	11.50b	11.50b	15.26b	8.37
RT	2.29a	4.49a	8.37a	11.39a	16.20a	14.76a	18.97a	10.92

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 ค่าสีผิว (L a b) และอาการผิดปกติของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)							ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา
	2	4	6	8	10	12	14	
	ค่าความสว่าง (L)							
2	70.9	69.9ab	68.7d	68.8c	69.2b			69.5
5	71.2	71.2ab	70.3bcd	72.4ab	71.6a			71.3
10	72.2	70.2ab	71.8abc	72.9a	71.6a	69.5b	72.8ab	71.6
12	70.9	70.4ab	68.9d	72.9a	69.3b	71.2ab	72.7ab	70.9
15	72.3	68.8b	72.0abc	70.7b	71.2a	72.3ab	74.3a	71.7
20	71.4	72.9a	72.6a	72.7a	71.3a	73.2a	69.6c	71.9
25	72.8	71.2ab	70.1cd	71.9	70.7ab	69.3b	70.3bc	70.9
RT	72.9	72.8ab	72.1ab	73.4ab	70.0ab	70.2ab	69.1c	71.5
	ค่า a							
2	-5.1ab	-5.8bcd	-4.4cd	-4.7de	-2.8c			-4.6
5	-5.5b	-5.9bcd	-6.1d	-4.3de	-4.5c			-5.3
10	-3.8a	-6.9d	-2.9bc	-4.3de	-3.9c	-3.2c	-2.0d	-3.9
12	-5.1ab	-5.0bcd	-5.7d	-3.1d	-4.6c	-3.6c	-1.9d	-4.1
15	-5.2ab	-6.2cd	-3.9cd	-5.3e	-2.7c	-3.4c	1.8c	-3.6
20	-4.2ab	-3.9ab	-1.2b	0.6c	5.1b	2.3b	11.2b	1.4
25	-4.6b	-4.6bc	-2.9bc	5.6b	11.4a	9.8a	13.6ab	4.0

RT	-4.7ab	-2.1a	3.0a	8.4a	11.2a	10.6a	12.4a	5.5
				ค่า b				
2	38.7a	38.1ab	36.8c	35.5c	35.4c			36.9
5	39.1a	36.8abc	37.7bc	36.6c	37.2c			37.5
10	38.9a	37.4abc	36.1c	35.5c	36.9c	39.2c	36.6c	37.2
12	37.7ab	38.7abc	37.2bc	36.7c	36.5c	38.1c	36.6c	37.4
15	34.7c	38.6ab	37.9bc	36.2c	37.2c	38.7c	37.8c	37.3
20	38.8a	36.1bc	36.7c	40.1b	40.1b	42.3b	45.5b	39.9
25	34.8c	35.3c	39.3ab	43.7a	43.7a	47.9a	48.4a	41.9
RT	36.3bc	35.9c	40.3a	40.9a	40.9b	43.5b	45.8b	40.5

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6 ค่าสีผิว (L a b) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)							ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บรักษา
	2	4	6	8	10	12	14	
				ค่าความสว่าง (L)				
2	79.1	77.9	75.8bc	72.1c	70.4c			75.1
5	78.7	78.9	78.1a	78.6a	78.1a			78.5
10	78.3	79.1	77.5ab	78.3a	77.9a	79.3a	78.4a	78.4
12	78.9	78.2	78.3a	78.5a	77.3a	77.4ab	76.5a	77.9
15	78.3	77.8	78.6a	78.3a	76.8a	76.5bc	76.3a	77.5
20	78.8	77.3	75.7bc	75.9b	72.6b	74.6cd	71.0b	75.1
25	78.4	78.2	75.1c	74.8b	72.5b	72.8de	70.1bc	74.6
RT	77.6	78.6	76.0bc	74.4b	70.5c	70.9e	67.1c	73.6
				ค่า a				
2	6.1ab	6.4	5.5b	4.8d	5.1d			5.6
5	5.8ab	5.6	4.4c	6.0c	5.9d			5.5

10	6.7ab	5.8	6.2b	6.0c	4.9d	5.4a	5.8b	5.8
12	4.1c	5.8	5.8b	5.7cd	7.1c	6.9ab	7.3b	6.1
15	6.0ab	6.1	5.4bc	6.0c	7.3c	7.8b	8.3b	6.7
20	5.2b	5.8	8.3a	9.0b	11.6b	9.7c	13.8a	9.0
25	6.4a	6.6	8.9a	9.7ab	11.4b	12.5d	15.5a	10.1
RT	6.5a	6.1	8.6a	10.4a	14.1a	13.7d	15.2a	10.7
				ค่า b				
2	34.4bc	35.8ab	36.6bc	32.9d	31.6c			34.3
5	35.6abc	35.9ab	35.2bcd	35.5c	35.7b			35.6
10	36.8ab	36.3a	37.5b	34.1cd	34.5b	34.0b	33.4d	35.2
12	35.9abc	35.6ab	33.3d	33.9cd	36.0b	34.9b	34.2cd	34.8
15	35.5abc	36.8a	34.6cd	36.0c	35.9b	37.4b	38.7bc	36.4
20	34.7abc	35.9ab	41.1a	39.6b	42.3a	44.6a	46.2a	40.6
25	33.7c	33.7b	41.8a	42.3a	44.6a	48.2a	46.3a	41.5
RT	37.0a	35.1ab	37.0b	41.8ab	43.4a	43.9a	40.8ab	39.9

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.5 มังคุด

มังคุดระยะสายเลือดและระยะสีชมพูเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิ มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่อุณหภูมิห้องมังคุดทั้ง 2 ระยะสุก มีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 17-20% และเมื่อย้ายมังคุดทั้ง 2 ระยะสุก มาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25°ซ การสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา และการเก็บรักษามังคุดระยะสายเลือดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10°ซ นาน 10, 10 และ 20 วัน ผลมังคุดไม่มีการพัฒนาสีผลจากระยะสายเลือดเป็นระยะชมพู แดง และม่วง ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ มังคุดมีการพัฒนาสีผลเป็นปกติ แต่การเก็บรักษานานขึ้นผลมังคุด ก้านผล และกลีบเลี้ยง มีความสดลดลง เช่นเดียวกับมังคุดระยะสีชมพูเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2, 5 และ 10°ซ) ไม่มีการพัฒนาสีผลเช่นกัน สำหรับมังคุดที่ย้ายมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25°ซ พบว่า มังคุดทั้ง 2 ระยะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2, 5 และ 10°ซ) มังคุดไม่มีการพัฒนาสีผล ในขณะที่มังคุดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12, 15 และ 20°ซ เมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ มังคุดมีการพัฒนาสีผลเป็นสีม่วงเข้ม

การเก็บรักษามังคุดระยะสายเลือดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 2 และ 8 วัน จะพบอาการผิดปกติจากความเย็นโดยจะพบจุดสีดำคล้ำที่กลีบเลี้ยงเป็นอันดับแรก และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะพบอาการที่บริเวณก้านผลด้วย ส่วนมังคุดระยะสีชมพูจะแสดงอาการผิดปกติจากความเย็นเมื่อเก็บรักษาที่ 2°ซ นาน 6 วัน และเมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ ผลมังคุดจะแข็ง ก้านผลและกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มทั้งหมด ส่วนอุณหภูมิอื่นไม่พบอาการผิดปกติ

ตารางที่ 7 การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดระยะสายเลือด และระยะสีชมพู เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)													ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	20	25	
	สายเลือด													
2	1.02d		1.16cd		1.27cd	1.84b		3.10a						1.68
5	1.02e		1.43d		1.70c	2.31b		4.35a						2.16
10			1.75e			2.13d			3.38c		4.27b	6.91a		3.69
12				1.94e				3.69d		4.05c		5.81b	7.52a	4.60
15				2.06e				3.44d		5.32c		8.05b	12.45a	6.26
20			2.23e			4.30d			5.70c		9.17b	12.45a		7.05
25		2.92e			6.18d		9.50c		13.31b	17.97a				9.98
RT		3.56e			8.64d		11.56c		16.44b	20.62a				12.16
	สีชมพู													
2	0.86e		1.06d		1.53c	2.02b		2.83a						1.66
5	1.12d		1.27d		2.09c	2.78b		2.98a						2.05
10		1.07e			1.63d		2.30c		2.76b	3.18a				2.19
12			1.42e			2.78d			3.49c		3.76b	6.85a		3.66
15			1.56e			4.60d			5.71c		9.14b	9.54a		6.11
20		1.94d			2.09d		4.78c		5.48b	15.72a				6.00
25	2.65e		5.07d		8.06c	10.16b		15.56a						8.30
RT	3.16e		7.43d		10.31c	13.17b		17.34a						10.28

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสีผล (คะแนน) ของมังคุดระยะสายเลือด และระยะสีชมพู เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)													ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	20	25	

	สายเลือด												
2	1.3a		1.3a		1.4a	1.6a		1.6a					1.4
5	1.3a		1.4a		1.5a	1.7a		1.7a					1.5
10			1.5a			2.2a			1.9a		1.7a	1.8a	1.8
12				2.5c				3.5b		3.6b		3.8b	4.8a	3.6
15				2.6d				3.6c		4.1b		4.6a	5.0a	4.0
20			3.5d			3.6c			4.5b		4.8ab	5.0ab		4.4
25		3.4c			4.5b		5.0a		5.0a	5.0a				4.6
RT		3.8c			4.6b		5.0a		5.0a	5.0a				4.7
	สีชมพู												
2	2.0b		2.0b		2.0b	2.3ab		2.4ab					2.1
5	2.5c		2.9bc		2.7c	3.2ab		3.5a					3.5
10		2.3b			2.5b		3.2a		3.1a	3.5a			2.9
12			3.2b			3.1b			3.2b		3.2b	4.4a		3.5
15			3.6b			4.7a			4.7a		4.9a	5.0a		4.6
20		3.3b			5.0a		4.7a		4.9a	4.8a				4.5
25	3.7b		4.9a		5.0a	5.0a		5.0a						4.7
RT	4.8a		4.7a		5.0a	5.0a		5.0a						4.9

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1=สายเลือด 2=ชมพู 3=แดง 4=ม่วง 5=ม่วงเข้ม

ตารางที่ 9 อาการผิดปกติ (คะแนน) ของมังคุดระยะสายเลือด และระยะสีชมพู เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)													ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	20	25	
	สายเลือด													
2	3.0c		3.2c		3.7b	4.0b		4.4a						3.7
5	1.0c		1.0c		1.0c	1.7b		4.7a						1.9
10			1.0			1.0			1.0		1.0	1.0		1.0
12				1.0				1.0		1.0		1.0	1.0	1.0
15				1.0				1.0		1.0		1.0	1.0	1.0
20			1.0			1.0			1.0		1.0	1.0		1.0
25		1.0			1.0		1.0		1.0	1.0				1.0
RT		1.0			1.0		1.0		1.0	1.0				1.0
	สีชมพู													
2	1.0d		1.0d		3.5c	3.8b		5.0a						2.9
5	1.0		1.0		1.0	1.0		1.0						1.0
10		1.0			1.0		1.0		1.0	1.0				1.0
12			1.0			1.0			1.0		1.0	1.0		1.0
15			1.0			1.0			1.0		1.0	1.0		1.0
20		1.0			1.0		1.0		1.0	1.0				1.0
25	1.0		1.0		1.0	1.0		1.0						1.0
RT	1.0		1.0		1.0	1.0		1.0						1.0

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

A	B	C

<u>ภาพที่ 27</u> อาการผิดปกติของมังคุดระยะสายเลือด (A และ B) และระยะชมพู (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ ระยะเวลาต่างๆ กัน

2.6 ลองกอง

จากตารางที่ 7 ลองกองแบบช่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ลองกองเก็บรักษาที่ 2°ซ มีการสูญเสียน้ำหนักผลเฉลี่ย 2.84% เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน สำหรับที่อุณหภูมิ 10 และ 12°ซ ลองกองสูญเสียน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นจาก 2% ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เป็น 9% ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา ส่วนที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักผลสูงขึ้นถึง 10 เท่า เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน สำหรับความสดของลองกองมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน คือการเก็บรักษานานขึ้นเปลือกจะแห้งและติดเนื้อเนื่องจากการสูญเสียน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาลองกองที่ 2, 5 และ 10°ซ นาน 3, 3 และ 8 วัน อาการผิดปกติยังแสดงไม่ชัดเจน แต่เมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2, 4 และ 2 วัน ตามลำดับ อาการผิดปกติจากความเย็นจะชัดเจนขึ้นคือ เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ และการเก็บรักษาที่ 2, 5 และ 10°ซ นาน 6, 9 และ 12 วัน ตามลำดับ ลองกองจะแสดงอาการผิดปกติจากความเย็นทันทีหลังออกจากห้องเย็น และอาการจะรุนแรงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น สำหรับการเก็บรักษาที่ 12 และ 15°ซ นานเกิน 9 วัน ผลลองกองจะร่วงจากช่อผล ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้องเก็บรักษานานเกิน 8 วัน จะพบปัญหาผลเน่าและมีเชื้อรา

ตารางที่ 10 การสูญเสียน้ำหนัก และคะแนนความสดของลองกองแบบช่อ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)										ค่าเฉลี่ย
เก็บรักษา(°ซ)	3	4	6	8	9	12	15	18	21	24	อุณหภูมิเก็บรักษา
	การสูญเสียน้ำหนัก (%)										
2	1.45d		2.12c		3.53b	4.26a					2.84
5	1.68d		2.58c		4.06b	4.49b	5.65a	6.18a	6.07a		4.39
10		2.23c		3.05bc		4.99b	4.07bc	7.29a	8.03a	8.93a	5.51
12		2.26c		3.10bc		4.72abc	6.03ab	6.38ab	8.19a	8.43a	5.59
15		3.12d		5.78c		6.91bc	8.56b	11.34a	13.26a		8.16
20	4.29c		5.93c		10.45b	14.02a					8.67
25	6.19d		10.62c		13.15b	16.87a					11.71
RT	5.05d		9.74c		12.95b	17.66a					11.35
	คะแนนความสด										
2	5.0a		3.0b		1.0c	1.0c					2.5

5	5.0a		4.0a		2.7b	2.3bc	1.7bcd	1.3cd	1.0d	2.6
10		5.0a		4.7a		2.3bc	2.7b	1.7bcd	1.3cd	1.0d	2.7
12		5.0a		4.7a		4.0b	4.0b	4.0b	2.7c	1.3d	3.7
15		4.3a		4.3a		4.3a	3.3ab	2.3bc	1.7c		3.4
20	4.0a		3.9a		3.1b	2.1c					3.3
25	4.7a		2.3b		2.3b	1.3b					2.7
RT	3.7a		2.0b		1.3bc	1.0c					2.0

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<u>ภาพที่ 28</u> อาการผิดปกติของลองกองแบบช่อ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ ระยะเวลาต่างๆ กัน

2.7 กระท้อน

การเก็บรักษากระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายในทุกอุณหภูมิมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยเก็บที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 6 และ 12 วัน ตามลำดับ มีการสูญเสียน้ำหนักผลเฉลี่ย 2-5% (ตารางที่ 11) ส่วนที่อุณหภูมิ 10, 12, 15 และ 20°ซ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 13-16% เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 25°ซ และอุณหภูมิห้อง กระท้อนสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 8-10% เมื่อเก็บรักษาเพียง 2 วัน ดังนั้นคะแนนความสดของกระท้อนเก็บรักษาที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องจึงลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษา 4 วัน เนื่องจากผลกระท้อนจะเหี่ยวและนิ่ม ส่วนคะแนนความสดของกระท้อนที่อุณหภูมิ 10, 12, 15 และ 20°ซ นาน 12 วัน คะแนนความสดผลไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ กระท้อนยังคงความสดเหมือนเก็บมาใหม่ แต่จะพบอาการผิดปกติจากความเย็น คือผิวเปลือกเป็นเป็นสีน้ำตาลซึ่งอาการผิดปกติดังกล่าวจะพบเมื่อเก็บรักษาที่ 2, 5 และ 10°ซ นาน 2, 4 และ 4 วัน ตามลำดับ โดยอาการจะรุนแรงตาม

ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิอื่นกระท้อนจะแสดงอาการผิดปกติเช่นกันแต่ความรุนแรงน้อยกว่าและยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 12)

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L) ของผิวเปลือกกระท้อนพบว่า ผลกระท้อนที่แสดงอาการผิดปกติ (2, 5 และ 10°ซ) ค่าความสว่างจะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ส่วนค่าความสว่างของผิวเปลือกกระท้อนเก็บที่ 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 60-70 ส่วนค่า a ของผิวเปลือกกระท้อนเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีค่าอยู่ใน 13-17 เช่นเดียวกับค่า b ที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 44-53 (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 11 การสูญเสียน้ำหนักของกระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)						ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	4	6	8	10	12	
	การสูญเสียน้ำหนัก (%)						
2	2.32b	3.16ab	3.89a				3.12
5	2.85b	3.46b	3.73b	5.31a	5.34a		4.14
10	3.52d	4.68d	6.67c	11.30b	11.71b	13.53a	8.57
12	4.45d	6.54c	7.57c	11.61b	11.55b	15.94a	9.61
15	4.20c	7.22c	12.12b	12.46ab	15.29ab	16.08a	9.33
20	6.78b	8.12b	8.85b	12.36a	12.56a	15.01a	10.61
25	8.26b	11.93b	15.78a				11.99
RT	10.78b	12.49b	18.99a				14.09

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 12 คะแนนความสด และคะแนนอาการผิดปกติของกระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)						ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	4	6	8	10	12	
	คะแนนความสด						
2	5.0	5.0	4.7				4.9

5	4.7	4.9	4.7	4.9	4.3		4.7
10	4.6	4.3	4.7	4.7	3.9	1.7	4.0
12	4.3a	4.0a	4.7a	4.7a	4.7a	2.7b	4.2
15	5.0a	4.7ab	4.7ab	4.0bc	4.0bc	3.3c	4.3
20	4.7ab	4.6ab	5.0a	3.7bc	3.7bc	3.0c	4.1
25	4.7a	2.3b	2.0b				3.0
RT	4.3a	1.7b	1.3b				2.4
			คะแนนอาการผิดปกติ				
2	4.0	3.7	5.0				4.2
5	2.0	2.7	3.0	4.7	4.9		3.5
10	2.9b	3.0b	3.1b	4.7a	4.7a	4.7a	3.9
12	1.9	2.3	1.9	2.3	2.7	2.3	2.2
15	1.7b	2.0ab	2.3ab	2.0ab	2.3ab	3.0a	2.2
20	1.0b	1.0b	1.3b	1.3b	1.5ab	2.0a	1.4
25	1.0b	2.0a	2.3a				1.8
RT	1.0c	1.9b	2.7a				1.9

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 13 ค่าความสว่าง (L) ค่า a และค่า b ของสีผิวของงกระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)						ค่าเฉลี่ย
เก็บรักษา(°ซ)	2	4	6	8	10	12	เวลาเก็บรักษา
			ค่าความสว่าง (L)				
2	68.8a	60.1b	60.1b				63.0
5	68.9a	63.3b	62.8bc	55.4d	57.6cd		61.6
10	65.8a	64.9ab	64.5abc	60.1bc	59.8c	39.0d	59.0
12	68.3a	65.3a	66.7a	63.3ab	57.1c	59.8bc	63.4
15	65.5ab	68.6a	68.0a	66.1a	59.8c	62.3bc	65.1
20	65.0a	67.6a	67.2a	64.9a	60.9ab	56.6b	63.7
25	64.9	67.3	67.3				66.5
RT	62.2	65.2	63.5				63.6
			ค่า a				
2	12.9b	16.5a	17.1a				15.5

5	13.6c	14.4bc	14.9bc	17.7a	15.4b		15.2
10	13.9b	15.5b	15.6b	14.8b	15.1b	19.8a	15.8
12	13.3	13.7	13.6	13.9	14.4	15.4	14.1
15	13.9ab	14.6ab	14.6ab	13.3b	15.7ab	16.0a	14.7
20	13.9b	14.2b	14.8ab	13.6b	16.9ab	17.9a	15.2
25	14.1	14.5	14.4				14.3
RT	17.3	15.9	18.1				17.1
			ค่า b				
2	46.9	43.8	45.8				45.5
5	45.4ab	47.5a	47.4a	41.9b	45.3ab		45.5
10	48.7a	45.5b	45.7b	46.1ab	46.3ab	29.2c	43.6
12	44.2c	45.3abc	49.0ab	49.3a	44.8bc	49.2a	47.0
15	48.0b	47.8b	47.9b	49.0b	53.6a	49.7b	49.3
20	47.1ab	44.7b	51.0a	46.9ab	49.1ab	44.5b	47.2
25	47.4	47.8	48.4				47.9
RT	45.0	46.6	46.0				45.9

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.8 สละพันธุ์สุมาลี

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ของสละเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10 และ 12°ซ มี O_2 เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18-20% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนสละเก็บที่อุณหภูมิ 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ปริมาณ O_2 มีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษาโดย O_2 ลดลงจาก 19-18% เหลือ 16-15% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา สำหรับ CO_2 ของสละทุกอุณหภูมิมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ มี CO_2 สะสมน้อยที่สุด คือ 1-2% ในขณะที่อุณหภูมิ 25°ซ และอุณหภูมิห้องมี CO_2 สะสมสูงสุดคือ 6% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

สละพันธุ์สุมาลีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นแต่ไม่เกิน 2% เช่นเดียวกับคะแนนความสดที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักโดยคะแนนความสดเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เหี่ยว (คะแนน 3) เมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ซึ่งยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่การเก็บรักษาสละที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 9 และ 12 วัน สละจะเริ่มแสดงอาการ chilling injury คือ เปลือกด้านในจะมีสีดำคล้ำ เนื้อมีสีดำและมีรสขม และอาการจะชัดเจนมากขึ้นเมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 วัน การเก็บรักษานานขึ้นอาการจะแสดงที่ผิวเปลือกด้วย ซึ่งผลสละเก็บรักษาที่ 2°ซ จะแสดงอาการรุนแรงกว่าอุณหภูมิ 5 และ 10°ซ ส่วนที่อุณหภูมิอื่นเนื้อสละมีสีดำและมีรสขมเช่นกันแต่น้อยกว่าสละที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาสละพันธุ์สุมาลีที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง เก็บรักษาได้นาน 6, 6, 12, 14, 14, 8, 8 และ 6 วัน ตามลำดับ และย้ายมาเก็บต่อที่ 25°ซ ได้นานไม่เกิน 2 วัน

ตารางที่ 14 ปริมาณ O_2 และ CO_2 ของสละพันธุ์สุมาลี เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)											ค่าเฉลี่ย
เก็บรักษา(℃)	2	3	4	5	6	8	9	10	12	14	16	อุณหภูมิเก็บรักษา
					ปริมาณ O_2 (%)							
2		19.85b			20.19a		20.26a		20.13a			20.1
5		20.00a			19.85a		19.92a		19.40b			19.8
10			19.68a			19.62a			19.14ab	18.81b	19.53a	19.4
12			19.33ab			19.85a			18.19c	18.15c	18.62bc	19.0
15			19.68a			18.94a			17.59b	17.73b	17.69b	18.3
20		19.12a			18.99a	18.51a		16.52b	15.53b			17.7
25	17.69a		18.54a		17.41a	15.53b		15.39b				16.9
RT	17.58a		17.72a		16.92a	15.17b						16.8
					ปริมาณ CO_2 (%)							
2		1.25a			0.72b		0.60b		0.79b			0.84
5		1.02b			1.47ab		1.10b		1.84a			1.36
10			1.52a			1.64a			2.22a	2.50a	2.47a	2.07
12			1.31c			1.85bc			2.79ab	3.05ab	3.30a	2.46
15			1.45c			2.08bc			3.01ab	3.36a	3.75a	2.73
20		2.17b			2.31b	2.91b		4.81a	5.22a			3.48
25	4.26bc		3.29c		3.81c	5.78ab		6.49a				4.73
RT	4.66ab		4.05b		4.20b	6.37a						4.82

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 15 การสูญเสียน้ำหนัก และคะแนนความสดของสละพันธุ์สุมาลี เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)	ค่าเฉลี่ย

เก็บรักษา(°ซ)	2	3	4	5	6	8	9	10	12	14	16	อุณหภูมิเก็บรักษา
					การสูญเสียน้ำหนัก (%)							
2		0.14a			0.04a		0.10a		0.18a			0.12
5		0.09a			0.47a		0.14a		0.36a			0.27
10			0.08b			0.37a			0.32a	0.29a	0.33a	0.28
12			0.09d			0.29bc			0.26c	0.32ab	0.36a	0.26
15			0.18b			0.27b			0.72a	0.49ab	0.53ab	0.44
20		0.17d			0.32c	1.01a		0.34c	0.56b			0.48
25	1.08ab		0.56b		0.76ab	1.69a		1.58ab				1.13
RT	0.34c		0.56bc		0.95b	1.86a						0.93
					ความสด (คะแนน)							
2		4.7ab			5.0a		4.0b		2.7c			4.1
5		5.0a			5.0a		4.7a		3.7b			4.6
10			5.0a			5.0a			4.3b	4.0b	3.3c	4.3
12			4.7a			4.7a			3.3b	3.7ab	3.0b	3.9
15			4.7a			4.7a			3.7ab	3.7ab	2.7b	3.9
20		4.3a			4.3a	3.7ab		4.0a	3.0b			3.9
25	4.7a		4.7a		4.0ab	3.0c		3.7bc				4.0
RT	4.3a		4.7a		4.3a	3.7a						4.3

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 16 Total soluble solid ของสละพันธุ์สุมาลี เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)											ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	3	4	5	6	8	9	10	12	14	16	
2		16.1ab			15.5b		16.4a		15.8ab			16.0
5		15.2b			16.2ab		16.6a		16.8a			16.2
10			16.4a			15.9b			16.3ab	16.4a	16.3ab	16.3
12			15.6a			16.1a			15.3a	15.1a	15.7a	15.6
15			15.9a			16.4a			15.6a	16.1a	15.9a	16.0
20		16.5a			15.3abc	15.9ab		15.2bc	14.6c			15.5
25	16.6a		15.9ab		15.0c	15.8b		15.5bc				15.8
RT	14.9a		15.1a		15.1a	15.5a						15.2

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 29 อาการผิดปกติของสละพันธุ์สุมาลี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ ระยะเวลาต่างๆ กัน

2.9 สับปะรด

จากตารางที่ 17 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองและพันธุ์ภูแลเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้อง สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองมีการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาถึง 8 เท่า ส่วนพันธุ์ภูแลมีการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้น 3 เท่า สำหรับอุณหภูมิอื่นสับปะรดทั้ง 2 พันธุ์มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3-10% ส่วนการพัฒนาสีผลพบว่าสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเก็บรักษาที่ 2, 5, 10 และ 12°ซ นาน 10-14 วัน สีผลมีการพัฒนาจากสีเขียวเป็นสีเขียวอมเหลือง ส่วนที่อุณหภูมิ 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มีการพัฒนาผลจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (ตารางที่ 18)

สำหรับค่าความสว่าง (L) ของเนื้อสับปะรดทุกอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 70-80 และค่า a ของเนื้อสับปะรดเก็บรักษาที่ 20, 25 และอุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนอุณหภูมิอื่นค่า a มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าอยู่ระหว่าง 2-6 และค่าความเข้ม (b) ของเนื้อสับปะรดทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดเวลาการเก็บรักษา ส่วนสับปะรดพันธุ์ภูแลเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงสีผลเป็นสีเหลืองเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ยกเว้นที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ สับปะรดมีสีผลอยู่ในเกณฑ์เขียวอมเหลือง แม้จะเก็บรักษานานถึง 15 วัน ส่วนค่าความสว่าง (L) ของเนื้อไม่แตกต่างกัน คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 75-80 ค่า a อยู่ในช่วง 0.1-3 และค่าความเข้ม (b) อยู่ระหว่าง 26-35 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่า การเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10°ซ นาน 4, 8 และ 10 วัน หลังออกจากห้องเย็นสับปะรดไม่แสดงอาการผิดปกติ แต่เมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 วัน สับปะรดจะมีอาการไส้ดำคือ เนื้อบริเวณรอบแกนผลจะเปลี่ยนแปลงสีดำ และการเก็บรักษานานขึ้นสับปะรดจะแสดงอาการไส้ดำทันทีที่ออกจากห้องเย็น ส่วนสับปะรดพันธุ์ภูแลเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 7 วัน โดยยังไม่แสดงอาการทันทีแต่จะแสดงอาการเมื่อย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ นาน 2 และ 4 วัน จะแสดงอาการผิดปกติทั้งที่เปลือกและเนื้อ โดยลักษณะ

ผิดปกติที่เปลือกจะแสดงอาการบริเวณตาผลจะมีสีดำคล้ำ ส่วนที่เนื้อจะมีลักษณะฉ่ำน้ำทั้งผล ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ตราดสีทองที่จะแสดงอาการบริเวณเนื้อรอบแกนผล

ตารางที่ 17 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง และพันธุ์ภูแลเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)														ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	18	
	สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง														
2		2.05		4.03b		6.69c		6.89bc		8.59cd					5.65
5		1.04		2.13b		3.10c		3.95d		5.46e					3.14
10		1.07		1.88b		4.58de		4.58cd		5.39e	6.25d	7.84c			4.38
12		1.69		3.34b		8.07c		8.07bc		8.83cd	11.49bc	13.75b			7.67
15		1.43		4.31b		5.81cd		5.81bcd		7.01de	7.96cd	12.29b			6.38
20		1.96		7.82a		9.14b		10.61a		10.89cd	12.77b	14.90b			9.73
25		2.67		6.92a		9.17b		12.46a		16.01b	20.87a	24.77a			13.27
RT		3.22		7.65a		12.61a		12.61a		20.36a	23.43a	25.85a			15.05
	สับปะรดพันธุ์ภูแล														
2	0.83	1.51c	1.76b	2.46b	2.56		3.44			4.40c					3.03
5	1.09	1.30c	1.90b	2.56b	2.45		2.35			3.96c					2.23
10			2.26b			4.63c			5.47b		5.87b		7.13b	7.84	5.53
12			3.33a			6.80b			6.59ab		9.62a		10.80a	8.71	7.64
15			3.28a			5.78bc			8.38a		9.54a		11.34a		7.66
20		4.36b		7.33a		7.49b		9.81b		13.82b					8.56
25		4.70b		7.65a		9.46a		9.61b		13.81b					9.05

RT	5.86a	7.08a	10.92a	12.93a	16.30a	10.62

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง และพันธุ์ภูแลเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)														ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	18	
	สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง														
2		1.0		1.3bc		1.0c		1.7cd		1.0c					1.2
5		1.0		1.0c		1.0c		1.0e		1.0c					1.0
10		1.0		1.0c		1.0c		1.0e		1.0c	1.3c	1.3c			1.1
12		1.0		1.0c		1.0c		1.3de		1.0c	1.3c	1.0c			1.1
15		1.0		1.0c		1.0c		2.0cd		1.7b	3.0b	2.0b			1.7
20		1.0		1.7b		1.7b		3.3b		4.0a	4.0a	4.0a			2.8
25		1.0		1.3bc		3.7a		4.0a		4.0a	4.0a	4.0a			3.1
RT		1.0		3.7a		4.0a		3.7ab		4.0a	4.0a	4.0a			3.5
	สับปะรดพันธุ์ภูแล														
2	1.4	2.0b	2.3	1.4c	1.7		1.4			3.0b					1.9
5	2.0	2.3ab	1.7	1.4c	2.1		2.0			2.0b					1.9
10			2.7			1.7c			2.4		2.4b		2.4b	3.4	2.5
12			2.0			1.3c			2.7		3.1b		3.7a	4.4	2.9

15			2.3			3.4b			3.4		4.4a		4.7a			3.6
20		2.1b		3.0b		3.7b		4.4b		4.5a						3.5
25		3.3a		4.7a		5.0a		5.0a		4.7a						4.6
RT		3.3a		5.0a		4.7a		5.0a		4.7a						4.6

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1=เขียว 2=เขียวอมเหลือง 3=เหลืองอมเขียว 4=เหลือง 5=เหลืองมาก

ตารางที่ 19 ค่า a ของสีเนื้อสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง และพันธุ์ภูแล เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)														ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	18	
	สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง														
2		71.1d		79.8a		78.4a		73.4de		71.9c	76.7bc				75.2
5		73.9c		69.2d		76.3ab		78.5a		70.7c	78.3abc				74.5
10		76.0bc		76.3b		76.3ab		78.4a		79.3a	79.7abc	74.2			77.2
12		78.1bc		76.1b		78.5a		75.6bcd		77.8a	78.8ab	77.7			77.5
15		77.3bc		76.9b		76.0ab		76.7abc		79.2a	76.0c	79.3			77.3
20		73.6c		75.6b		78.4a		77.5ab		78.7a	76.5bc	76.6			76.7
25		78.4bc		76.9b		75.0bc		74.4cde		74.4b	73.0d	74.1			75.2
RT		80.8a		71.8c		73.3c		72.1e		72.1bc	73.0d	74.4			73.9
	สับปะรดพันธุ์ภูแล														
2	77.5	76.7	77.7	77.5	78.1		79.7			78.4					77.7
5	76.4	77.6	79.2	79.2	79.4		78.8			70.0					77.2

10			79.7			79.0			79.8		78.7		80.0	79.4	79.4
12			79.1			80.4			78.4		79.5		79.2	78.2	79.1
15			78.7			80.2			78.1		78.5		78.4		78.8
20		77.6		80.0		78.8		77.9		78.9					78.6
25		79.6		77.8		77.3		78.0		78.1					78.1
RT		78.4		77.7		77.5		76.9		76.7					77.5

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 20 ค่า a ของสีเนื้อสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง และพันธุ์ภูแล เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)														ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	18	
	สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง														
2		4.6a		1.6d		2.5d		4.1bc		4.7c	1.4d				3.2
5		4.7a		5.9a		3.7bc		1.9e		6.0b	1.6d				4.0
10		2.9bc		4.5b		2.9cd		2.1e		3.1e	2.4d	2.8			3.0
12		1.6d		2.7c		3.3bcd		3.5cd		3.6de	2.3d	2.9			2.8
15		2.3cd		3.2c		3.1bcd		2.7de		2.9e	5.1c	1.5			3.0
20		3.4bc		3.2c		2.7cd		2.0e		3.7cde	4.5c	3.8			3.3
25		3.1bc		3.4c		4.0b		4.9b		4.3cd	7.7b	6.0			4.8

RT		0.6e		6.2a		7.7a		9.4a		8.3a	11.0a	8.1			7.3
							สับปะรดพันธุ์ภูแล								
2	0.5	0.6b	1.3	0.4b	1.5		0.6			-0.03b					0.7
5	1.1	2.7a	0.4	0.5b	1.3		1.5			1.5ab					1.3
10			1.0			0.4b			0.6		1.8		1.4	1.7	1.2
12			0.7			0.1b			1.3		0.5		1.9	0.8	0.9
15			1.0			1.1ab			0.8		1.0		1.6		1.1
20		0.6b		0.0b		1.3ab		1.9		1.7ab					1.1
25		1.1b		1.5a		1.9a		1.9		2.6a					1.8
RT		1.6ab		1.5a		2.1a		2.8		3.1a					2.2

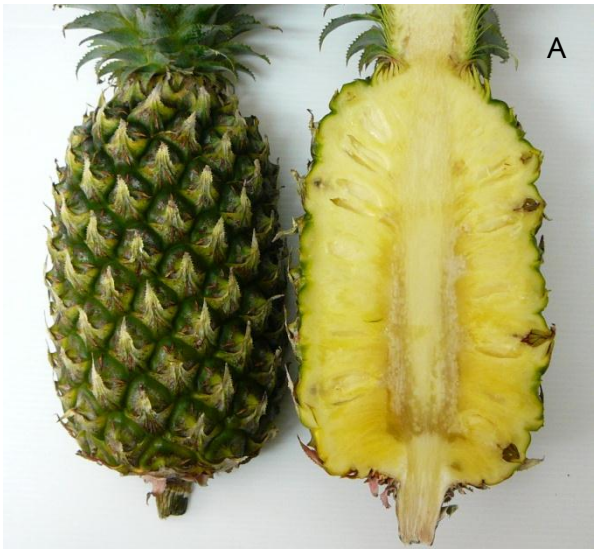
ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

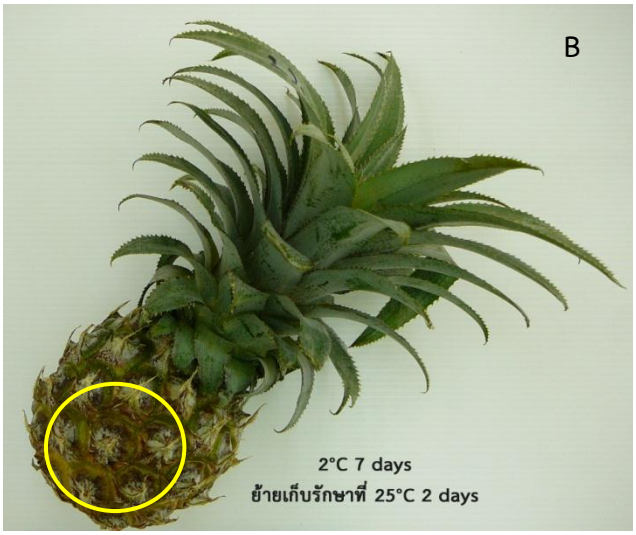
ตารางที่ 21 ค่า b ของสีเนื้อสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง และพันธุ์ภูแล เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)														ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	18	
								สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง							
2		37.6ab		28.5c		30.9d		36.9bc		36.6c	29.0cd				33.3
5		38.6ab		39.2b		33.8cd		31.8d		38.5c	27.2d				34.9
10		35.4ab		39.6b		34.3cd		306d		35.2c	31.3cd	40.1			35.2
12		30.3c		42.4b		35.6c		37.3bc		38.5c	32.7cd	37.0			36.3

15		33.3bc		39.1b		37.3c	33.5cd		37.1c	43.4b	34.6		36.9
20		36.5ab		41.0b		37.3c	37.8bc		43.9b	42.9b	42.9		40.3
25		37.4ab		43.1b		42.6b	49.4a		45.2a	54.3a	48.8		45.8
RT		22.9d		47.3a		48.1a	49.1a		49.7a	50.7a	48.3		45.2
						สับปะรดพันธุ์ภูแล							
2	28.1	29.6b	33.0	26.6b	29.4		28.7		29.2				29.3
5	30.1	36.7a	30.1	28.6ab	30.6		30.9		29.2				30.9
10			31.3			27.0bc		29.2		31.4		31.1	30.4	30.1
12			30.0			25.2c		33.3		27.1		32.1	28.1	29.3
15			32.4			30.7abc		30.8		30.4		30.3		30.9
20		30.9ab		26.8b		32.2ab	33.3		32.3					31.1
25		31.5ab		31.3ab		34.4a	33.7		32.3					32.6
RT		32.2ab		32.5a		32.7ab	33.7		36.0					33.4

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



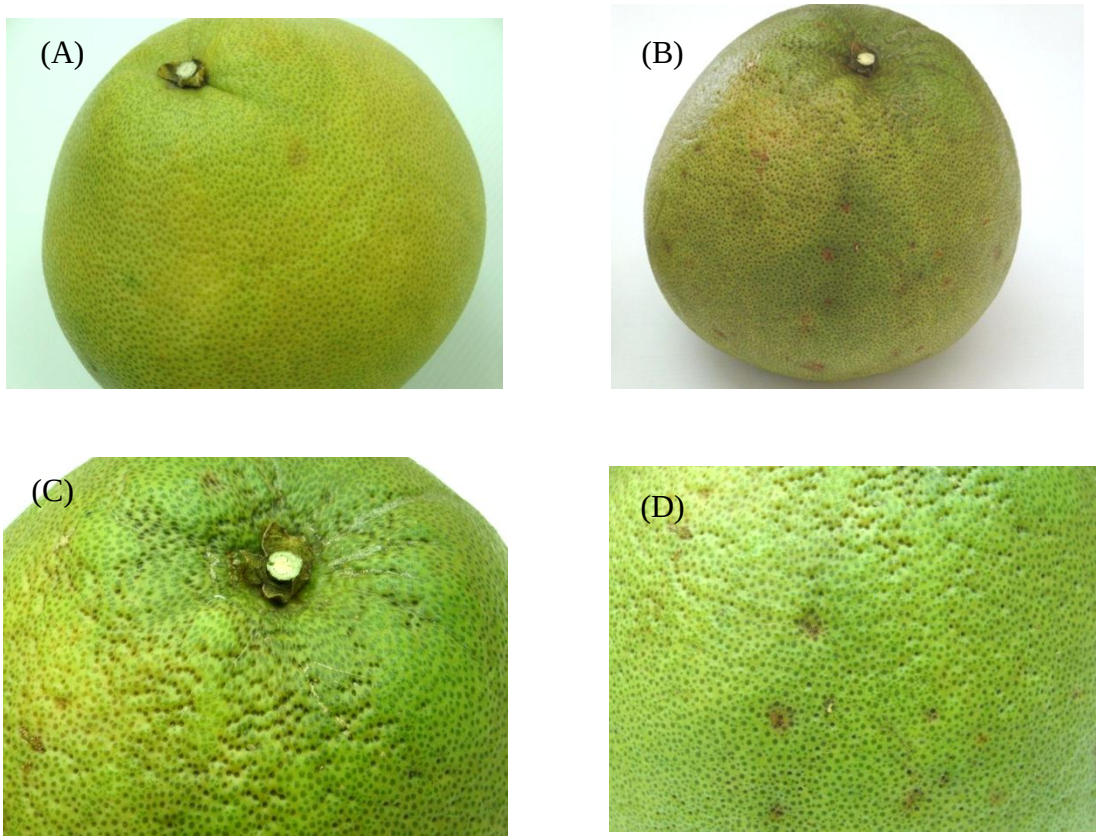


ภาพที่ 30 อาการผิดปกติที่เนื้อของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง (A) อาการผิดปกติที่เปลือก (B) และที่เนื้อ (C และ D) ของสับปะรดพันธุ์ภูแล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ

2.10 ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ส้มโอที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 และ 5°ซ) มีน้ำหนักไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิอื่นๆ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยหลังการเก็บรักษา โดยเฉพาะส้มโอที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องจะมีน้ำหนักลดลงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่นๆ นอกจากนี้ส้มโอจะเปลี่ยนสีผิวเป็นสีเหลืองและเน่าเร็วกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ สำหรับค่าความสว่าง (L) ของส้มโอที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ระหว่าง 54-60 เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ค่า L จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ส้มโอที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 และ 5°ซ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่า L น้อยมาก ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ จะมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เมื่อย้ายส้มโอจากห้องเย็นมาวางที่อุณหภูมิห้อง พบว่า มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หมายความว่า สีเปลือกของส้มโอจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนมากขึ้น และค่าความเข้ม (b) ของผิวส้ม พบว่า ส้มโอที่เก็บรักษาในห้องเย็น จะมีค่า b ประมาณ 30-48 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นในทุกอุณหภูมิ ยกเว้นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ คือ 2 และ 5°ซ จะมีค่า b ค่อนข้างคงที่ คือ 31-37 เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น นั่นหมายถึง ผิวของส้มโอยังคงมีสีเขียวอยู่ ไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง เมื่อนำส้มโอออกจากห้องเย็นและย้ายมาวางต่อที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ค่า b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก ส้มโอที่ย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น ยกเว้นส้มโอที่เก็บในอุณหภูมิ 2 และ 5°ซ จะยังคงมีความเขียวอยู่

ส้มโอที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 2°ซ จะแสดงอาการ chilling injury ที่ผิว ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา โดยอาการจะเป็นสีน้ำตาลที่เปลือก และจะรุนแรงมากขึ้นจนเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำออกมาวางต่อที่อุณหภูมิห้อง เช่นเดียวกับส้มโอที่เก็บรักษาที่ 5°ซ แต่อาการจะรุนแรงน้อยกว่า ส่วนส้มโอที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 10°ซ จะพบอาการ browning ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา สำหรับที่อุณหภูมิอื่นๆ ไม่เกิด chilling injury โดยอาการ chilling injury ในส้มโอจะเริ่มจากผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แล้วค่อยๆรุนแรงขึ้น จนเห็นเป็นจุดสีน้ำตาลอย่างชัดเจน มีรอยยุบ ซึ่งจะเกิดบริเวณต่อมน้ำมัน (ภาพที่ 4)



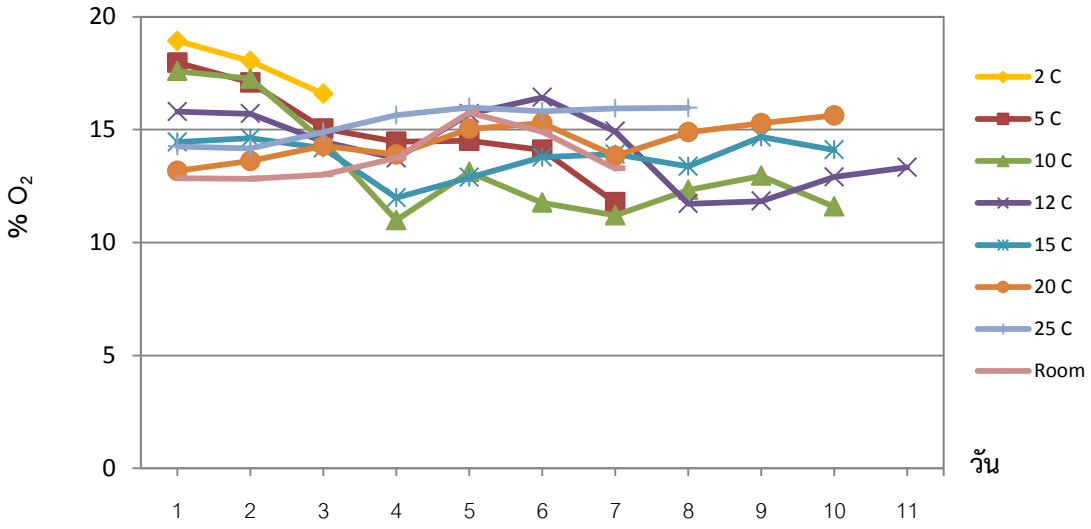
ภาพที่ 31 อาการ chilling injury ที่ผิวส้มโอ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°ซ นาน 16 วัน (A) แล้วย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 25°ซ 4 วัน (B) โดยจะเกิดสีน้ำตาลที่ต่อมน้ำมัน (C) และผิวจะยุบตัว (D)

2.11 กะเพรา

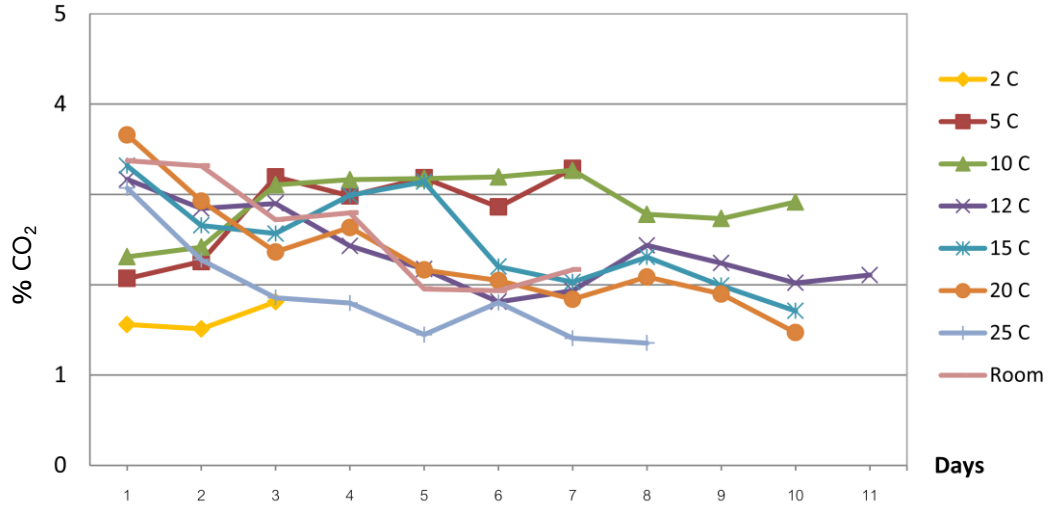
การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ O_2 มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในทุกอุณหภูมิ โดยมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ที่ 13-18% (ภาพที่ 31) สำหรับปริมาณก๊าซ CO_2 ในถุงกะเพราที่อุณหภูมิ 2 5 และ 10°ซ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่อุณหภูมิ 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้องจะมีเปอร์เซ็นต์ CO_2 ลดลงเล็กน้อยจากวันแรกของการเก็บรักษา แต่ไม่ต่างกันมากนัก โดยทุกอุณหภูมิจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ CO_2 อยู่ระหว่าง 1.5-3% (ภาพที่ 32) ใบกะเพราจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°ซ ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ จะเกิดอาการ chilling injury ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบการเกิด chilling injury ระหว่างใบ

อ่อนกับใบแก่ พบว่า จะแสดงอาการในใบอ่อนเร็วกว่าใบแก่ ใบอ่อนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในวันแรกของการเก็บรักษาเกือบทุกอุณหภูมิ แต่จะรุนแรงมากที่ 2°ซ (ภาพที่ 33A)

สำหรับกะเพราที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2°ซ) ใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทุกใบในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา กะเพราที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°ซ และ 15°ซ จะมีสภาพดีที่สุด และเก็บรักษาได้นาน 11 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 5 10 20 25 และอุณหภูมิห้อง จะเก็บรักษาได้ 5 7 10 8 และ 6 วัน ตามลำดับ การเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องจะพบอาการใบเหลือง ใบร่วง และเน่าในที่สุด (ภาพที่ 33B) นอกจากนี้ยังพบว่า ใบกะเพราที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 2°ซ และ 5°ซ จะมีกลิ่นผิดปกติในวันที่ 2 และ 5 ของการเก็บรักษา กลิ่นเดิมของใบกะเพราจะจางหายไป ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆ ยังคงมีกลิ่นปกติ ส่วนคะแนนการชิมรสชาติ พบว่า ไม่แตกต่างจากเดิม แม้จะเกิดอาการ chilling injury

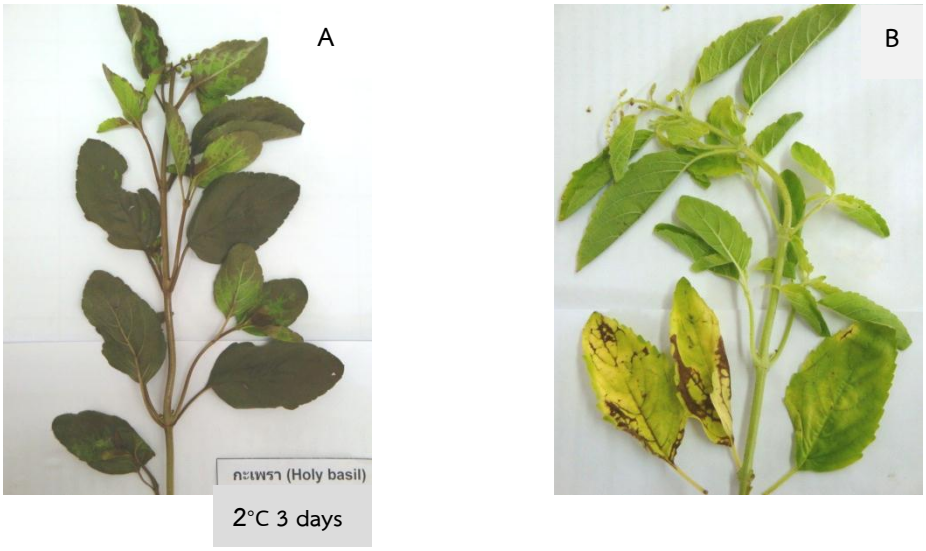


ภาพที่ 31 ปริมาณก๊าซออกซิเจนระหว่างการเก็บรักษาใบกะเพราที่อุณหภูมิต่างๆ



วัน

ภาพที่ 32 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการเก็บรักษาใบกะเพราที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 33 อาการผิดปกติ (A) ของใบกะเพราเก็บรักษาที่ 2°ซ นาน 3 วัน และอาการใบเหลือง (B) ของกะเพราเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-30°C) นาน 7 วัน

2.12 ชะพลู

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ O_2 ของชะพลูที่บรรจุในถุง PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25° ซ และอุณหภูมิห้องพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงก๊าซ O_2 เล็กน้อยอยู่ระหว่าง 19-20% ส่วนปริมาณก๊าซ CO_2 มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยชะพลูเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมี CO_2 สะสมเพียงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.1-0.3% เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ยกเว้นชะพลูเก็บรักษาที่ 10°ซ นาน 18 และ 21 วัน ปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.6 และ 0.8% ตามลำดับ (ตารางที่ 22) สำหรับการสูญเสียน้ำหนักของชะพลูเก็บ

รักษาในทุกอุณหภูมิมีทิศทางลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 25°ซ และอุณหภูมิห้องเก็บรักษานาน 2 วัน ชะพลูมีการสูญเสียน้ำหนักถึง 2% และเพิ่มขึ้นเป็น 9-10% เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิถึง 5-10 เท่า ส่วนคะแนนความสดของชะพลูในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษาโดยชะพลูเก็บรักษาที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้อง นาน 8 และ 6 วัน คะแนนความสดลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากชะพลูเหี่ยว ใบหลุดร่วง และเน่าเสีย เช่นเดียวกับชะพลูเก็บรักษาที่ 12 15 และ 20°ซ นานเกิน 10 วัน คะแนนความสดลดลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 23) สำหรับชะพลูเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 6 และ 9 วัน จะพบอาการผิดปกติจากความเย็นกล่าวคือ ใบชะพลูจะเปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำ ซึ่งจะพบอาการผิดปกติดังกล่าวที่ใบอ่อนของชะพลูก่อน การเก็บรักษานานขึ้นอาการจะรุนแรงถึงใบแก่ และลำต้นชองชะพลู โดยการเก็บรักษาที่ 2°ซ จะแสดงอาการรุนแรงกว่าที่ 5°ซ สำหรับชะพลูเก็บรักษาที่ 10°ซ นาน 18 วัน ชะพลูยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและไม่มีอาการผิดปกติจากความเย็น

ตารางที่ 22 ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ของชะพลูเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา(°ซ	เวลาเก็บรักษา (วัน)											ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	3	4	6	8	9	10	12	15	18	21	
	ปริมาณ O_2 (%)											
2		19.7bc		19.7c		20.0ab		20.2a				19.9
5		19.6		19.4		19.7		19.5				19.6
10			20.1		20.0			20.0	20.1	20.0	19.8	20.0
12		20.1a		20.0ab	20.1a		19.3b	20.1a				19.9
15		19.9c		19.9c	20.0bc		20.2ab	20.1a				20.0
20		19.9b		20.2a	20.1a		19.9b	19.7b				20.0
25	19.8b		19.9b	20.2a	19.9b		19.9b					19.9
RT	19.8		19.8	19.8	19.5		19.5					19.7
	ปริมาณ CO_2 (%)											
2		0.19		0.19		0.22		0.20				0.20
5		0.29		0.34		0.32		0.31				0.32
10			0.12d		0.16d			0.16d	0.26c	0.64b	0.81a	0.36

12		0.14b		0.15ab	0.14b		0.24ab	0.22a				0.16
15		0.16ab		0.15ab	0.14b		0.14b	0.21a				0.16
20		0.09b		0.10b	0.12b		0.14ab	0.18a				0.13
25	0.20a		0.13bc	0.16ab	0.10c		0.12bc					0.14
RT	0.09b		0.11b	0.10b	0.21a		0.23a					0.15

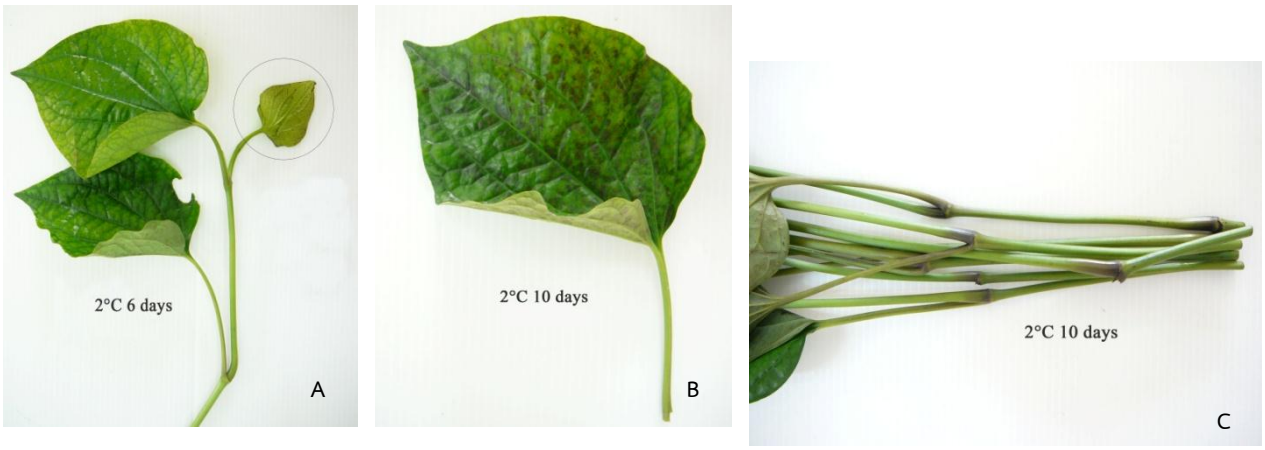
ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 23 การสูญเสียน้ำหนัก และความสดของชะพลูเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)											ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	3	4	6	8	9	10	12	15	18	21	
	การสูญเสียน้ำหนัก (%)											
2		0.64d		0.84c		1.09b		1.28a				0.96
5		0.92c		1.10bc		1.10b		1.33a				1.11
10			0.88d		1.17cd			1.32c	1.38c	2.25b	2.85a	1.64
12		0.86b		1.16ab	1.38ab		1.72a	1.74a				1.37

15		1.31d		2.21cd	3.14bc		4.77ab	5.28a		3.34
20		1.64d		2.74c	3.67b		5.18a	5.39a		3.72
25	2.56c		3.62c	3.63c	7.23b		9.45a			5.30
RT	2.34e		4.06d	6.21c	8.96b		10.95a			6.50
	ความสด (คะแนน)									
2		4.7a		4.3a		2.3b		2.3b		3.4
5		4.7a		4.3a		3.0b		2.7b		3.7
10			4.7a		4.0ab			3.7bc	3.3bcd 3.0cd 2.7d	3.6
12		5.0a		4.3ab	4.0b		3.7b	2.7c		3.9
15		4.7a		4.7a	4.3a		3.7a	2.3b		3.9
20		4.7a		4.3ab	3.7bc		3.0c	2.0d		3.5
25	4.7a		4.7a	3.7ab	2.7bc		2.3c			3.6
RT	4.3a		4.0a	3.7a	2.0b		1.7b			3.1

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 34 อาการผิดปกติที่ใบอ่อน (A) ใบแก่ (B) และที่ก้าน (C) ของชะพลูเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°ซ นาน 6 และ 10 วัน

2.13 ตะไคร้

ตะไคร้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15 และ 20°ซ พบว่า ปริมาณ O_2 ภายในถุงจะคงที่ตลอดเวลาการเก็บรักษา โดยมี O_2 อยู่ระหว่าง 17-19% ยกเว้นปริมาณ O_2 ของตะไคร้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับ CO_2 ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิอื่นปริมาณ CO_2 คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 24) ส่วนการสูญเสียน้ำหนักของตะไคร้ในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 25) โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของตะไคร้เก็บรักษา

ที่ 2, 5, 10, 12, 15 และ 20°ซ มีค่าไม่เกิน 0.3% ส่วนตะไคร้ที่อุณหภูมิ 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.8 และ 2.1% ตามลำดับ จากตารางที่ 25 คะแนนความสดของตะไคร้เก็บรักษาทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ (2, 5 และ 10°ซ) ตะไคร้ยังคงความสดได้นาน 12 วัน ส่วนตะไคร้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง พบว่ากาบชั้นนอกสุดของตะไคร้จะแห้งและมีสีน้ำตาลเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบปัญหาการงอกของต้นอ่อน และการงอกรากบริเวณรอยตัดเมื่อเก็บรักษานาน 6-8 วัน โดยความยาวของการงอกของต้นอ่อน และการงอกของรากบริเวณรอยตัดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เก็บรักษากล่าวคือ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการงอกของต้นอ่อน และการงอกของราก การเก็บรักษาตะไคร้ที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25°ซ และอุณหภูมิห้อง (28-30°ซ) นาน 12 วัน ไม่พบอาการผิดปกติจากความเย็น

ตารางที่ 24 ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ของตะไคร้เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

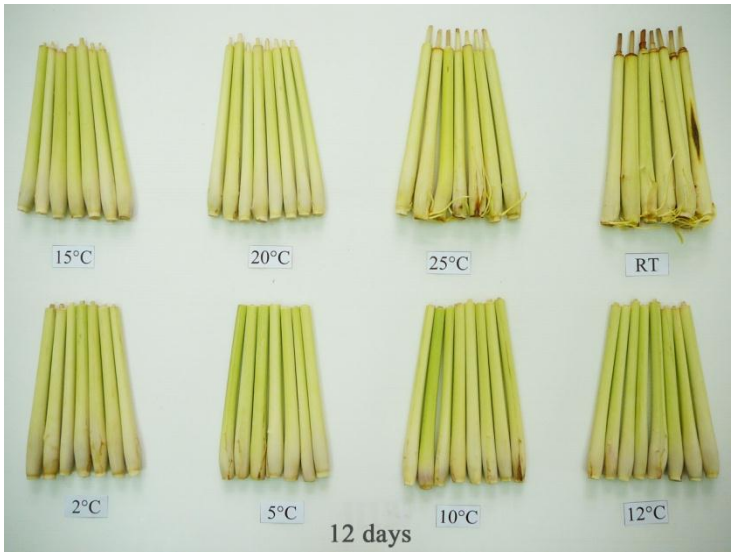
อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)						ค่าเฉลี่ย
เก็บรักษา (°ซ)	2	4	6	8	10	12	อุณหภูมิเก็บรักษา
	ปริมาณ O_2 (%)						
2	19.4a	19.4a	19.5a	19.8a	19.6a	19.8a	19.6
5	19.5a	19.1a	19.7a	19.4a	19.8a	18.4ab	19.3
10	18.4ab	17.7ab	19.7a	19.6a	19.7a	19.6ab	19.1
12	19.1a	18.9a	19.3a	19.4a	19.7a	19.9a	19.4
15	16.6bc	17.9ab	18.4ab	19.2ab	18.9ab	19.3ab	18.4
20	16.7bc	16.9bc	18.0ab	17.5b	17.6b	17.7b	17.4
25	15.5cd	15.7cd	16.9b	15.7c	13.2c	13.1c	15.0
RT	14.0d	14.5d	14.5c	11.4d	11.4c	9.5d	12.6
	ปริมาณ CO_2 (%)						
2	0.89c	0.95e	1.13c	1.11d	1.20d	0.95d	1.04
5	1.31c	1.45de	1.29c	1.23d	0.94d	1.45cd	1.28
10	1.83c	1.61de	0.94c	0.96d	0.89d	0.96d	1.20
12	1.66c	1.50de	1.18c	1.12d	0.89d	0.75d	1.18
15	2.88b	2.00cd	1.10c	1.26d	1.27d	1.04d	1.59
20	3.07b	2.64bc	1.96b	2.10c	2.04c	1.91cd	2.29
25	3.98a	3.10bc	2.54b	3.37b	4.31b	4.53b	3.64
RT	4.40a	4.32a	3.85a	4.78a	5.24a	5.58a	4.69

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 25 การสูญเสียน้ำหนัก และคะแนนความสดของตะไคร้เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)						ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเก็บรักษา
	2	4	6	8	10	12	
	การสูญเสียน้ำหนัก (%)						
2		0.07d	0.09c	0.13b	0.19c	0.25c	0.15
5		0.06d	0.10c	0.12b	0.22c	0.23c	0.15
10		0.10cd	0.10c	0.19b	0.19c	0.24c	0.16
12		0.12cd	0.16c	0.15b	0.20c	0.27c	0.18
15		0.21bc	0.10c	0.13b	0.19c	0.22c	0.17
20		0.19bcd	0.22c	0.31b	0.48c	0.69c	0.38
25	0.30	0.30b	0.66b	1.14a	1.41b	1.42b	0.87
RT	0.29	0.50a	0.98a	1.30a	1.97a	2.17a	1.20
	ความสด (คะแนน)						
2	4.7a	4.3a	4.3a	4.3a	4.0a	3.7a	4.2
5	4.7a	4.3a	4.3a	4.3a	4.0a	3.3ab	4.2
10	4.7a	3.7ab	3.7a	3.7ab	3.7a	3.0abc	3.8
12	4.3ab	3.7ab	3.7a	3.3bc	2.7b	2.7bc	3.4
15	3.7b	3.0bc	2.7b	2.7cd	2.7b	2.7bc	2.9
20	3.7b	3.0bc	2.7b	2.3d	2.3b	2.3c	2.7
25	3.7b	2.7bc	2.3b	2.3d	2.3b	1.0d	2.4
RT	3.7b	2.3c	2.0b	2.0d	1.3c	1.0d	2.1

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



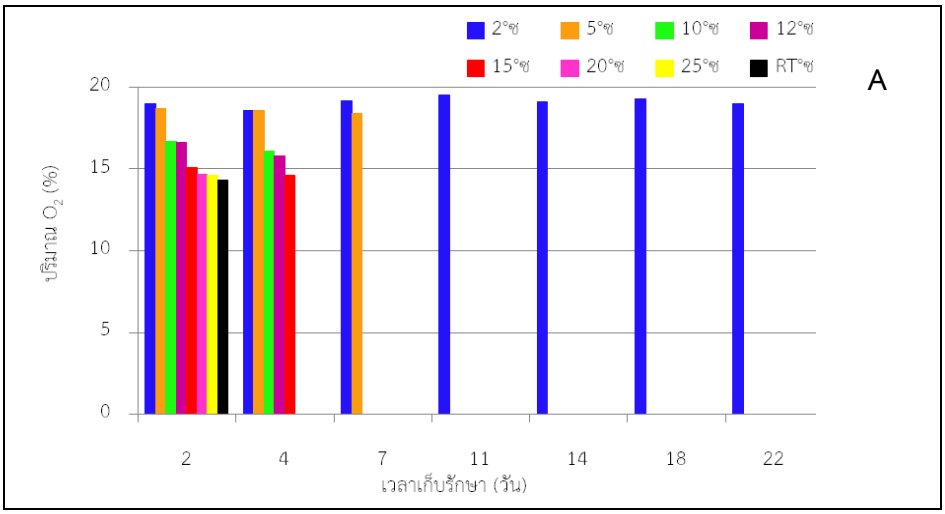
ภาพที่ 35 ตะไคร้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง นาน 12 วัน

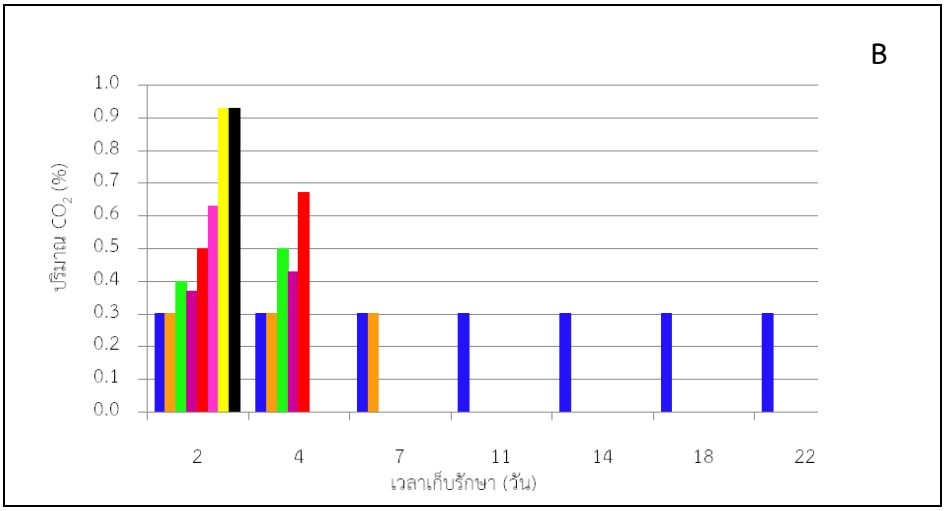
2.14 ต้นหอม

ปริมาณ O_2 ภายในถุงบรรจุต้นหอมเก็บรักษาทุกอุณหภูมิไม่แตกต่างกันคือ ปริมาณ O_2 จะคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาในระดับ 18-19% ที่อุณหภูมิต่ำ (2 และ 5°ซ) และที่อุณหภูมิ 10 และ 15°ซ ปริมาณ O_2 อยู่ในระดับ 16% ส่วนที่อุณหภูมิอื่นอยู่ในระดับต่ำกว่า 15% (ภาพที่ 36 A) ส่วนปริมาณ CO_2 ภายในถุงบรรจุต้นหอมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ อยู่ในระดับ 0.04% ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิอื่นปริมาณ CO_2 มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 36 B)

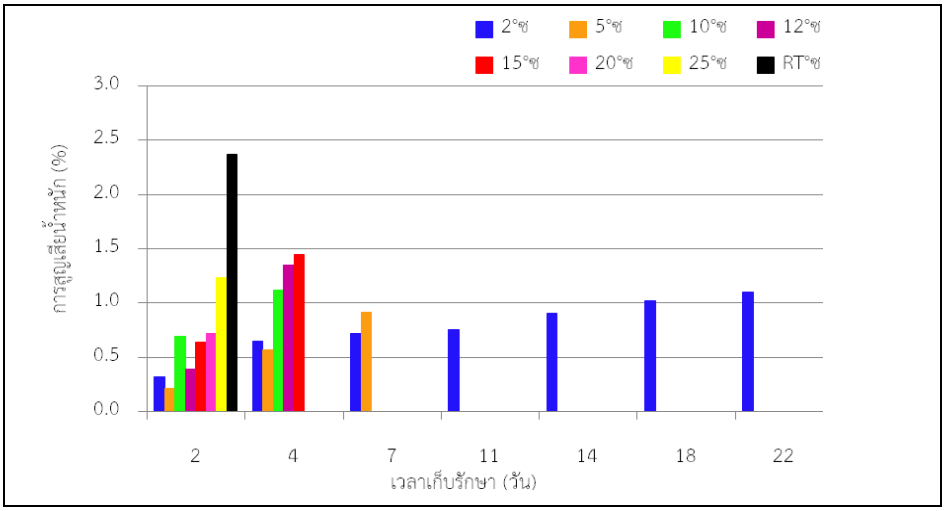
จากภาพที่ 37 ต้นหอมมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาแต่ไม่เกิน 1 % ยกเว้นที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องที่ต้นหอมมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่า 1 และ 2% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานเพียง 2 วัน สำหรับคะแนนความสดของต้นหอมพบว่าการเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ นาน 18 และ 7 วัน ต้นหอมยังคงความสดได้ดี ส่วนที่อุณหภูมิ 10, 12, 15, 20 และ25°ซ เก็บรักษานานเกิน 2 วัน คะแนนความสดของต้นหอมจะลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 38) และการเก็บรักษาต้นหอมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5, 10, 12, 15, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง ไม่พบอาการผิดปกติจากความเย็น แต่จะพบปัญหาใบเหลือง (ภาพที่ 39)
โดยเฉพาะที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องจะพบปัญหาใบเหลืองเมื่อเก็บรักษาเพียง 1 วัน นอกจากนี้ยังพบปัญหาการงอกของต้นอ่อน และการงอกของรากที่บริเวณหัว (ภาพที่ 40)

การเก็บรักษาต้นหอมที่ 2°ซ สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 18 วัน โดยสภาพภายนอกยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่สามารถวางจำหน่ายที่ 25°ซ ได้ไม่เกิน 1 วัน

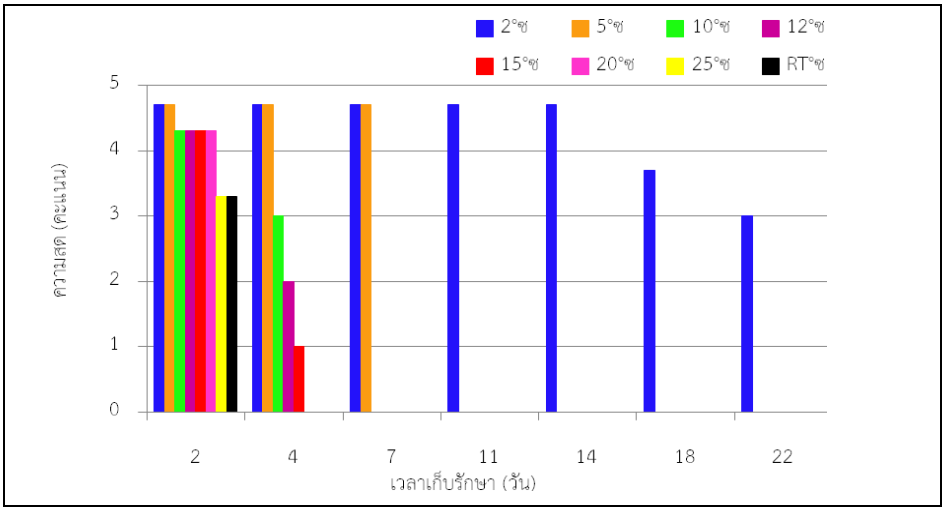




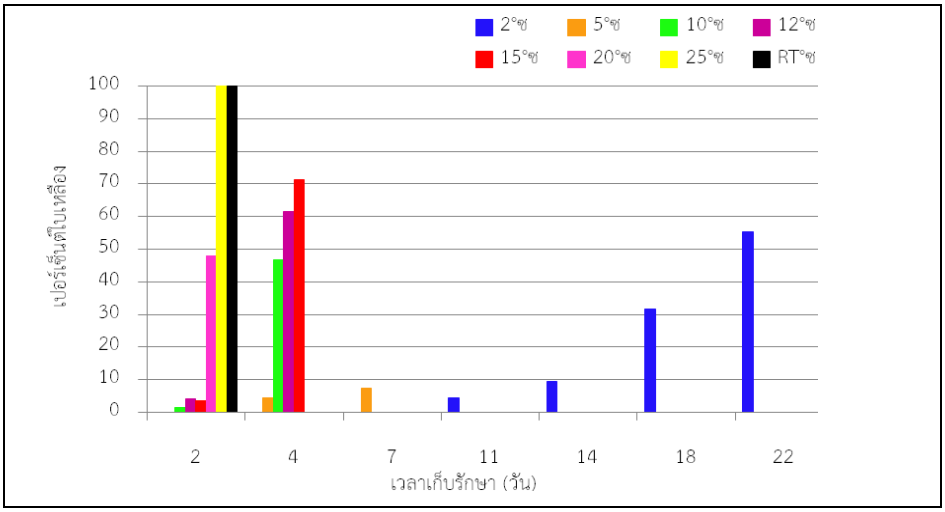
<u>ภาพที่ 36</u> ปริมาณ O_2 (A) และ CO_2 (B) ของต้นหอมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน



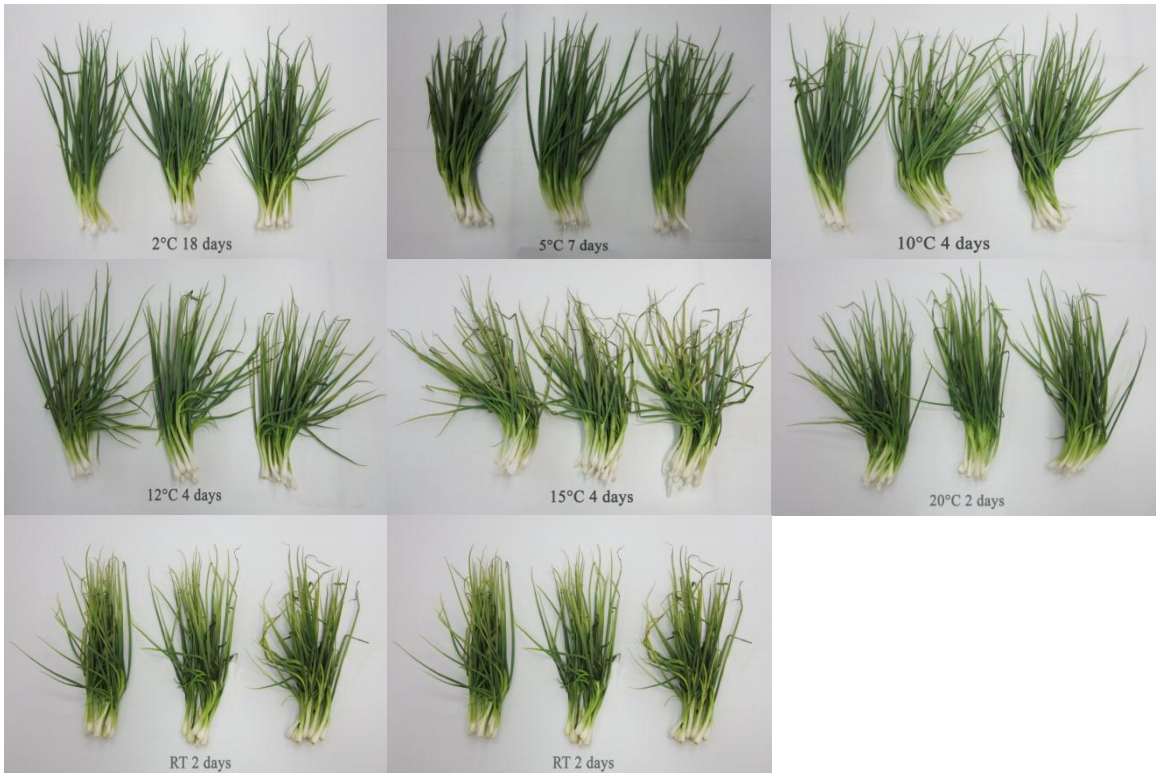
<u>ภาพที่ 37</u> การสูญเสียน้ำหนักของต้นหอมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน



ภาพที่ 38 ความสด (คะแนน) ของต้นหอมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน



ภาพที่ 39 เปอร์เซ็นต์ใบเหลืองของต้นหอมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน



ภาพที่ 40 ต้นหอมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ระยะเวลาต่างๆ กัน

2.15 ถั่วฝักยาว

ปริมาณ O_2 ภายในถุง PE ที่บรรจุถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 26) โดยถั่วฝักยาวเก็บที่ 2°ซ มีปริมาณ O_2 ลดลงน้อยกว่าที่อุณหภูมิอื่นคือ ลดลงจาก 18.6% ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เหลือ 16.2% ในวันที่ 23 ของการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 5 10 12 15 และ 20°ซ O_2 มีแนวโน้มลดลง 50% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และที่อุณหภูมิ 25°ซ และอุณหภูมิห้องปริมาณ O_2 มีค่าคงที่อยู่ในช่วง 4-5% เช่นเดียวกับปริมาณ CO_2 ที่มีทิศทางเพิ่มขึ้นตาระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 2°ซ มี CO_2 สะสมเล็กน้อยเพียง 1.5% เมื่อเก็บรักษานาน 23 วัน และปริมาณ CO_2 ของถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่ 5 10 12 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มีค่าเท่ากับ 4.5 4.2 3.2 4.1 5.4 และ 4.8% ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ยกเว้นที่ 15°ซ มี CO_2 สะสมถึง 12.4% เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน (ตารางที่ 27) สำหรับการสูญเสียน้ำหนักของถั่วฝักยาวในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน แต่การสูญเสียน้ำหนักเล็กน้อยอยู่ในช่วง 1-2% (ตารางที่ 28)

จากตารางที่ 29 คะแนนความสดของถั่วฝักยาวในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาที่25°ซ และอุณหภูมิห้อง นานเกิน 5 และ 3 วัน ตามลำดับ คะแนนความสดไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากถั่วฝักยาวจะเหี่ยว ฝักนิ่มหรือฝ่อ และมีสีเขียวอมเหลือง (ภาพที่ 41A) และการเก็บรักษาที่ 12 15 และ 20°ซ เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน ถั่วฝักยาวจะเหี่ยวและมีจุดสีน้ำตาลทั่วทั้งฝัก (ภาพที่ 41B) สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 19 วัน ถั่วฝักยาวจะแสดงอาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury)

คือ ฝักจะมีลักษณะช้ำ (ภาพที่ 41C) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นอาการจะรุนแรงคือ เส้นกลางฝักมีสีแดง (ภาพที่ 41D) และเนื้อด้านในฝักช้ำ (ภาพที่ 41E) ส่วนที่อุณหภูมิ 10°ซ เก็บรักษานานเกิน 19 วัน ถั่วฝักยาวจะมีจุดสีน้ำตาล ราทีขั้ว และฝักนิ่ม

ตารางที่ 26 ปริมาณก๊าซ O_2 ของถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)										
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	5	6	8	10	19	21	23
				18.58a				18.58a	18.32a	17.09a	16.24b
2				15.57a				14.44ab	12.73b	8.82c	7.45c
5				12.51a				11.49a	10.44a	9.25ab	6.26b
10				10.56a				7.57a			
12		12.51a		3.17ab		8.23a		2.43b			
15		4.26a		4.56a		3.56ab		4.29a			
20		7.34a			5.21ab	6.26a					
25	5.32a	4.45c	4.60bc		4.17b		4.02c				
RT	4.95a	4.64ab	4.51ab				4.19b				

เฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 27 ปริมาณก๊าซ CO_2 ของถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)										
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	5	6	8	10	19	21	23
2				0.94b				0.95b	1.15ab	1.43a	1.59a
2				0.94b				0.95b	1.15ab	1.43a	1.59a
5				2.03b				2.28b	2.50b	4.18a	4.54a
10				2.74c				3.12c	3.28bc	3.76ab	4.15a
12		2.95a		2.78a		3.56a		3.17a			
15		4.36b		7.66ab		9.12ab		12.40a			
20		3.58a		3.66a		3.69a		4.05a			
25	2.94a	3.11a	3.64a		4.19a		5.40a				
RT	2.55b	2.78b	3.06ab		3.14ab		4.79a				

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 28 การสูญเสียน้ำหนัก และคะแนนความสดของถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)										
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	5	6	8	10	19	21	23
2				0.19a				0.41a	0.41a	0.64a	0.68a
5				0.08b				0.24b	0.90a	1.00a	0.92a
10				0.40c				0.66c	1.23b	1.18b	1.87a
12		0.10c		0.32bc		0.52b		0.94a			
15		0.21b		0.55b		0.46b		1.25a			
20		0.23c		0.64b		0.48bc		1.65a			
25	0.39c	0.35c	0.80bc		1.24b		1.84a				
RT	0.80a	0.85b	1.29b		2.22a		2.89a				

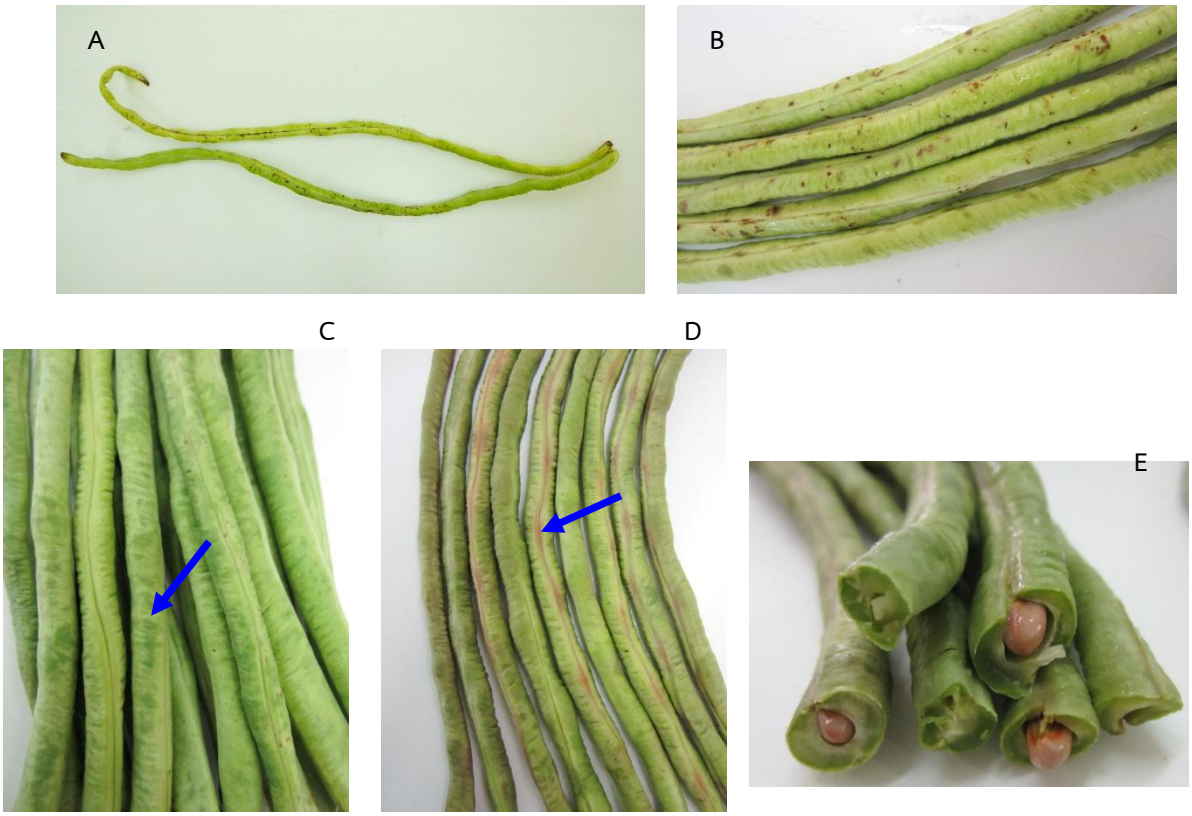
ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 29 ความสด (คะแนน) ของถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)										
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	5	6	8	10	19	21	23
2				4.0a				4.0a	3.0b	2.3c	2.0c
5				5.0a				4.0b	2.0c	1.1d	1.0d
10				5.0a				3.7b	2.0c	2.0c	2.0c
12		5.0a		4.7a		4.7a		3.7b			
15		5.0a		5.0a		4.7a		2.8b			
20		5.0a		5.0a		4.0b		2.3c			

25	5.0a	5.0a	3.0b	3.3b	1.0c
RT	5.0a	5.0a	3.0b	2.0c	1.0d

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 41 ลักษณะการฝ่อของถั่วฝักยาว (A), อาการจุดสีน้ำตาล (B), อาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury) ทีผิวด้านนอก (C และ D) และที่เนื้อด้านใน (E)

2.16 ใบบัวบก

ใบบัวบกบรรจุถุง PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ O_2 ไม่แตกต่างกันคือ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่

ในช่วง 17-20% (ตารางที่ 30) ส่วนปริมาณ CO_2 ในถุง PE ที่บรรจุใบบัวบกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยใบบัวบกเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ มี CO_2 สะสมเฉลี่ย 0.2% เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มีปริมาณ CO_2 สะสมอยู่ในช่วง 0.5-1% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางที่ 30) สำหรับการสูญเสียน้ำหนักของใบบัวบกเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีทิศทางเพิ่มขึ้น โดยใบบัวบกมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 5% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางที่ 31)

การเก็บรักษาใบบัวบกที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง เก็บรักษานาน 12 12 10 10 10 7 6 และ 5 วัน พบว่าคะแนนความสดลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับ (ตารางที่ 32) นอกจากนี้ยังพบอาการผิดปกติจากความเย็นเมื่อเก็บรักษาใบบัวบกที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 4 วัน และอาการจะรุนแรงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 42) โดยอาการผิดปกติของใบบัวบกเก็บที่ 2°ซ อาการผิดปกติจะรุนแรงกว่าที่ 5°ซ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง จะพบปัญหาใบเหลืองและใบเน่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 33 และตารางที่ 34)

ตารางที่ 30 ปริมาณ O_2 และ CO_2 ของใบบัวบกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาการเก็บรักษา (วัน)								
	1	3	4	5	6	7	8	10	12
	ปริมาณ O_2 (%)								
2			19.77b		20.23a		19.82b	19.91b	20.20a
5			20.02a		20.02a		19.91a	19.75a	20.01a
10			19.73a		19.73a		19.59a	17.47b	
12		18.97a		18.16a		17.79a		17.77a	
15		19.25a		19.39a	19.15a		19.29a	17.77b	
20		17.85a		18.10a	18.31a	18.74a			
25	19.38a	19.45a		19.29a	19.03b				
RT	18.67a	18.02ab	16.98b	17.41ab					
	ปริมาณ CO_2 (%)								
2			0.34a		0.20cd		0.30ab	0.25bc	0.18d
5			0.28a		0.27a		0.25a	0.25a	0.33a
10			0.37a		0.47a		0.44a	0.65a	
12		0.53a		0.55a		0.61a		0.72a	
15		0.51b		0.36b	0.50b		0.42b	0.96a	
20		0.65a		0.55ab	0.65a	0.59ab			

25	0.48ab	0.42b		0.41b	0.54a
RT	0.65a	0.81a	1.09a	0.95a	

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 31 การสูญเสียน้ำหนักของใบบัวบกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาการเก็บรักษา (วัน)								
เก็บรักษา (℃)	1	3	4	5	6	7	8	10	12
2			2.32a		3.08a		3.26a	3.28a	3.40a
5			2.04a		2.78a		2.99a	4.06a	4.19a
10			2.12b		2.21b		2.60b	3.63a	
12		2.15a		2.77a		3.34a		3.50a	
15		2.01b		3.29b	3.25b		3.11b	4.94a	
20		1.43b		3.09ab	3.15ab	4.92a			
25	1.47b	3.16ab		4.18a	4.82a				
RT	2.70a	4.54a	4.73a	5.22a					

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 32 ความสด (คะแนน) ของใบบัวบกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาการเก็บรักษา (วัน)								
เก็บรักษา (℃)	1	3	4	5	6	7	8	10	12
2			4.7a		5.0a		4.3a	3.0b	2.7b
5			5.0a		5.0a		4.7a	3.7b	2.7c
10			5.0a		4.3a		4.3a	1.0b	
12		5.0a		4.7a		3.7b		1.3c	
15		5.0a		3.7b	3.0b		2.0c	1.0d	
20		4.3a		3.0b	2.3b	1.0c			
25	5.0a	4.3a		2.0b	1.3b				
RT	5.0a	4.0b	1.3c	1.0c					

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<u>ภาพที่ 42</u> อาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury)ของใบบัวบกเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 4 วัน

ตารางที่ 33 เปอร์เซ็นต์ใบเหลืองของใบบัวบกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาการเก็บรักษา (วัน)								
เก็บรักษา (°ซ)	1	3	4	5	6	7	8	10	12
2					3.5		6.8		
5			3.3b		2.9b		2.1a	7.8ab	10.6a
10			1.9b		8.3b		5.9bc	21.2a	
12				10.5		28.8			

15				11.5a	17.5a	21.1ab	29.3a	
20		11.7b		18.8ab	26.5a			
25		9.3b		19.4ab	26.6a			
RT	9.9a	14.3a	28.6a					

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 34 เปอร์เซ็นต์ใบเน่าของใบบัวบกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาการเก็บรักษา (วัน)								
เก็บรักษา (°ซ)	1	3	4	5	6	7	8	10	12
	ใบเน่า (%)								
2					2.3		5.5		
5					4.4c		4.2c	20.6b	34.8a
10							22.2b	52.1a	
12				5.5b		9.5b		64.7a	
15				8.9c	8.3c		24.7b	100a	
20				13.3b	15.2	47.9a			
25				12.0a	25.2a				
RT			23.0b	94.1a					

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.17 ผักชีไทย

ปริมาณ O_2 ภายในถุง PE ที่บรรจุผักชีไทยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 28 และ 15 วัน มี O_2 คงที่อยู่ในช่วง 18-20% ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 10 12 15 และ 20°ซ มีปริมาณ O_2 อยู่ในระหว่าง 18-15% (ตารางที่ 35) ในขณะที่อุณหภูมิห้อง O_2 ลดลง 2% เมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน สำหรับปริมาณ CO_2 ของผักชีไทยเก็บรักษาที่ 2°ซ มีค่าคงที่อยู่ที่ 0.2% ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนผักชีไทยเก็บรักษาที่ 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มี CO_2 เฉลี่ยเท่ากับ 0.4 0.5 0.7 0.8 0.8 1.0 และ 1.1% (ตารางที่ 35) จากตารางที่ 36 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของผักชีไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยผักชีไทยเก็บรักษาที่ 2 5 10 12 15 และ 20°ซ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1-2% ยกเว้นที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้อง เก็บรักษานาน 4 และ 3 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 6 และ 9% ตามลำดับ

ผักชีไทยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องเก็บรักษานาน 24 15 8 6 4 4 3 และ 2 วัน ตามลำดับความสดของผักชีไทยไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 37) และการเก็บรักษานานขึ้นผักชีไทยจะเหี่ยว ใบสีเหลือง และเน่าเสีย ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องนานเพียง 2 วัน

ใบผักชีไทยจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองสูงถึง 41% (ตารางที่ 38) ถึงแม้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°ซ สามารถช่วยยืดอายุผักชีไทยได้นาน 21 วัน แต่อายุการวางจำหน่ายจะสั้นลง กล่าวคือหลังออกจากห้องเย็นผักชีไทยมีอายุการวางจำหน่ายที่ 25°ซ ไม่เกิน 2 วัน

ตารางที่ 35 ปริมาณ O_2 (%) และ CO_2 ของผักชีไทยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)												
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	6	8	9	12	15	18	21	24	28
	ปริมาณ O_2 (%)												
2			19.8a		19.9a		19.9a	19.6c	19.9a	19.6bc	20.0a	19.9a	19.9ab
5			18.6ab		18.4b		18.6ab	18.6ab	19.2a				
10		17.8a		17.8a	18.8a	18.5a							
12		17.1a		17.1a	17.6a								
15		16.3b		17.4a	16.9ab								
20		16.6a		17.4a									
25	15.9a	15.5a	15.7a	15.6a									
RT	15.4a	15.6a	13.4a										
	ปริมาณ CO_2 (%)												
2			0.24abc		0.22bc		0.22c	0.30ab	0.25abc	0.30a	0.19c	0.25c	0.20c
5			0.43a		0.40a		0.46a	0.47a	0.45a				
10		0.72a		0.62ab	0.45b	0.57ab							
12		0.77a		0.76a	0.65a								
15		0.87a		0.78a	0.72a								
20		0.88a		0.71a									
25	0.97a	1.04a	1.05a	1.10a									
RT	1.02a	0.95a	1.31a										

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 36 การสูญเสียน้ำหนักของผักชีไทยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)												
	1	2	3	4	6	8	9	12	15	18	21	24	28
2			0.76f		0.84ef		0.97de	1.45cd	1.55cd	1.78c	1.73c	2.64b	3.44a
5			1.02c		1.23c		1.48c	3.31b	3.31b				
10		1.12a		1.07a	0.92a	1.82a							
12		1.89a		1.67a	2.23a								
15		1.58a		1.82a	1.97a								
20		1.50a		2.17a									
25	2.36b	2.67b	3.33b	6.32a									
RT	2.52b	3.70ab	8.76a										

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 37 ความสด (คะแนน) ของผักชีไทยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

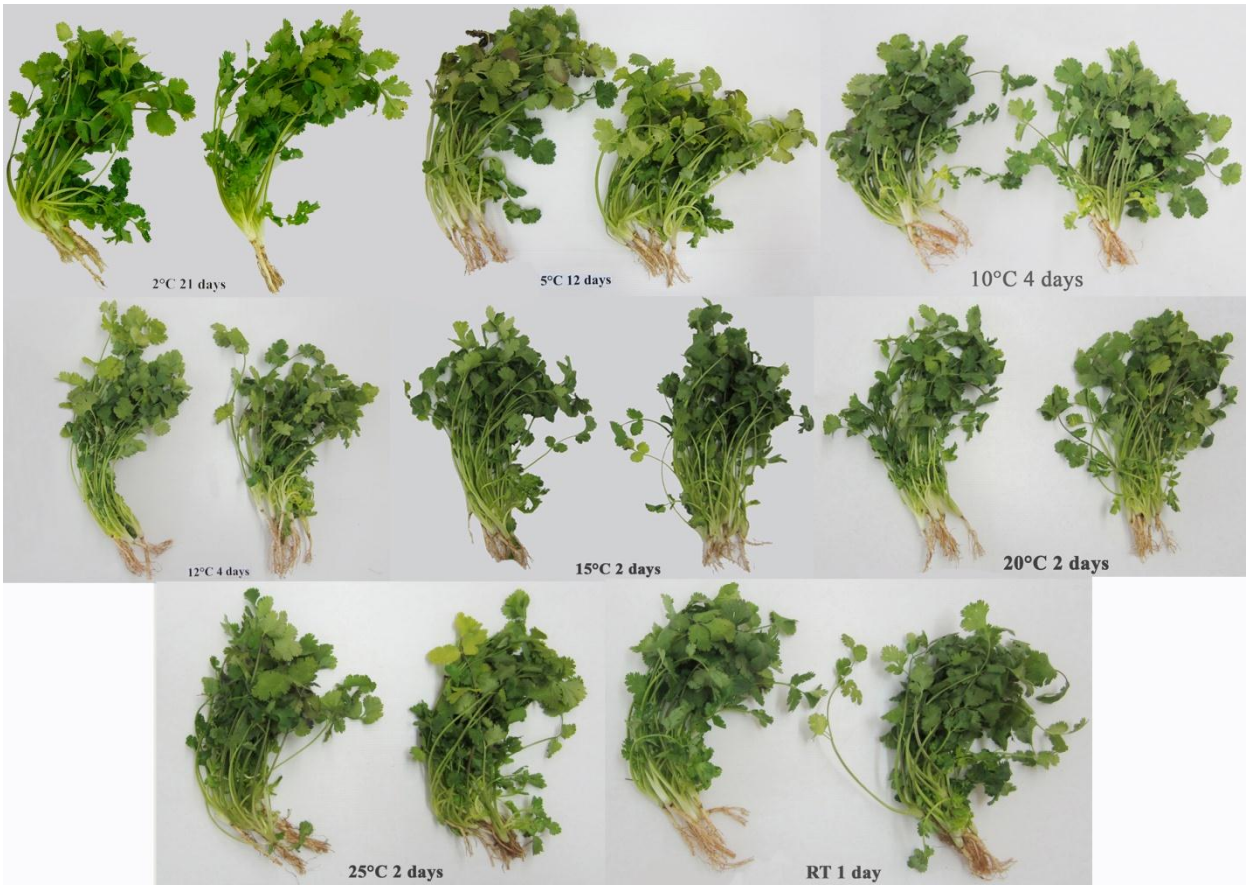
อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)												
	1	2	3	4	6	8	9	12	15	18	21	24	28
2			5.0a		5.0a		5.0a	4.3ab	3.7bc	3.7bc	3.3cd	2.7de	2.3e
5			5.0a		5.0a		5.0a	3.3b	2.7b				
10		5.0a		4.0b	3.3c	2.0d							
12		5.0a		3.0b	2.0c								
15		5.0a		2.0b	1.3c								
20		4.7a		1.3b									
25	5.0a	3.0b	2.0c	1.0d									
RT	5.0a	2.0b	1.3c										

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 38 เปอร์เซ็นต์ใบเหลือง และใบเน่าของผักชีไทยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)												
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	6	8	9	12	15	18	21	24	28
	ใบเหลือง (%)												
2			0.8c		1.0c		3.0c	20.0b	22.6ab	23.3ab	23.6ab	25.1ab	32.9a
5			1.7c		8.0b		28.0b	22.6b	40.2a				
10				33.1a	38.9a	36.1a							
12				40.0a	46.2a								
15		19.5b		46.4a	43.6a								
20		41.4a		44.6a									
25		41.5a	62.3a	52.3a									
RT		47.6a	48.5a										
	ใบเน่า (%)												
2			1.1d		2.2cd		3.7cd	4.6cd	10.8b	1.7d	5.3bcd	8.4bc	21.76a
5					2.7b		5.6ab	1.1b	16.1a				
10				1.8b	13.6ab	25.1a							
12				2.7b	18.3a								
15		1.3b		13.0ab	24.8a								
20		4.6a		24.1a									
25		12.0a	41.3a	61.9a									
RT		9.7a	43.6a										

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 43 สภาพภายนอกของพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ระยะเวลาต่างกัน

2.18 ผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มีปริมาณ O_2 ภายในถุง PE ค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 39) โดยมีค่า O_2 เฉลี่ยเท่ากับ 19.3 18.5 17.1 16.0 14.8 14.2 12.9 และ 10.5% ตามลำดับ สำหรับปริมาณ CO_2 ของผักบุ้งจีนเก็บรักษาที่ 2 5 10 และ 12°ซ มี CO_2 สะสมอยู่ระหว่าง 0.4-0.9% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 40) ส่วนที่อุณหภูมิ 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง ปริมาณ CO_2 มีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งมี CO_2 เฉลี่ยเท่ากับ 1.2 1.3 1.7 และ 2.0% ตามลำดับ

จากตารางที่ 41 ผักบุ้งจีนเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยผักบุ้งจีนเก็บที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 2.5 และ 3.3% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 และ 20°ซ ผักบุ้งจีนมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 1.44 1.52 1.51 1.54 และ 1.48% ตามลำดับ ความสดของผักบุ้งจีนมีคะแนนลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยผักบุ้งจีนเก็บรักษาที่ 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง 9 6 4 2 2 และ 1 วัน (ตารางที่ 42) สภาพภายนอกไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมเขียว และมีใบเน่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 44A)

สำหรับการเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ นาน 6 และ 8 วัน ผักบุ้งจีนแสดงอาการผิดปกติจากความเย็นคือ ใบจะมีจุดสีน้ำตาลคล้ำ ปลายยอด (ภาพที่ 44B) ลำต้นอ่อนนุ่มคล้ายผักต้ม

ตารางที่ 39 ปริมาณ O_2 (%) ของผักบุ้งจีนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	6	8	9	10
2			19.1ab		19.3ab		19.0b	19.6a
5			18.7a		18.3a		18.4a	18.5a
10				17.1a	17.1a	17.0a		17.2a
12				15.9a	15.7a	16.3a		
15		14.5a		14.4a	15.5a			
20		12.6b		14.5a	15.6a			
25	12.1a	13.0a	13.4a					
RT	10.0a	10.4a	11.1a					

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 40 ปริมาณ CO_2 (%) ของผักบุ้งจีนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	6	8	9	10
2			0.5a		0.6a		0.5a	0.4b
5			0.6c		0.7a		0.7ab	0.6bc
10				0.8a	0.9a	0.9a		0.8a
12				0.9ab	1.0a	0.8b		
15		1.5a		1.1ab	0.8b			
20		1.8a		1.1b	0.9b			
25	2.4a	1.4b	1.3b					
RT	2.9a	1.7b	1.5b					

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 41 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของผักบุ้งจีนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	6	8	9	10
2			0.76b		1.02b		1.20b	2.02
5			0.95a		1.55a		1.21a	2.06a
10				1.62a	1.09a	1.43a	1.94a	
12				1.27a	1.33a	1.93a		
15		1.53a		1.27a	1.83a			
20		1.07a		1.25a	2.12a			
25	1.52b	1.68b	2.50a					
RT	1.24b	2.81ab	3.36a					

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 42 ความสด (คะแนน) และเปอร์เซ็นต์ใบเหลืองของผักบุ้งจีนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
เก็บรักษา (°ซ)	1	2	3	4	6	8	9	10
	ความสด (คะแนน)							
2			4.7a		4.3a		1.7b	1.7b
5			4.7a		4.3a		3.7ab	2.7b
10				4.3a	4.0a	3.7a		1.3b
12				3.0a	2.3b	2.0b		
15		4.3a		2.3b	1.7b			

20		2.3a		2.3a	1.0b		
25	4.0a	2.0b	2.0b				
RT	2.7a	2.0b	1.7b				
	ใบเหลือง (%)						
2							
5							
10					35.1c	54.1b	100a
12				18.4c	45.7b	83.8a	
15		40.1b		33.9b	77.2a		
20		66.8c		82.8b	99.0a		
25	55.9b	70.6a	73.0a				
RT	56.7b	55.5b	76.0a				

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<u>ภาพที่ 44</u> ใบผักบุ้งเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมเขียว (A) อาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury) ที่ใบและปลายยอดของผักบุ้งจีน (B)

2.19 ผักชีฝรั่ง

จากตารางที่ 43 การเก็บรักษาผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง พบว่าปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์มีทิศทางลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยทุกอุณหภูมิมี O_2 เฉลี่ยลดลง 2% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนปริมาณ CO_2 มีแนวโน้มลดลง ซึ่งผักชีฝรั่งเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมี CO_2 สะสมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1-2% สำหรับการสูญเสียน้ำหนักของผักชีฝรั่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุกาเก็บรักษา โดย

ผักชีฝรั่งเก็บรักษาที่ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.76 0.84 1.14 0.96 1.20 0.96 1.26 และ 1.44% ตามลำดับ (ตารางที่ 44)

ความสดของผักชีฝรั่งเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักกล่าวคือผักชีฝรั่งยังคงสดอยู่ (ตารางที่ 45) แต่จะพบปัญหาเช่น ผักชีฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 2 และ 4 วัน จะแสดงอาการผิดปกติจากความเย็นคือใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ (ภาพที่ 45A) การเมื่อเก็บรักษานานขึ้นใบผักชีฝรั่งมีสีดำคล้ำทั้งใบ ส่วนปัญหาการเปลี่ยนสีใบของผักชีฝรั่งเป็นสีเหลืองอมเขียว (ภาพที่ 45B) ซึ่งจะพบเมื่อเก็บรักษาผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 10 12 15 20 25 และอุณหภูมิห้อง นาน 8 6 6 4 4 และ 4 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 43 ปริมาณ O_2 และ CO_2 ของผักชีฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
	2	4	6	8	2	4	6	8
	ปริมาณ O_2 (%)				ปริมาณ CO_2 (%)			
2	18.7a	17.9a	17.4a	17.4a	1.03d	1.15d	0.98e	0.87c
5	18.6a	17.8a	16.6b	14.0bc	1.12d	1.35cd	1.31d	1.15b
10	18.2a	16.7b	16.2b	15.5b	1.43cd	1.25d	1.51bcd	1.17b
12	17.5b	16.0b	15.7b	14.3c	1.34c	1.51bc	1.61abc	1.55a
15	16.1c	14.1c	14.0c	13.6c	1.69b	1.59b	1.57a-d	1.48a
20	15.5d	14.5c	13.0cd		2.26a	1.57bc	1.77ab	
25	15.2d	14.8cd	12.7d		2.32a	2.05a	1.39cd	
RT	15.1d	13.7d	12.2d		2.13a	1.88a	1.81a	

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 44 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของผักชีฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)			
	2	4	6	8
2	0.18c	0.89a	0.61c	1.37ab
5	0.25c	0.74a	1.00bc	1.36ab
10	0.49abc	1.11a	1.08bc	1.24b
12	0.31bc	1.08a	0.93bc	1.53ab
15	0.82abc	0.95a	1.11bc	1.92a
20	0.88abc	0.93a	1.07bc	
25	1.26a	1.37a	1.16b	
RT	1.08ab	1.45a	1.80a	

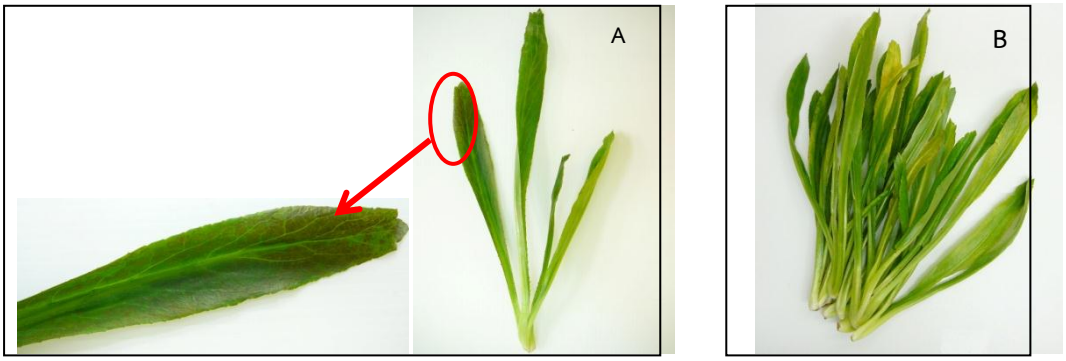
ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 45 ความสด (คะแนน) และเปอร์เซ็นต์ใบเหลืองของผักชีฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
	2	4	6	8	2	4	6	8
	ความสด (คะแนน)				เปอร์เซ็นต์ใบเหลือง			
2	4.7	3.7a	2.7ab	2.3				
5	4.7	3.7a	3.3a	2.7				
10	4.7	3.7a	3.3a	2.7				49.2

12	4.7	3.7a	2.7ab	2.7			33.3b	56.9
15	4.3	3.0ab	2.0b	2.3		13.6b	51.5a	61.9
20	4.3	3.0ab	2.3b			20.7b	65.5a	
25	4.3	2.7b	2.0b			42.4a	51.9a	
RT	4.3	2.7b	2.3b			53.6a	66.2a	

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 45 อาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury ; A) และอาการใบเหลือง (B) ของผักชีฝรั่ง

2.20 พริก

จากตารางที่ 46 ปริมาณ O_2 ภายในถุง PE บรรจุพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ O_2 ลดลงจาก 19 และ 16% ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เหลือ 13 และ 12% ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 12 และ 15°ซ ปริมาณ O_2 จะลดลง 3% เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน สำหรับพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่ 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง มี O_2 อยู่ในช่วง 10-11% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนปริมาณ O_2 ของพริกขี้หนูสีแดงเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ มีค่าคงที่อยู่ในช่วง 17-18% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สำหรับปริมาณ O_2 ของพริกขี้หนูแดงเก็บที่ 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่อุณหภูมิห้อง O_2 ลดลงจาก 11% ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เหลือ 3% เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน (ตารางที่ 47)

ส่วนปริมาณ CO_2 ของพริกขี้หนูสีเขียวและสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยพริกขี้หนูสีแดงเก็บรักษาที่ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องมี CO_2 เฉลี่ยภายในบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 4.5 5.2 5.9 6.1 6.0 6.9 7.1 และ 6.1% ตามลำดับ (ตารางที่ 46) สำหรับปริมาณ CO_2 ของพริกขี้หนูสีแดงเก็บรักษาที่ 2 และ 5°ซ มีค่าคงที่อยู่ระหว่าง 0.2-03 และ 0.6-0.7% ตามลำดับ ส่วน CO_2 ภายในถุง PE บรรจุพริกขี้หนูแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.3 1.5 2.0 2.5 3.2 และ 3.8% ตามลำดับ (ตารางที่ 47)

การสูญเสียน้ำหนักของพริกขี้หนูสีเขียวและสีแดงเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน คือพริกทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา แต่ไม่เกิน 2% (ภาพที่ 46 A และ B) และพริกขี้หนูสีเขียวสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าพริกขี้หนูสีแดง

พริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิมีคะแนนความสดผลคงที่อยู่ในเกณฑ์สดเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 48) แต่จะพบปัญหาก้านผลเหี่ยว เน่า และมีเชื้อรา (ภาพที่ 47) ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และการเก็บรักษานานขึ้นพริกขี้หนูสีเขียวมีการพัฒนาสีผลจากสีเขียวเป็นสีแดงโดยเฉพาะที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องเก็บนาน 2 วัน พริกมีการพัฒนาสีผลเป็นสีแดงสูงกว่า 50% ส่วนพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่ 2°ซ มีการพัฒนาสีผลเพียง 12% (ภาพที่ 48) ส่วนคะแนนความสดของพริกขี้หนูสีแดงมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 49) และการเก็บรักษานานขึ้นจะพบปัญหาเน่าเสียของก้าน ผล และมีปัญหาเชื้อรา

การเก็บรักษาพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องได้นาน 8 8 8 6 6 4 4 และ 2 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 49) ซึ่งไม่พบอาการผิดปกติจากความเย็น ส่วนพริกขี้หนูสีแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง นาน 12 12 8 8 6 5 2 และ 1 วัน คุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ภาพที่ 50) การเก็บรักษานานขึ้นจะพบปัญหาก้านผลเหี่ยว มีเชื้อรา และผลเน่า และไม่พบอาการผิดปกติจากความเย็นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 46 ปริมาณ O_2 และ CO_2 ของพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

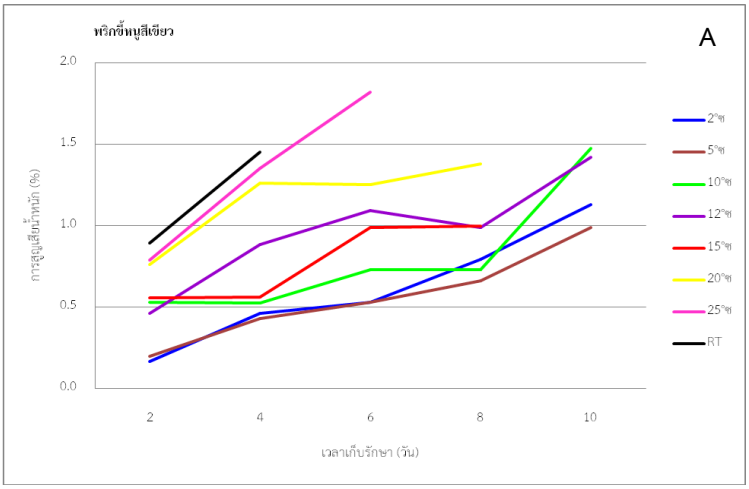
อุณหภูมิ	เวลาเก็บรักษา (วัน)									
เก็บรักษา (°ซ)	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
	ปริมาณ O_2 (%)					ปริมาณ CO_2 (%)				
2	19.3a	15.9a	15.4a	15.0a	12.6a	1.2d	3.4e	5.9cde	6.0a	6.1a
5	16.0b	15.6a	15.5a	14.1ab	11.9a	3.5c	4.2de	4.9e	6.5a	6.7a
10	14.9bc	14.4ab	13.7ab	12.2bc	11.4a	4.8b	4.6cde	5.4de	6.4a	8.2a
12	14.3c	13.7ab	13.4abc	12.3bc	11.3a	4.7b	5.8abc	6.1bcd	6.2a	7.6a
15	13.9c	13.3b	11.4bcd	10.6c		4.8b	5.3bcd	6.8abc	7.2a	
20	11.9d	10.6c	11.3cd	10.4c		6.0a	7.2a	7.2ab	7.4a	
25	11.3d	9.7c	10.5d			6.3a	7.2a	7.8a		
RT	11.5d	10.9c				5.9a	6.3ab			

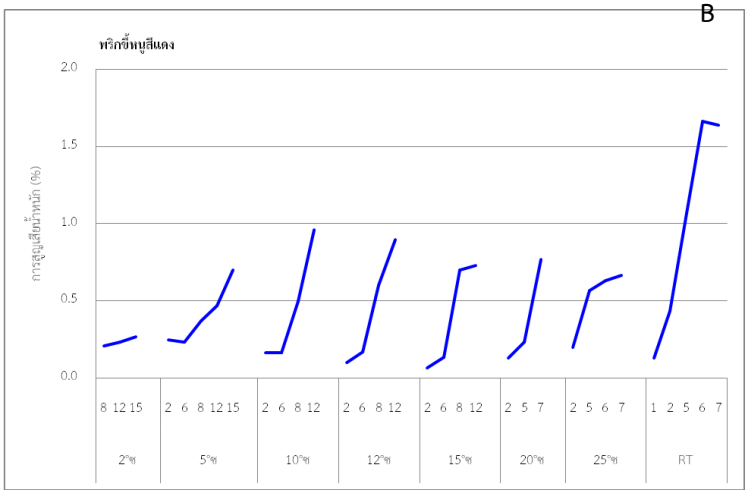
ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 47 ปริมาณ O_2 และ CO_2 ของพริกขี้หนูสีแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
	1	2	5	6	7	8	12	15
	ปริมาณ O_2 (%)							
2		18.1a		18.0a		18.7a	18.9a	18.6a
5		16.8ab		16.2b		16.1b	17.1ab	17.6a
10		15.2a		15.1a		13.8ab	11.8b	
12		14.6a		14.4a		14.0ab	12.4b	
15		12.5a		12.8a		10.8ab	8.3b	
20		12.8a	10.5a		9.6a			
25	11.0a	9.2ab	8.5bc	6.5cd	5.2d			
RT	11.2a	9.8a	3.6b	3.2b	3.3b			
	ปริมาณ CO_2 (%)							
2		0.1a		0.2a		0.2a	0.3a	0.3a
5		0.5b		0.5b		0.6ab	0.6ab	0.7a
10		1.1b		1.2b		1.3ab	1.6a	
12		1.2b		1.2b		1.4b	2.2a	
15		1.7b		1.7b		2.0b	2.7a	
20		1.9c	2.4b		3.1a			
25	2.2c	2.5c	3.5b	4.0a	3.8ab			
RT	2.6c	2.5c	4.3b	4.3b	5.1a			

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%





<u>ภาพที่ 46</u> การสูญเสียน้ำหนักของพริกขี้หนูสีเขียว (A) และพริกขี้หนูสีแดง (B) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

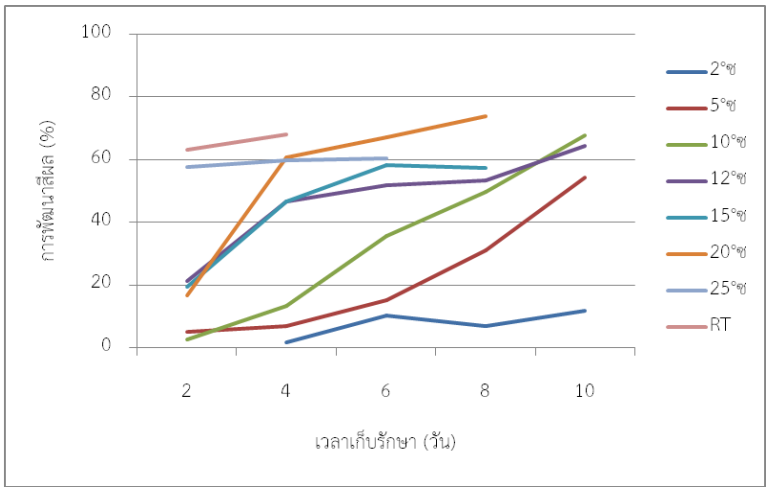
ตารางที่ 48 คะแนนความสดผลและความสดก้านผลของพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)									
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
	ความสดผล (คะแนน)					ความสดก้านผล (คะแนน)				
2	5.0	5.0	5.0	5.0	4.7	5.0a	5.0a	4.7a	3.7a	2.7

5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.3	5.0a	5.0a	4.7a	3.7a	2.0
10	5.0	5.0	5.0	4.3	4.0	5.0a	5.0a	4.3a	3.0ab	2.3
12	5.0	5.0	5.0	4.3	3.7	5.0a	5.0a	4.7a	2.7ab	2.0
15	5.0	5.0	5.0	4.3		5.0a	5.0a	4.3a	2.7ab	
20	5.0	5.0	5.0			5.0a	4.3a	2.7b	1.7b	
25	5.0	4.8	4.7			4.0b	3.0b	2.0b		
RT	5.0	4.8				4.0b	2.7b			

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 47 ลักษณะพริกขี้หนูสีเขียวเน่าและมีเชื้อรา



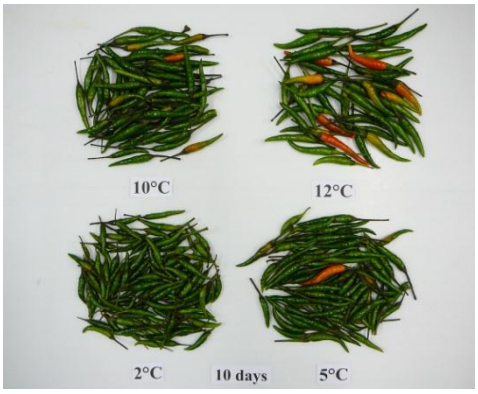
ภาพที่ 48 การพัฒนาสีผลของพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 49 คะแนนความสดผลและความสดก้านผลของพริกขี้หนูสีแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

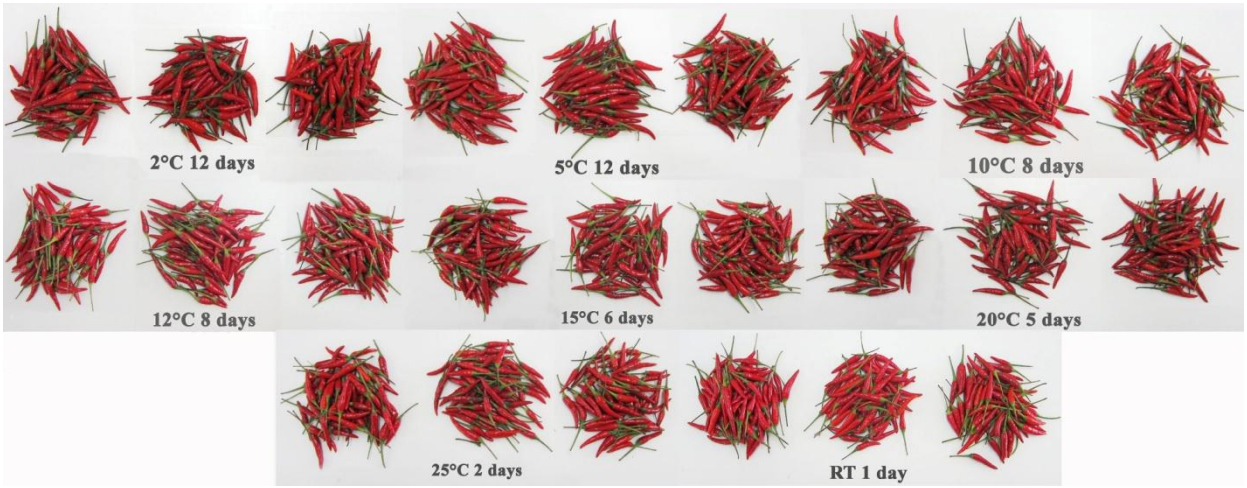
อุณหภูมิเก็บรักษา (° ซ)	เวลาเก็บรักษา (วัน)							
	1	2	5	6	7	8	12	15
	ความสดผล (คะแนน)							
2		5.0a		4.7ab		4.3ab	4.0b	2.7c
5		5.0a		4.7ab		4.0b	3.0c	2.7c
10		4.7a		4.0a		3.0b	2.7b	
12		4.7a		4.7a		3.7b	2.0c	
15		4.3a		3.3b		3.0b	1.0c	
20		4.0a	3.0b		2.0c			
25	5.0a	3.0b	2.3c	2.0c	2.0c			
RT	5.0a	3.0b	2.0c	1.3d				
	ความสดก้านผล (คะแนน)							
2		4.0a		3.7ab		3.3ab	3.0bc	2.5c
5		4.0a		3.0b		3.0b	3.0b	2.0c
10		3.7a		2.7ab		2.7ab	2.3b	
12		3.3a		3.0a		3.0a	2.0b	
15		3.0a		3.0a		2.0b	1.0c	
20		3.0a	2.7a		1.0b			

25	4.0a	2.7b	1.0c	1.0c	1.0c
RT	4.0a	2.0b	1.0c	1.0c	

ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละแถวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 49 สภาพภายนอกของพริกขี้หนูสีเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องระยะเวลาต่างกัน



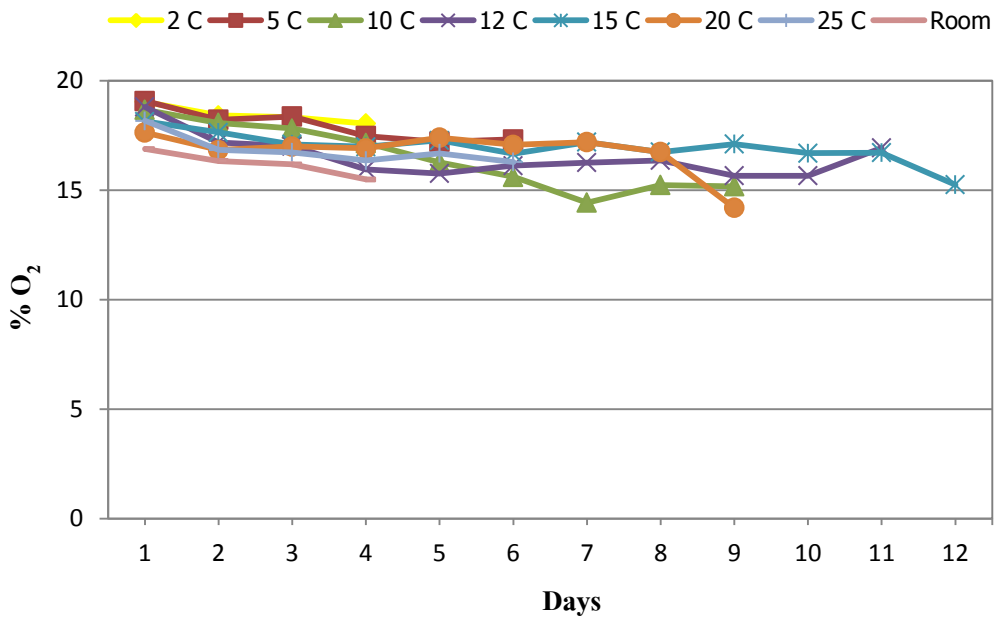
ภาพที่ 50 สภาพภายนอกของพริกขี้หนูสีแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 12 15 20 25°ซ และอุณหภูมิห้องระยะเวลาต่างกัน

2.21 แมงลัก

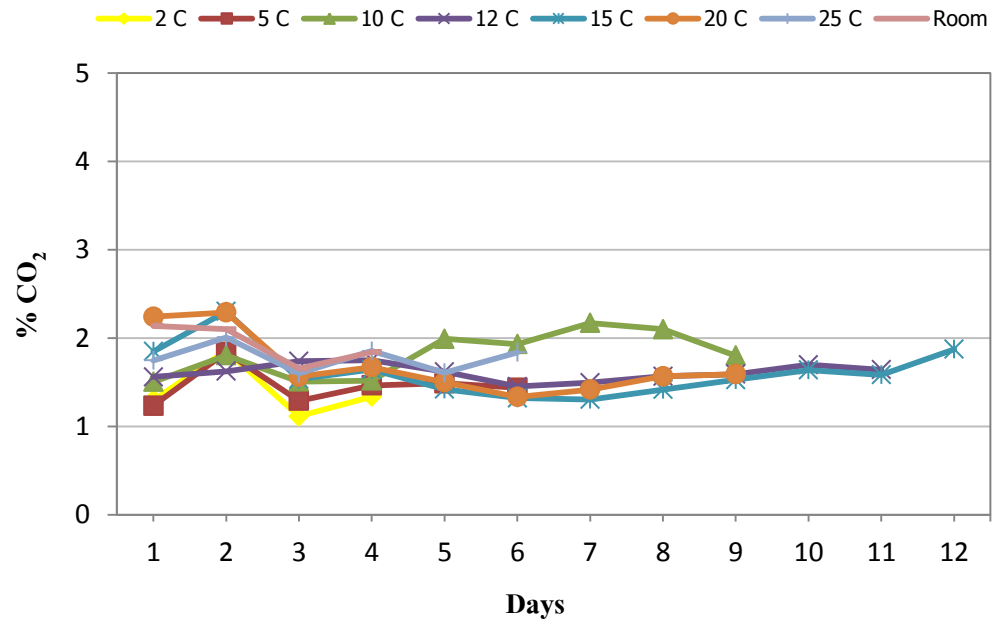
ปริมาณก๊าซ O_2 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะอยู่ระหว่าง 15-19% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับปริมาณ CO_2 มีแนวโน้มคงที่และใกล้เคียงกันในทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยปริมาณก๊าซ CO_2 จะมีค่าประมาณ 1.3-2.3% (ภาพที่ 51-52)

การเก็บรักษาในอุณหภูมิ 2 และ 5°ซ นาน 1 และ 2 วัน ตามลำดับ ใบแมงลักจะแสดงอาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury) ซึ่งอาการจะแสดงที่ใบอ่อนก่อนใบแก่ และอาการที่ใบอ่อนรุนแรงกว่าใบแก่ด้วย (ภาพที่ 53A และ B) โดยใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 54A) กิ่งมีลักษณะฉ่ำน้ำ ในขณะที่อุณหภูมิอื่นไม่พบอาการผิดปกติจากความเย็น ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนานเกิน 5 วัน ใบแมงลักจะแสดงอาการใบร่วงและใบเหลือง (ภาพที่ 54B) นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาใบแมงลักเป็นเวลานานขึ้นจะมีกลิ่นผิดปกติ โดยเก็บ

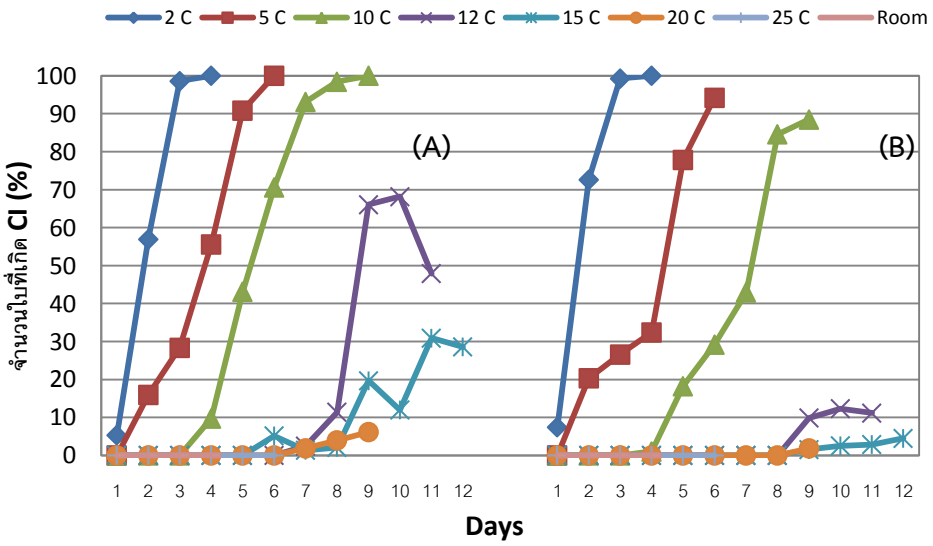
รักษาที่ 2 5 10 12 20 25°ซ และอุณหภูมิห้อง นาน 2 3 6 10 8 5 และ 3 วัน ตามลำดับ ใบแมงลักจะมีกลิ่นผิดปกติ (ภาพที่ 55) ส่วนที่อุณหภูมิ 15°ซ มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 และ 5°ซ) ใบแมงลักจะมีรสชาติที่ผิดปกติมากกว่าอุณหภูมิอื่น โดยใบแมงลักเก็บรักษาที่ 15°ซ ได้ดีกว่าอุณหภูมิอื่น คือสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน



ภาพที่ 51 ปริมาณ O_2 (%) ของใบแมงลักเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

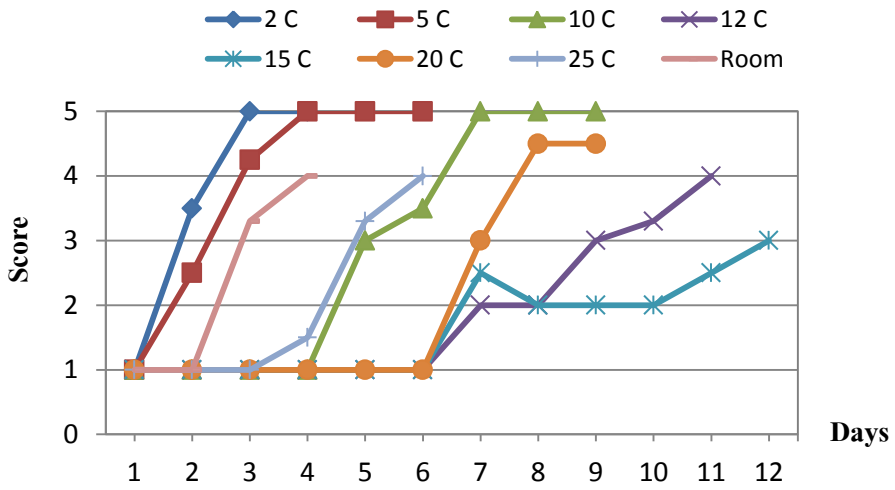


ภาพที่ 52 ปริมาณ CO_2 (%) ของใบแมงลักเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 53 เปอร์เซ็นต์อาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury) ของใบแมงลักแก่ (A) และใบอ่อน (B) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพที่ 54 ลักษณะอาการผิดปกติจากความเย็น (A) และอาการใบร่วง (B) ของใบแมงลัก



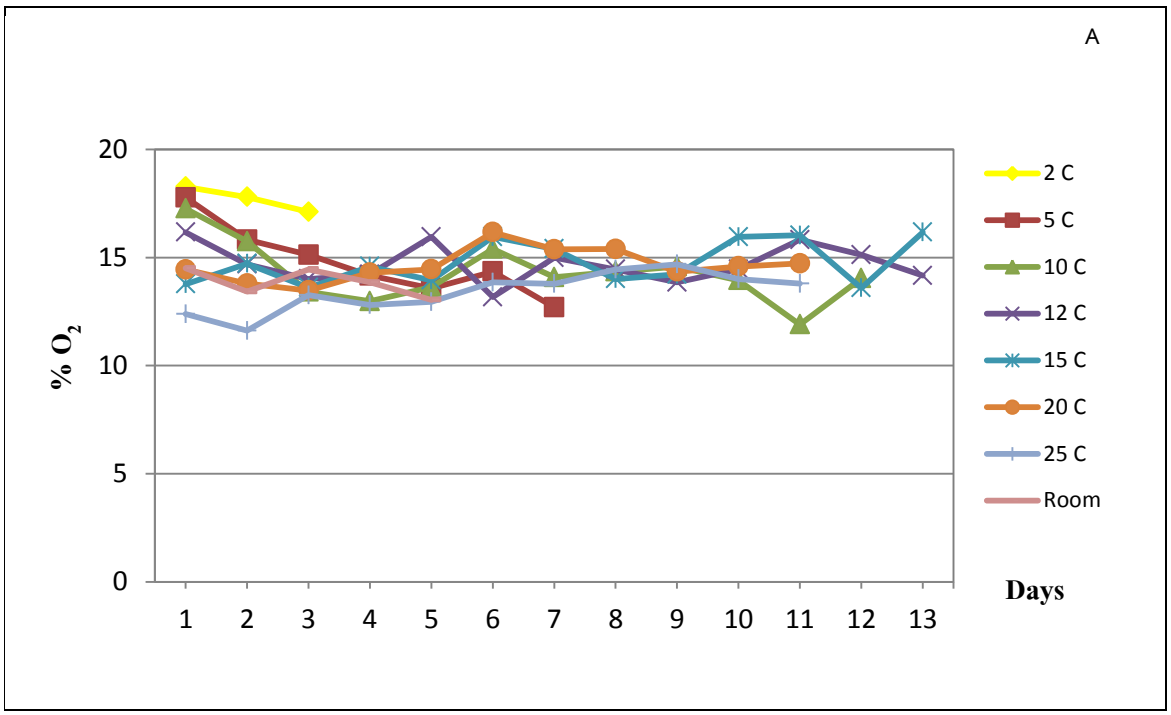
ภาพที่ 55 คะแนนกลิ่นผิดปกติของใบแมงลักเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

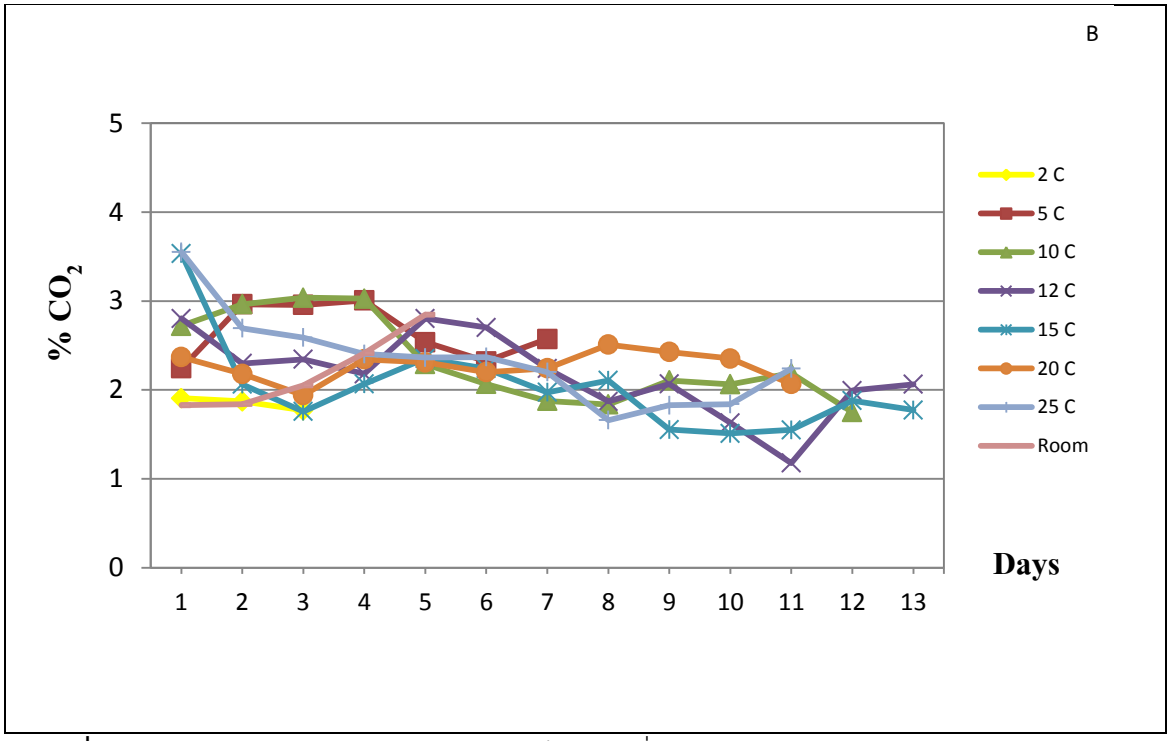
1=ปกติ 2=ผิดปกติน้อยมาก 3=ผิดปกติเล็กน้อย 4=ผิดปกติปานกลาง 5=ผิดปกติมาก

2.22 โหระพา

ปริมาณก๊าซ O_2 ภายในถุง PE บรรจุโหระพา PE ค่อนข้างคงที่และใกล้เคียงกันในทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา (ภาพที่ 56A) โดยมี O_2 เฉลี่ยอยู่ในช่วง 12-19% สำหรับปริมาณ CO_2 มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยมีปริมาณ CO_2 อยู่ระหว่าง 1.7-3.5% ยกเว้นใบโหระพาที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องจะมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 56B)

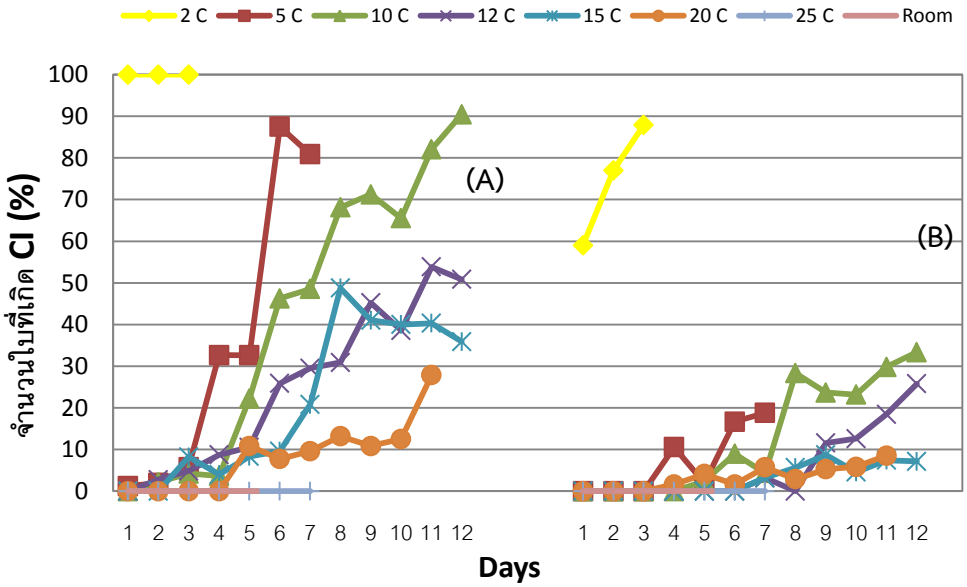
จากการทดลองพบว่าโหระพาจะแสดงอาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury :CI) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 และ 10°ซ นาน 1 6 และ 7 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 57) โดยใบโหระพาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่า 50% โดยอาการผิดปกติดังกล่าวจะแสดงที่ใบแก่มากกว่าใบอ่อนของโหระพา (ภาพที่ 58) สำหรับการเก็บรักษาที่ 25°ซ และอุณหภูมิห้องโหระพาไม่แสดงอาการ chilling injury แต่จะพบปัญหาใบเหลือง ใบร่วง และเน่าเสีย นอกจากนี้โหระพาเก็บรักษาที่ 2 5 และอุณหภูมิห้องนาน 2 4 และ 5 วัน ตามลำดับ จะมีกลิ่นผิดปกติ ส่วนอุณหภูมิ 10 12 15 20 และ 25°ซ โหระพาจะมีกลิ่นผิดปกติในวันที่ 11-12 ของการเก็บรักษา





ภาพที่ 56 ปริมาณ O_2 และ CO_2 ของโหระพาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพที่ 57 อาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury) ของโหระพา



ภาพที่ 58 เปอร์เซ็นต์อาการผิดปกติจากความเย็น (Chilling injury) ของใบโหระพาแก่ (A) และใบอ่อน (B) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลิตผลสด โดยทำการทดลองในผลไม้ และผัก รวม 22 ชนิด ผลไม้ได้แก่ แก้วมังกรพันธุ์ไทย(เนื้อสีขาว) กล้วยไข่ กล้วยหอม ฝรั่งพันธุ์กิมจู มะม่วง มังคุด ลองกอง กระท้อน สละสับปะรด ส้มเขียวหวานและส้มโอ ในผักได้แก่ กะเพรา ชะพลู ต้นหอม ตะไคร้ ถั่วฝักยาว ใบบัวบก ผักชีไทย ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งจีน พริกขี้หนู แมงลัก และโหระพา โดยทำการวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 10 15 20 และ 25°ซ พบว่า กล้วยไข่ กล้วยหอม มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทองมีอัตราการหายใจในช่วงแรกต่ำ จากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลเริ่มสุก โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 25°ซ กล้วยไข่ กล้วยหอม มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทองในขณะผลสุกมีอัตราการหายใจสูงถึง 80 60 128 และ 160 มล.CO_2/กก./ชม. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตเอทิลีนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง สำหรับผลไม้กลุ่มที่อัตราการหายใจจะสูงในช่วงแรก และค่อยๆ ลดลงจนคงที่ หรือผลิตผลเสื่อมสภาพ ได้แก่ ฝรั่งพันธุ์กิมจู ลองกอง สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง กระท้อนพันธุ์ปุยฝ้าย ส้มเขียวหวาน และสละพันธุ์สุมาลี ซึ่งมีอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-60 มล.CO_2/กก./ชม. เช่นเดียวกับการผลิตเอทิลีนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นมังคุดระยะสายเลือด และระยะสีชมพูเก็บที่ 25°ซ มีการผลิตเอทิลีนสูงถึง 250 และ 350 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับในขณะที่มังคุดมีการเปลี่ยนแปลงสีผล (ผลมังคุดเริ่มสุก) ส่วนอัตราการหายใจของผักทุกชนิดที่ทำการทดลองพบว่าแนวโน้มของอัตราการหายใจเป็นในไปในทิศทางเดียวกันคือ อัตราการหายใจจะสูงในช่วง 1-2 วันของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง จนคงที่ หรือผลิตผลเสื่อมสภาพ ซึ่งผักในกลุ่มกะเพรา แมงลัก และโหระพาจะมีอัตราการ

หายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 100-250 มล.CO_2/กก./ชม. ซึ่งสูงกว่าผักชนิดอื่นที่มีอัตราการหายใจเฉลี่ยไม่เกิน 100 มล. CO_2/กก./ชม. และยังสอดคล้องกับแนวโน้มการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

ดังนั้นการเก็บรักษาผลไม้และผักในอุณหภูมิที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน อุณหภูมิการเก็บรักษา และอาการผิดปกติจากความเย็นของผักและผลไม้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน และแนวทางในการเก็บรักษาผักและผลไม้

กิจกรรมงานวิจัย 6

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกผักและผลไม้บางชนิด
Postharvest Management of Some Fruits and Vegetables

เบญจมาศ รัตนชินกร ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ ปรางค์ทอง กวานห้อง และคมจันทร์ สรงจันทร์
Benjamas Ratanachinakorn, Siragran Srithanyarat, Prangthong Khawnhong and Komchan Songchan

คำสำคัญ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ผัก ผลไม้

บทคัดย่อ

การจัดการคุณภาพและอุณหภูมิของมังคุดที่ขนส่งทางอากาศไปประเทศออสเตรเลีย ทำการทดลองในระหว่างปี 2554-2556 ที่อาคารปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร บริษัทผู้ส่งออกมังคุด ประเทศไทย และบริษัทผู้นำเข้ามังคุดเมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 จำลองการขนส่งมังคุดทางเครื่องบินไปประเทศออสเตรเลีย ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ และส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบการส่งออกไปยังประเทศออสเตรเลียร่วมกับบริษัทเอกชน โดยการทดลองส่วนที่ 1 แบ่งเป็น 4 การทดลอง การทดลองที่ 1.1 ทดสอบบรรจุภัณฑ์ต่อการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย โดยบรรจุมังคุด 2 กรรมวิธีคือ บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกและบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน (polyethylene: PE) ก่อนจะบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก จากนั้นจำลองการขนส่งทางอากาศโดยควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาการขนส่งเช่นเดียวกับการขนส่งไปประเทศออสเตรเลีย ภายหลังการเปิดตู้พบว่า การบรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูกโดยตรงทำให้กล่องกระดาษลูกฟูกเปียกชื้นและภายในตู้โหลดพบไอน้ำเกาะรอบๆตู้ ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่มังคุดบรรจุในถุง PE ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกนั้น กล่องกระดาษลูกฟูกอยู่ในสภาพปกติไม่ชุ่มน้ำ ภายในตู้โหลดสินค้ามีความชื้นเล็กน้อยและภายในถุง PE มีความชื้นสูง มังคุดมีความสดและไม่พบการเกิดโรค เมื่อนำมาเก็บต่อที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มังคุดที่เก็บในถุง PE มีขั้วผลและกลีบเลี้ยงสดกว่ามังคุดที่ไม่บรรจุถุง แต่เมื่อเก็บนานขึ้นพบการเกิดโรคซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวบริเวณขั้วผล การทดลองที่ 1.2 ศึกษาวิธีการบรรจุมังคุดที่มีผลต่อการส่งออก โดยมีวิธีการบรรจุ 4 กรรมวิธีคือ บรรจุมังคุดในถุง PE ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก บรรจุมังคุดในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก บรรจุมังคุดในกล่องที่รองด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนกล่องด้วยพลาสติก และบรรจุมังคุดในกล่องที่รองด้วยฟองน้ำด้านบนและด้านล่างกล่อง แล้วจำลองการส่งออก ภายหลังการเปิดตู้พบว่า มังคุดที่บรรจุในถุงเจาะรูและไม่เจาะรูก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก มังคุดมีก้านผลและกลีบเลี้ยงที่เขียวสด กล่องกระดาษยังมีความแข็งแรงไม่เปียกชื้น ส่วนการรองกล่องด้วยฟองน้ำทั้งสองกรรมวิธีพบว่า มีไอน้ำเกาะที่ตู้โหลดเป็นจำนวนมาก บรรจุภัณฑ์ได้รับความเสียหาย กล่องกระดาษนิ่ม เปียก และบางกล่องยุบ ส่วนมังคุดในกล่องผลแห้ง ก้านผลและกลีบเลี้ยงยังมีสีเขียวสด เมื่อ

นำมาเก็บต่อที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า มังคุดที่เก็บในถุง PE เจาะรูและไม่เจาะรู รักษาความสดของมังคุดได้ดีกว่ามังคุดที่ไม่บรรจุถุง แต่จะเกิดกลิ่นผิดปกติและเกิดโรคได้ง่ายกว่าเมื่อเก็บรักษาระยะเวลานาน การทดลองที่ 1.3 ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่มีผลต่อการส่งออก โดยทดสอบการลดอุณหภูมิ (pre-cooling) และไม่ลดอุณหภูมิในมังคุดที่ทำการส่งออก โดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 แบบคือ บรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูกและบรรจุในกล่องที่ทำจากฟิวเจอร์บอร์ด แล้วนำไปทดสอบในตู้โหลดที่บุตู้ต่างกันตามวิธีของสายการบินคือ โหลดในตู้ที่บุด้วยฟิล์มพลาสติกและตู้ที่บุด้วย thermo-film แล้วจำลองการส่งออก ภายหลังการเปิดตู้พบว่า มังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกล่องกระดาษลูกฟูกและฟิวเจอร์บอร์ด เมื่อโหลดสินค้าในตู้โหลดทั้ง 2 กรรมวิธี บรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบอยู่ในสภาพปกติ แข็งแรง ไม่เปียกชื้น มีไอน้ำเกาะที่พลาสติกที่ปิดกล่องเล็กน้อย ผลมังคุดไม่เปียกและยังคงความสด ส่วนมังคุดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิภายหลังเปิดตู้พบว่ากล่องกระดาษลูกฟูก ชื้น นิ่ม พลาสติกที่ปิดมังคุดมีไอน้ำเกาะมาก ผลมังคุดเปียก และยังสด ส่วนตู้ที่บุด้วย thermo-film จะช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ และยังช่วยซับน้ำและความชื้นที่เกิดจากการควบแน่นของอากาศและการหายใจของมังคุด ไม่ให้มีน้ำแฉะในตู้โหลดสินค้าได้ การทดลองที่ 1.4 ผลของการลดอุณหภูมิและวิธีการบรรจุมังคุดต่อการส่งออก โดยการนำมังคุดบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกรองด้วยกระดาษบน-ล่างกล่อง และบรรจุมังคุดในถุงพลาสติก PE เจาะรู รองด้วยกระดาษบน-ล่างก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก แล้วนำมาลดอุณหภูมิให้ได้ 13 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาโหลดลงในตู้ที่บุด้วย thermo-film แล้วจำลองการส่งออก ภายหลังการเปิดตู้พบว่า มังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิบรรจุภัณฑ์จะคงรูปร่างปกติ ไม่ได้รับความเสียหายจากการเปียกชื้น การบรรจุมังคุดในถุง PE เจาะรู พบว่า มังคุดมีความสดแต่ภายในถุงมีไอน้ำเกาะ ส่วนการรองกล่องด้วยกระดาษบน-ล่างของกล่อง พบว่า กระดาษจะช่วยซับน้ำจากการหายใจของมังคุดและการควบแน่นของอากาศไม่ให้บรรจุภัณฑ์เปียกชื้นและได้รับความเสียหาย เมื่อนำมาเก็บต่อที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า มังคุดที่เก็บในถุง PE เจาะรู มีกลีบเลี้ยง ก้านผลสดกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ภายในถุงจะมีความชื้นทำให้เกิดเส้นใยของราบริเวณขั้วผลได้ง่าย การทดลองส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลียเพื่อดูคุณภาพที่ตลาดปลายทางและคุณภาพระหว่างการวางจำหน่าย ได้ทดสอบร่วมกับบริษัทผู้ส่งออกจากประเทศไทย และบริษัทผู้นำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย การทดลองที่ 2.1 ทดสอบการขนส่งมังคุดโดยบรรจุมังคุด 2 กรรมวิธีคือ บรรจุมังคุดในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกและบรรจุมังคุดในถุงตาข่ายแล้วใช้พลาสติกปิดทับด้านบนก่อนปิดผนึกกล่อง ลดอุณหภูมิมังคุดภายหลังการบรรจุเสร็จจนกระทั่งขนส่งไปสนามบินแล้วส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลียโดยสายการบินไทย ตรวจสอบคุณภาพเมื่อถึงประเทศปลายทางที่เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลียพบว่า บรรจุภัณฑ์มังคุดไม่ได้รับความเสียหายและมังคุดที่บรรจุทั้งสองกรรมวิธียังคงความสดแต่จะพบมังคุดเปลือกแข็งบ้างประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำมังคุดมาเก็บรักษาพบว่า เปลือกมังคุดจะมีคราบสีขาวจากสารเคลือบผิวติดอยู่โดยเฉพาะมังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู และยังพบว่า มังคุดที่เก็บในถุงพลาสติกเจาะรูมีความสดมากกว่ามังคุดที่บรรจุในกล่องโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามภายในถุงพลาสติกมีความชื้นสูง เมื่อเก็บไว้นานพบการเกิดโรคได้ง่าย และมังคุดมีอายุการวางจำหน่ายประมาณ 5-7 วัน หากเก็บนานขึ้นผลมังคุดจะแข็งและคุณภาพของเนื้อภายในไม่ดี การทดลองที่ 2.2 ทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย โดยการบรรจุมังคุด 2 กรรมวิธีคือ บรรจุมังคุดในถุงตาข่ายก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

(ตามวิธีของบริษัท) และบรรจุมังคุดในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ลดอุณหภูมิมังคุดภายหลังการบรรจุเสร็จจนกระทั่งขนส่งไปสนามบิน ทำการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย เมื่อถึงประเทศปลายทางที่เมืองเมลเบิร์น พบว่า บรรจุภัณฑ์ยังคงรูปปกติและมีบางกล่องมีรอยยุบ เมื่อเปิดกล่องเช็คคุณภาพพบว่า มังคุดที่บรรจุตามวิธีของบริษัทยังคงมีความสดแต่ผิวค่อยข้างแห้ง และมังคุดมีรอยยุบจากการบรรจุที่แน่นเกินไป ส่วนมังคุดที่บรรจุในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุกล่อง พบว่า ภายในถุงมีไอน้ำเกาะอยู่ด้านบนของถุง ส่วนผลมังคุดมีความสด ก้านและกลีบเลี้ยงสีเขียวสด ผิวผลไม่แห้ง และไม่พบการเกิดโรค และเมื่อทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5-15 องศาเซลเซียส ตามอุณหภูมิท้องถิ่นที่เมืองเมลเบิร์น พบว่า เก็บได้นานประมาณ 7 วัน โดยการเก็บมังคุดในถุง PE หรือ PP เจาะรู จะช่วยรักษาความสดของมังคุดได้

บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นข้าว พืชไร่ ผัก และผลไม้ต่างๆ และมีหลายประเทศไม่ว่าจะเป็นตลาดเก่าหรือตลาดใหม่สนใจนำเข้าผลิตผลของไทย แต่ปัญหาที่พบซึ่งเป็นข้อจำกัดในการส่งออก โดยเฉพาะกับผลิตผลสดของไทย คือ การเน่าเสีย หรือเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว ซึ่งนอกจากจะเป็นลักษณะตามธรรมชาติของผลิตผลสด การเสื่อมคุณภาพยังเกิดจากกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม รวมถึงการคัดคุณภาพ การทำ pre-treatment ต่างๆ การบรรจุภัณฑ์ การจัดการอุณหภูมิและการขนส่ง มีผลทำให้ผลิตผลสดมีอายุการวางจำหน่ายสั้น บางพืชไม่สามารถวางจำหน่ายได้เมื่อถึงตลาดปลายทาง จากตัวอย่างที่ทำการทดสอบการขนส่งมังคุดไปตลาดออสเตรเลียทางอากาศ โดยไม่มีการจัดการอุณหภูมิให้เหมาะสม เนื่องจากคิดว่าใช้เวลาการขนส่งไม่นาน แต่สินค้าเมื่อถึงตลาดปลายทางจะใช้เวลาอีก 1-2 วัน เพื่อรอพิธีการต่างๆ ให้เสร็จสิ้น จึงสามารถนำออกมาจำหน่ายได้ ทำให้มังคุดในตู้สินค้ามีอุณหภูมิสูงและไอน้ำจากการหายใจที่เกาะตามผนังตู้สินค้ามีการสะสมสูง ทำให้กล่องเปียก เสียรูปทรงและไม่แข็งแรง มีผลกระทบทำให้มังคุดแตกและมีอายุการวางจำหน่ายสั้น ซึ่งการทดสอบการส่งออกผลิตผลสดในเชิงพาณิชย์นั้น ขณะนี้ยังมีการศึกษาไม่เพียงพอเนื่องจากเป็นการผสมผสานกันหลายวิธีการ โดยเฉพาะการจัดการอุณหภูมิ บรรจุภัณฑ์ และคุณภาพของผลิตผลเพื่อให้ผลิตผลมีคุณภาพดี มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการขยายตลาดผลิตผลสดของไทย และจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนให้มีการวิจัยมากขึ้นโดยร่วมกับภาคเอกชน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาระบบการจัดการมังคุดเพื่อส่งออก เพื่อให้สามารถส่งออกได้มากขึ้นและเพื่อรักษาคุณภาพความสดและคุณภาพการรับประทานที่ดีได้นาน เหมาะกับตลาดเป้าหมายแต่ละแห่ง

ระเบียบวิธีการวิจัย

แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 การจำลองการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

การทดลองที่ 2 การขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลียและคุณภาพระหว่างการวางจำหน่าย

การทดลองที่ 1 การจำลองการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

แบ่งเป็น 4 การทดลองย่อย คือ

การทดลองที่ 1.1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

การทดลองที่ 1.2 วิธีการบรรจุมังคุดที่มีผลต่อการส่งออกไปประเทศออสเตรเลีย

การทดลองที่ 1.3 ผลของการลดอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่มีผลต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

การทดลองที่ 1.4 ผลของการลดอุณหภูมิและวิธีการบรรจุมังคุดต่อการส่งออกไปประเทศออสเตรเลีย

การทดลองที่ 1.1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) เก็บเกี่ยวมังคุดในระยะสายเลือดที่สวนที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GAP จังหวัดจันทบุรี จากนั้นนำมารมเมทิลโบรไมด์ตามข้อกำหนดของการส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

2) ทำความสะอาดมังคุดโดยใช้ลมเป่าทำความสะอาด เพื่อกำจัดแมลงและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามกลีบเลี้ยง

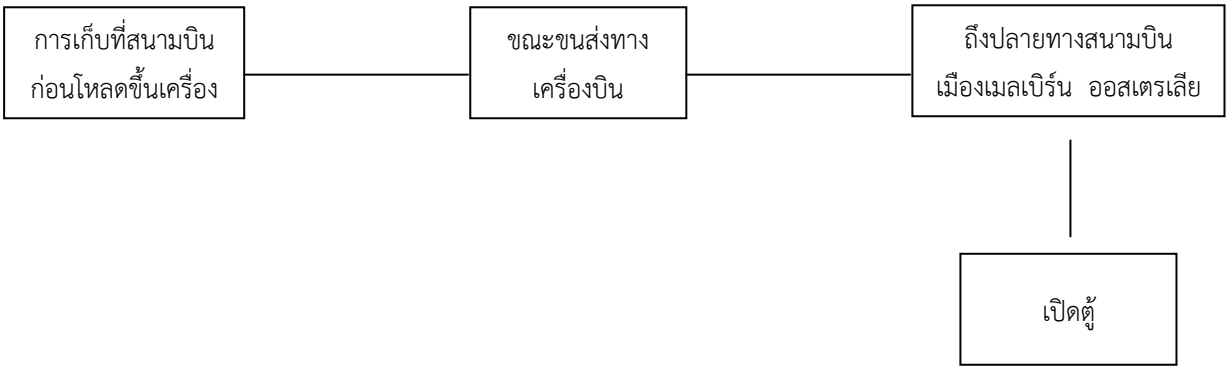
3) บรรจุมังคุดในบรรจุภัณฑ์ 2 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene: PE) ก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก

4) บรรจุมังคุดลงในตู้ที่บุด้วยฟิล์มพลาสติกเช่นเดียวกับการส่งออก โดยบรรจุตู้ละ 16 กล่อง แล้วปิดตู้ให้สนิท คลุมตู้ด้วยพลาสติก

5) จำลองอุณหภูมิในการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย



6) ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์และคุณภาพของมังคุดภายหลังจากการเปิดตู้ โดยดูความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ ไอน้ำ/ความชื้น ที่เกาะตามบรรจุภัณฑ์ ความสด และการเกิดโรคของมังคุด

7) นำมังคุดไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 13°C และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุกสัปดาห์ เพื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษา

การตรวจสอบคุณภาพ

- ค่าคะแนนความสดของขั้วผลและกลีบเลี้ยง
- ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ก้านผล
- เปอร์เซ็นต์ราที่ผล
- เปอร์เซ็นต์ราที่ก้านผล
- เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง
- เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว
- เปอร์เซ็นต์ยางไหล
- เปอร์เซ็นต์การเกิดกลิ่นผิดปกติ
- เปอร์เซ็นต์เนื้อมังคุดที่มีคุณภาพยอมรับได้

การทดลองที่ 1.2 วิธีการบรรจุมังคุดที่มีผลต่อการส่งออกไปประเทศออสเตรเลีย

มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) เก็บเกี่ยวมังคุดในระยะสายเลือดที่สวนที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GAP จังหวัดจันทบุรี จากนั้นนำมารมเมทิลโบรไมด์ตามข้อกำหนดของการส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

2) ทำความสะอาดมังคุดโดยใช้ลมเป่าทำความสะอาด เพื่อกำจัดแมลงและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามกลีบเลี้ยง

3) บรรจุมังคุด 4 วิธีการคือ

วิธีที่ 1 บรรจุถุง PE ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

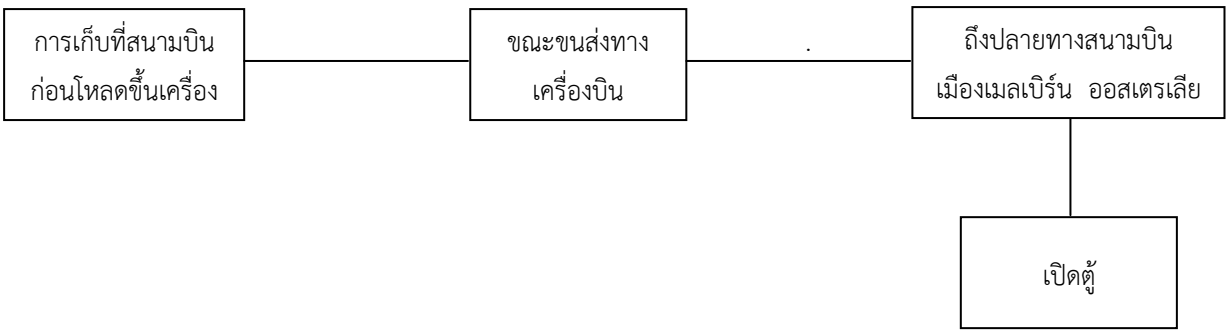
วิธีที่ 2 บรรจุถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

วิธีที่ 3 รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนกล่องด้วยพลาสติก

วิธีที่ 4 รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านบนและด้านล่างกล่อง

4) บรรจุมังคุดลงในตู้ที่บุด้วยฟิล์มพลาสติกเช่นเดียวกับการส่งออก โดยบรรจุตู้ละ 16 กล่อง แล้วปิดตู้ให้สนิท คลุมตู้ด้วยพลาสติก

5) จำลองอุณหภูมิในการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย



6) ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์และคุณภาพของมังคุดภายหลังจากการเปิดตู้ โดยดูความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ ไอน้ำ/ความชื้น ที่เกาะตามบรรจุภัณฑ์ ความสด และการเกิดโรคของมังคุด

7) นำมังคุดไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 13 $^{\circ}$C และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุกสัปดาห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษา

การทดลองที่ 1.3 ผลของการลดอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่มีผลต่อการส่งออกไปประเทศออสเตรเลีย

มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) เก็บเกี่ยวมังคุดในระยะสายเลือดที่สวนที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GAP จังหวัดจันทบุรี จากนั้นนำมารมเมทิลโบรไมด์ตามข้อกำหนดของการส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

2) ทำความสะอาดมังคุดโดยใช้ลมเป่าทำความสะอาด เพื่อกำจัดแมลงและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามกลีบเลี้ยง

3) บรรจุมังคุดในบรรจุภัณฑ์ 2 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในกล่องฟิวเจอร์บอร์ด

4) แบ่งมังคุดออกเป็น 2 ส่วน คือ มังคุดที่ทำการลดอุณหภูมิ (pre cooling) ที่อุณหภูมิ 13 $^{\circ}$C ก่อนการโหลด และมังคุดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (control)

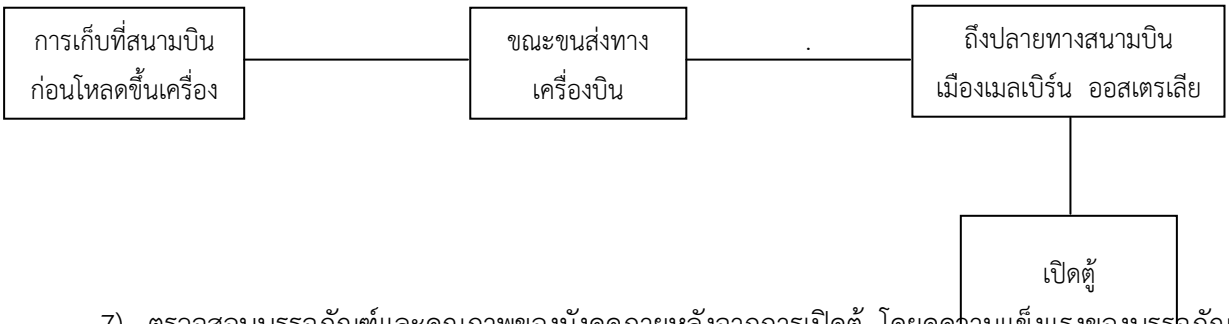
5) เตรียมตู้จำลองการขนส่งมังคุด โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามวิธีของสายการบิน คือ

แบบที่ 1 บุตู้ด้วยฟิล์มพลาสติก (สีเขียว)

แบบที่ 2 บุตู้ด้วย Thermo-film

บรรจุตู้ละ 12 กล่อง แล้วปิดตู้ให้สนิทคลุมด้วยพลาสติก

6) จำลองอุณหภูมิในการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย



7) ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์และคุณภาพของมังคุดภายหลังจากการเปิดตู้ โดยดูความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ ไอน้ำ/ความชื้น ที่เกาะตามบรรจุภัณฑ์ ความสด และการเกิดโรคของมังคุด

8) นำมังคุดไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 13 $^{\circ}$C และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุกสัปดาห์

การตรวจสอบคุณภาพ

- เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่ขั้ว
- เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่กลีบเลี้ยง
- เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง

- เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพภายนอกดี
- เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว
- เปอร์เซ็นต์ยางไหล
- เปอร์เซ็นต์เนื้อเน่า
- เปอร์เซ็นต์เนื้อมังคุดที่มีคุณภาพยอมรับได้

การทดลองที่ 1.4 ผลของการลดอุณหภูมิและวิธีการบรรจุมังคุดต่อการส่งออกไปประเทศออสเตรเลีย

มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) เก็บเกี่ยวมังคุดในระยะสายเลือดที่สวนที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GAP จังหวัดจันทบุรี จากนั้นนำมารมเมทิล- โบรไมด์ตามข้อกำหนดของการส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

2) ทำความสะอาดมังคุดโดยใช้ลมเป่าทำความสะอาด เพื่อกำจัดแมลงและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามกลีบเลี้ยง

3) บรรจุมังคุด 3 กรรมวิธีคือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

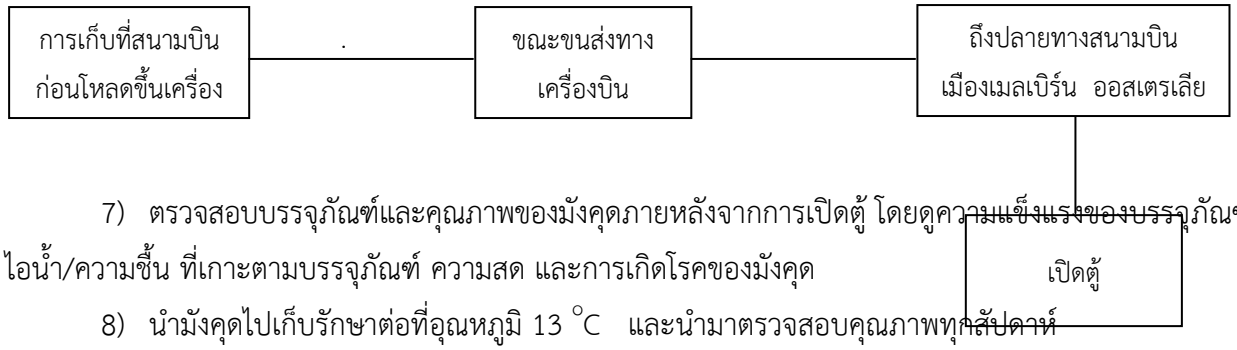
กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู ปิดกระดาษบน-ล่าง ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

4) แบ่งมังคุดออกเป็น 2 ส่วนคือ มังคุดที่ทำการลดอุณหภูมิ (pre-cooling) ที่อุณหภูมิ 13 $^{\circ}$C ก่อนการโหลด และมังคุดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (control)

5) นำมังคุดมาโหลดลงในตู้ที่บุด้วย Thermo-film ตู้ละ 12 กล่อง แล้วปิดตู้ให้สนิท คลุมด้วยพลาสติก

6) จำลองอุณหภูมิในการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย



7) ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์และคุณภาพของมังคุดภายหลังจากการเปิดตู้ โดยดูความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ ไอน้ำ/ความชื้น ที่เกาะตามบรรจุภัณฑ์ ความสด และการเกิดโรคของมังคุด

8) นำมังคุดไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 13 $^{\circ}$C และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุกสัปดาห์

การตรวจสอบคุณภาพ

- เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง
- เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่ผล
- เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่ขั้ว
- เปอร์เซ็นต์ความสดของกลีบเลี้ยง
- เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว

- เปอร์เซ็นต์ยางไหล
- เปอร์เซ็นต์เนื้อยุบ
- เปอร์เซ็นต์เนื้อเป็นโพรง
- เปอร์เซ็นต์มังคุดที่มีอาการเนื้อติดเปลือก
- เปอร์เซ็นต์เนื้อผลเน่า
- เปอร์เซ็นต์เนื้อมังคุดที่มีคุณภาพยอมรับได้

การทดลองที่ 2 การขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลียและคุณภาพระหว่างการวางจำหน่าย

การทดลองที่ 2.1 ผลของวิธีการบรรจุมังคุดต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย และการวางจำหน่าย

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) เก็บเกี่ยวมังคุดในระยะสายเลือด ที่สวนที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GAP จังหวัดจันทบุรี จากนั้นนำมารมด้วยเมทิลโบรไมด์ตามข้อกำหนดการส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

2) ทำความสะอาดมังคุดโดยใช้ลมเป่าทำความสะอาด เพื่อกำจัดแมลงและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามกลีบเลี้ยง แล้วเคลือบด้วยสารเคลือบผิว ทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำไปบรรจุ

3) บรรจุมังคุดเป็น 2 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุมังคุดในถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุมังคุดในถุงตาข่ายแล้วใช้พลาสติกปิดด้านบนก่อนปิดผนึกกล่อง

4) ขนส่งมังคุดทางเครื่องบินตามขั้นตอนของทางบริษัท และตามขั้นตอนการส่งออกของการบินไทย

5) เมื่อถึงปลายทางตรวจสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ และคุณภาพมังคุด

6) ทดสอบการวางจำหน่ายมังคุด โดยใช้มังคุดในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มาทดสอบการวางจำหน่ายในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก แบ่งเป็น 6 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 2 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 3 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำมาบรรจุในถุง P-Plus

กรรมวิธีที่ 4 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงตาข่าย นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 5 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงตาข่าย นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 6 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงตาข่าย นำมาบรรจุในถุง P-Plus

7) ตรวจสอบคุณภาพขณะเก็บรักษา ได้แก่

- เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง
- เปอร์เซ็นต์มังคุดที่พบคราบสีขาวจากสารเคลือบผิว
- เปอร์เซ็นต์ราที่ผิวและขั้วผล
- เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว
- เปอร์เซ็นต์ยางไหล

- เปอร์เซ็นต์เนื้อยุบ
- เปอร์เซ็นต์มังคุดที่มีอาการเนื้อติดเปลือก
- เปอร์เซ็นต์เนื้อมังคุดที่มีคุณภาพยอมรับได้

การทดลองที่ 2.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย และการวางจำหน่าย

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) เก็บเกี่ยวมังคุดในระยะสายเลือด ที่สวนที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GAP จังหวัดจันทบุรี จากนั้นนำมารมด้วยเมทิลโบรไมด์ตามข้อกำหนดการส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

2) ทำความสะอาดมังคุดโดยใช้ลมเป่าทำความสะอาด เพื่อกำจัดแมลงและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามกลีบเลี้ยง แล้วเคลือบด้วยสารเคลือบผิว ทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำไปบรรจุ

3) บรรจุมังคุด 2 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุมังคุดในถุงตาข่ายก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (ตามวิธีของบริษัท)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุมังคุดในถึง PE เจาะรู (ขนาดรู เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะที่ปลายถุงห่างกัน 3 นิ้ว จำนวน 5 แถว)

4) ขนส่งมังคุดทางเครื่องบินตามขั้นตอนของทางบริษัท และตามขั้นตอนการส่งออกของการบินไทย

5) เมื่อถึงปลายทางตรวจสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ และคุณภาพมังคุด

6) ทดสอบการวางจำหน่ายมังคุด โดยแบ่งเป็น 6 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มังคุดที่ส่งออกโดยวิธีของบริษัท นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 2 มังคุดที่ส่งออกโดยวิธีของบริษัท นำมาบรรจุใหม่ในถุง PE เจาะรู 4 รูใหญ่

กรรมวิธีที่ 3 มังคุดที่ส่งออกโดยวิธีของบริษัท นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรูเล็ก จากญี่ปุ่น

กรรมวิธีที่ 4 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุง PE เจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 5 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุง PE เจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุง PE เจาะรู 4 รูใหญ่

กรรมวิธีที่ 6 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุง PE เจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรูเล็ก จากญี่ปุ่น

7) ตรวจสอบคุณภาพขณะเก็บรักษา ได้แก่

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก
- เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง
- เปอร์เซ็นต์มังคุดที่พบคราบสีขาวจากสารเคลือบผิว
- เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว
- เปอร์เซ็นต์ยางไหล
- เปอร์เซ็นต์เนื้อเป็นโพรง
- เปอร์เซ็นต์เนื้อติดเปลือก
- เปอร์เซ็นต์เนื้อมังคุดที่มีคุณภาพยอมรับได้

ระยะเวลา

ตุลาคม 2553 – กันยายน 2556

สถานที่ดำเนินการ

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
บริษัทส่งออกมังคุด ประเทศไทย
บริษัทนำเข้ามังคุด ประเทศออสเตรเลีย

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองที่ 1 การจำลองการขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

การทดลองที่ 1.1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

1) คุณภาพมังคุดภายหลังเปิดตู้โหลดสินค้า

บรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูก หลังจากเปิดตู้เพื่อตรวจสอบคุณภาพ พบว่า การบรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูก มีผลทำให้กล่องกระดาษลูกฟูกมีความชื้นสูง เปียก เนื่องจากการหายใจของมังคุด (ภาพที่ 1) และภายในตู้โหลดจะพบว่า มีไอน้ำเกาะอยู่รอบๆ ตู้ (ภาพที่ 2) ส่วนมังคุดภายในกล่องไม่มีไอน้ำเกาะ กลีบเลี้ยงยังคงความสด (ภาพที่ 3)

ภาพที่ 1 บรรจุภัณฑ์มังคุดภายหลังเปิดตู้สินค้า

ภาพที่ 2 ไอน้ำภายในตู้โหลดสินค้า

ภาพที่ 3 มังคุดภายในกล่องไม่มีไอน้ำเกาะ

ภาพที่ 3 ลักษณะมังคุดภายในบรรจุภัณฑ์ภายหลังเปิดตู้

บรรจุมังคุดในถุง PE ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก หลังจากเปิดตู้เพื่อตรวจสอบคุณภาพ พบว่า ตู้โหลดสินค้ามีความชื้นเพียงเล็กน้อย กล่องกระดาษลูกฟูกยังอยู่ในสภาพปกติไม่เปียกน้ำหรือมีไอน้ำเกาะอยู่ (ภาพที่ 4) แต่เมื่อเปิดกล่องเพื่อดูคุณภาพมังคุด พบว่า มีไอน้ำอยู่ภายในถุงที่บรรจุมังคุด (ภาพที่ 5) เป็นผลให้ภายในถุงมังคุดมีความชื้นสูง ผลมังคุดเปียก แต่ไม่พบการเกิดโรค กลีบเลี้ยงของมังคุดยังคงมีสีเขียวสด

ภาพที่ 4 บรรจุภัณฑ์มังคุดภายหลังเปิดตู้สินค้า

ภาพที่ 5 ไอน้ำที่เกิดจากการหายใจภายในบรรจุภัณฑ์มังคุด

2) คุณภาพมังคุดภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C

การเก็บรักษามังคุดภายหลังการเปิดตู้จำลองการขนส่งมังคุด โดยนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 13 °C พบว่า

ความสดของขั้วผลและกลีบเลี้ยง มังคุดภายหลังเปิดตู้จำลองการขนส่ง พบว่า ขั้วและกลีบเลี้ยงมีสีเขียวสด มีค่าคะแนนความสดอยู่ที่ 3.5 คะแนน คือ ค่อนข้างสด เมื่อเก็บรักษานานขึ้น มังคุดจะมีค่าคะแนนความสดของขั้วและกลีบเลี้ยงลดลง การเก็บรักษาในถึงพลาสติกจะช่วยรักษาความสดของขั้วผลและกลีบเลี้ยงได้ดีกว่าการไม่บรรจุถุงเล็กน้อย โดยจะเห็นความแตกต่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 1)

การเกิดสีน้ำตาลที่ก้านผล มังคุดเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาทั้งสองกรรมวิธีมีก้านผลและกลีบเลี้ยงเป็นสีเขียวสด เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่า ก้านของมังคุดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองกรรมวิธี (ตารางที่ 2)

เปอร์เซ็นต์การเกิดรา มังคุดเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาพบว่า ไม่พบการเกิดราที่ผลและที่ก้าน แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดราที่ก้านผลสูงมาก โดยพบตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเก็บรักษาถึง 83% ของมังคุดทั้งหมด ส่วนใหญ่จะพบเป็นเส้นใยบริเวณขั้วและกลีบเลี้ยง ปริมาณเส้นใยจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 3) และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานจะพบการเกิดเชื้อราบริเวณผิวผลของมังคุดด้วย โดยมังคุดที่เก็บในถึงพลาสติกมีแนวโน้มพบการเกิดเชื้อราสูง เนื่องจากมีความชื้นภายในถุงเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดโรค (ตารางที่ 4)

เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง มังคุดเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบอาการเปลือกแข็งเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่า มังคุดที่เก็บรักษาในถึงพลาสติกก่อนบรรจุกล่องมีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกแข็งน้อยกว่ามังคุดที่ไม่ได้บรรจุถึง (control) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 5)

เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วและยางไหล การเกิดเนื้อแก้วและอาการยางไหลของมังคุดเป็นอาการที่เกิดตั้งแต่แรกก่อนการนำมาเก็บรักษา โดยในการทดลองครั้งนี้พบมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว 30% (ตารางที่ 6) และการเกิดยางไหล 17% (ตารางที่ 7) ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของมังคุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์มังคุดขณะเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลของมังคุด

เปอร์เซ็นต์การเกิดกลิ่นผิดปกติ การเกิดกลิ่นผิดปกติของมังคุดพบเมื่อเก็บรักษานาน 1 สัปดาห์ โดยมังคุดที่เก็บรักษาในถึงพลาสติกมีกลิ่นผิดปกติมากกว่ามังคุดที่ไม่ได้บรรจุถุง (ตารางที่ 8)

เปอร์เซ็นต์การยอมรับ มังคุดทั้งสองกรรมวิธีเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา มีเปอร์เซ็นต์การยอมรับของผู้บริโภคสูง เนื่องจากมังคุดยิ่งมีคุณภาพภายนอกดี และคุณภาพของเนื้อผลดี แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นคุณภาพของมังคุดลดลง ทั้งนี้เกิดจากมังคุดมีการเกิดโรค เปลือกแข็งเพิ่มมากขึ้น และเกิดกลิ่นผิดปกติขณะเก็บรักษา รวมถึงมีการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลที่เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ภายหลังการเก็บเกี่ยวเกิดขึ้นร่วมกัน โดยเมื่อเก็บนาน 4 สัปดาห์ มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก (control) มีเปอร์เซ็นต์การยอมรับ 77.33% ในขณะที่มังคุดบรรจุถุงพลาสติกมีเปอร์เซ็นต์การยอมรับ 64% แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 1 ค่าคะแนนความสดของขั้วผลและกลีบเลี้ยงมังคุด เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4

มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	3.51	2.15	1.45 b	1.15	1.03
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	3.48	2.27	2.31 a	1.15	1.04
F test	ns	ns	*	ns	ns
LSD	1.15	0.25	0.39	0.30	0.13
%CV	14.60	5.07	9.36	11.74	5.70

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ก้านผลมังคุด เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	1.93	2.65	3.25	4.88	4.69
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	2.01	2.41	2.72	4.81	4.56
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	0.22	1.03	0.58	0.61	0.85
%CV	5.10	18.09	8.65	5.61	8.19

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีการเกิดราที่ก้านผล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	0.00	74.67	92.00	89.33	70.67
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0.00	65.33	74.67	92.00	96.00
F test	-	ns	ns	ns	ns
LSD	-	72.44	26.69	23.41	41.22
%CV	-	45.65	14.13	11.39	21.82

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่ผล

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	0.00	0.00	0.00	0.00 b	0.00
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0.00	0.00	0.00	26.67 a	0.00
F test	-	-	-	ns	-

LSD	-	-	-	3.70	-
%CV	-	-	-	12.25	-

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	0.00	5.33	0.00	4.00	5.33
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	1.33	6.67	2.67	10.67	13.33
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	3.70	17.75	7.40	9.79	37.75
%CV	244.95	130.53	244.95	58.92	178.43

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	30.67	26.67	40.00	33.33	22.67
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	18.67	46.67	36.00	26.67	21.33
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	19.93	35.50	35.70	22.82	15.26
%CV	35.65	42.72	41.44	33.55	30.60

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดอาการยางไหล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	25.33	14.67	18.67	9.33	17.33
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	12.00	16.00	17.33	24.00	13.33
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	23.41	23.41	18.87	28.91	12.27
%CV	55.33	67.36	46.26	76.52	35.32

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดกลิ่นผิดปกติ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	4.00	5.33	1.33	6.67	8.00
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	1.33	21.33	6.67	8.00	34.67
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	7.40	21.90	10.47	19.58	75.41
%CV	122.47	72.46	115.47	117.83	155.94

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์เนื้อมังคุดที่มีคุณภาพยอมรับได้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
มังคุดบรรจุกล่องลูกฟูก	84.00	82.67	84.00	82.67	77.33
มังคุดบรรจุถุง PE ก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	90.67	78.67	72.00	73.33	64.00
F test	ns	ns	ns	ns	ns

LSD	21.58	18.87	23.11	31.19	43.17
%CV	10.90	10.32	13.07	17.64	26.95

การทดลองที่ 1.2 วิธีการบรรจุมังคุดที่มีผลต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

1) คุณภาพมังคุดหลังจากเปิดตู้โหลดสินค้า

วิธีที่ 1 บรรจุมังคุดในถุง PE ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

วิธีที่ 2 บรรจุมังคุดในถุง PE เจาะรู ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

เมื่อเปิดตู้จำลองการขนส่งมังคุดพบว่า กล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุมังคุดยังมีความแข็งแรงไม่เปียกชื้น ส่วนผลของมังคุดที่อยู่ภายในถุง PE เปียกเล็กน้อย ก้านผลและกลีบเลี้ยงยังมีสีเขียวสด และพบเส้นใยราบางๆ ที่ขั้ว (ภาพที่ 6 และ 7)

ภาพที่ 6 บรรจุภัณฑ์มังคุดภายหลังการเปิดตู้ โดยบรรจุมังคุดในถุง PE ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (วิธีที่ 1)

ภาพที่ 7 บรรจุภัณฑ์มังคุดภายหลังการเปิดตู้ โดยบรรจุมังคุดในถุง PE เจาะรู ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (วิธีที่ 2)

วิธีที่ 3 รองกล่องด้วยฟองน้ำหนาด้านล่าง และปิดด้านบนด้วยฟองน้ำบาง

เมื่อเปิดตู้จำลองการขนส่งพบว่า มีไอน้ำเกาะที่ตู้เป็นจำนวนมาก กล่องบรรจุมังคุดนิ่ม เปียก และบางกล่องยุบ ซึ่งเป็นผลมาจากการหายใจของมังคุด ส่วนผลของมังคุดภายในกล่อง ผลแห้งไม่เปียก ก้านผลและกลีบเลี้ยงยังมีสีเขียวสด (ภาพที่ 8)

ภาพที่ 8 บรรจุภัณฑ์มังคุดภายหลังการเปิดตู้ โดยรองกล่องด้วยฟองน้ำหนาด้านล่างและปิดด้านบนด้วยฟองน้ำบาง (วิธีที่ 3)

วิธีที่ 4 รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่าง และปิดด้านบนด้วยพลาสติก

เมื่อเปิดตู้จำลองการขนส่งพบว่า มีไอน้ำเกาะบริเวณฝาตู้เป็นจำนวนมาก และกล่องที่บรรจุมังคุดชื้นทุกกล่อง บางกล่องเปียกมาก ทำให้กล่องนิ่มและยุบตัว เมื่อเปิดกล่องพบว่า มีไอน้ำเกาะอยู่ที่พลาสติกที่ปิดมังคุดอยู่เล็กน้อย ส่วนมังคุดที่อยู่ในกล่องยังมีความสด ก้านและกลีบเลี้ยงเป็นสีเขียว ผลแห้งไม่มีไอน้ำเกาะ (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 9 บรรจุภัณฑ์มังคุดภายหลังการเปิดตู้ โดยรองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่าง และปิดด้านบนด้วยพลาสติก (วิธีที่ 4)

2) คุณภาพมังคุดภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C

การเก็บรักษามังคุดภายหลังการเปิดตู้จำลองการขนส่งมังคุด โดยนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 13°C พบว่า

ความสดของขั้วผลและกลีบเลี้ยง มังคุดภายหลังการเปิดตู้จำลองการขนส่งพบว่า ขั้วผลและกลีบเลี้ยงมีสีเขียวสด มีค่าคะแนนในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.1 คะแนน คือ ค่อนข้างสด แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ขั้วและกลีบเลี้ยงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทำให้มีค่าคะแนนความสดลดลง การเก็บรักษามังคุดในถุงพลาสติกก่อนจะบรรจุในถุงลูกฟูกพบว่า มีค่าคะแนนความสดของขั้วผลและกลีบเลี้ยงมากที่สุด โดยจะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 10) ซึ่งเป็นเพราะถุงพลาสติกจะช่วยรักษาความชื้นและลดอัตราการสูญเสียน้ำของมังคุดได้

การเกิดสีน้ำตาลที่ก้านผล มังคุดเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา ก้านผลยังเป็นสีเขียวสด เมื่อเก็บรักษานานขึ้น พบว่า ก้านมังคุดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่า มังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติกและถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูก ก้านจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลช้ากว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 11)

เปอร์เซ็นต์การเกิดรา ภายหลังการเปิดตู้จำลองการขนส่งมังคุด พบว่า มังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติก PE และ PE เจาะรู พบเส้นใยราบางๆ ที่ขั้ว 2.27 และ 7.03% ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีอื่นไม่พบการเกิดรา (ตารางที่ 12) และในทุกกรรมวิธีจะมีการเกิดราที่ขั้วและก้านผลเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ พบการเกิดราที่ผลมังคุดในการบรรจุทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 13)

เปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกแข็ง พบว่า มังคุดเริ่มมีอาการเปลือกแข็งตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษาและจะมีเปอร์เซ็นต์มากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษาพบมังคุดเปลือกแข็ง 10% (ตารางที่ 14)

เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว/ยางไหล ในการทดลองในครั้งนี้พบการเกิดเนื้อแก้วสูง โดยในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษาพบเนื้อแก้ว 36.28% ในกรรมวิธีที่เก็บในถุงพลาสติกเจาะรู ส่วนกรรมวิธีอื่นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีเนื้อแก้วเฉลี่ย 17.41% (ตารางที่ 15) ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดยางไหลไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในสัปดาห์ที่ 3 มีการเกิดยางไหลเฉลี่ยในทุกกรรมวิธี 13.84% (ตารางที่ 16)

เปอร์เซ็นต์การเกิดกลิ่นผิดปกติ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น มีการเกิดกลิ่นผิดปกติเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี (ตารางที่ 17)

เปอร์เซ็นต์การยอมรับ มังคุดทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บนาน 3 สัปดาห์พบว่า ยังมีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับมากกว่า 90% ในทุกกรรมวิธี สาเหตุที่ทำให้มังคุดไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากเกิดราที่ผล เปลือกแข็ง เกิดเนื้อแก้ว ยางไหลจำนวนมากที่เนื้อมังคุด เป็นต้น (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 10 ค่าคะแนนความสดของขั้วผลและกลีบเลี้ยง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	3.13	3.99 a	3.71 a	2.73
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	3.15	3.46 b	2.79 b	2.62
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	3.06	3.13 c	2.10 b	3.09
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนด้วยพลาสติก	3.12	2.22 d	2.12 b	1.14
F test	ns	ns	*	ns
LSD	2.17	1.04	0.72	3.74
%CV	25.15	11.77	9.81	56.33

ตารางที่ 11 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของก้านมังคุด เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	2.02	2.02	2.12	4.31 b
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	1.98	1.96	2.14	2.03 c
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	2.23	2.95	2.35	4.63 ab
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและ ปิดด้านบนด้วยพลาสติก	2.11	3.50	2.70	4.71 a
F test	ns	ns	ns	*
LSD	0.43	1.81	1.26	0.34
%CV	7.50	25.06	19.64	3.19

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดราที่ก้าน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	2.27 ab	16.65 b	37.70 ab	49.42
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	7.03 a	28.47 b	30.35 b	85.30
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	0.00 b	12.82 b	52.32 a	86.05
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนด้วยพลาสติก	0.00 b	18.82 b	33.16 b	74.44
F test	*	*	*	ns
LSD	6.61	8.45	17.42	53.55
%CV	22.47	15.88	16.35	26.14

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดราที่ผล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	0.00	0.00	1.19	6.95
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	0.00	0.00	0.00	1.11
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	0.00	0.00	0.00	1.11
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนด้วยพลาสติก	0.00	0.00	0.00	0.00
F test	-	-	ns	ns
LSD	-	-	2.33	9.68
%CV	-	-	82.84	52.19

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	4.55	0.00	3.41 b	9.27
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	0.00	0.00	14.07 a	20.36
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	5.63	2.38	2.33 b	3.33

รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนด้วยพลาสติก	0.00	0.00	3.45 b	7.09
F test	ns	ns	*	ns
LSD	11.21	4.67	2.77	17.74
%CV	58.79	82.84	48.65	63.84

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	9.09	11.33	6.90	16.12 b
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	9.41	5.97	13.97	36.28 a
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	20.25	15.04	6.97	15.91 b
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและ ปิดด้านบนด้วยพลาสติก	9.52	15.31	26.84	20.22 b
F test	ns	ns	ns	*
LSD	27.81	12.18	28.46	8.92
%CV	83.01	36.83	75.01	14.53

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการยางไหล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	9.09	15.38	19.84	11.57
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	11.58	17.08	15.14	7.93
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	13.38	16.23	10.46	18.09
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนด้วยพลาสติก	10.71	18.74	13.63	17.78
F test	ns	ns	ns	ns
LSD	6.79	25.84	22.30	17.26
%CV	21.88	55.22	54.39	44.94

ารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดกลิ่นผิดปกติ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	0.00	0.00	4.52	4.62
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	0.00	1.25	10.68	6.82
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	0.00	0.00	1.16	3.33
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนด้วยพลาสติก	3.57	0.00	2.56	7.09
F test	ns	ns	ns	ns
LSD	7.00	2.45	17.99	9.11
%CV	82.84	82.84	37.05	60.08

ตารางที่ 18 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพเนื้อภายในยอมรับได้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
บรรจุถุง PE ก่อนกล่องลูกฟูก	86.36 bc	95.64 ab	88.49	94.21
บรรจุถุง PE เจาะรู ก่อนกล่องลูกฟูก	83.76 c	91.25 ab	86.90	93.18
รองกล่องด้วยฟองน้ำบน/ล่าง	94.46 a	81.38 b	91.86	91.00
รองกล่องด้วยฟองน้ำด้านล่างและปิดด้านบนด้วยพลาสติก	90.47 ab	100.00 a	90.32	92.91
F test	*	*	ns	ns
LSD	4.29	17.65	8.20	11.79
%CV	1.74	6.91	3.31	4.58

การทดลองที่ 1.3 ผลของการลดอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่มีผลต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

1) คุณภาพมังคุดภายหลังเปิดตู้โหลดสินค้า

ตู้ที่ 1 บุตู้ด้วยฟิล์มพลาสติก (สีเขียว) มังคุดบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องฟิวเจอร์บอร์ดไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ เมื่อเปิดตู้พบว่า มีหยดน้ำเกาะที่พลาสติกบุตู้เป็นจำนวนมาก กล่องกระดาษลูกฟูกชื้น นิ่ม มีไอน้ำเกาะที่พลาสติกที่ปิดมังคุด โดยมังคุดในกล่องฟิวเจอร์บอร์ดมีไอน้ำเกาะที่ผลมังคุดในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ยังคงความสด ก้านและกลีบเลี้ยงเป็นสีเขียวสด

ตู้ที่ 2 บุตู้ด้วยฟิล์มพลาสติก (สีเขียว) โดยมังคุดบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก และกล่องฟิวเจอร์บอร์ดผ่านการลดอุณหภูมิ (pre-cooling) ที่อุณหภูมิ 13°C เมื่อเปิดตู้พบว่า กล่องกระดาษลูกฟูกและกล่องฟิวเจอร์บอร์ดอยู่ในสภาพปกติ มีไอน้ำเกาะที่พลาสติกที่ปิดมังคุดเล็กน้อย ผลมังคุดไม่เปียก และยังคงความสด

ตู้ที่ 3 บุตู้ด้วย Thermo-film โดยมังคุดที่โหลดในตู้นี้บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกและกล่องฟิวเจอร์บอร์ดที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ เมื่อเปิดตู้พบว่า กล่องกระดาษลูกฟูกนิ่ม ชื้น พลาสติกที่ปิดมังคุดในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีไอน้ำเกาะ ผลมังคุดเปียก และผลมังคุดยังคงความสดทั้งสองกรรมวิธี

ตู้ที่ 4 บุด้วย Thermo-film โดยมังคุดที่โหลดในตู้นี้บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกและกล่องฟิวเจอร์บอร์ดที่ผ่านการลดอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 13°C เมื่อเปิดตู้พบว่า ทั้งกล่องกระดาษลูกฟูกและกล่องฟิวเจอร์บอร์ดอยู่ในสภาพปกติ มีไอน้ำเกาะที่พลาสติกที่ปิดมังคุดเล็กน้อย ไม่ทำให้ผลมังคุดเปียก โดยผลมังคุดยังคงความสด

2) คุณภาพมังคุดภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C

การเก็บรักษามังคุดภายหลังการเปิดตู้จำลองการขนส่งมังคุด โดยนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 13°C พบว่า

เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่ขั้วผล พบการเกิดราที่ขั้วผลตั้งแต่เริ่มทำการทดลอง โดยพบเส้นใยราสีขาวบางๆบริเวณขั้วผล และมีแนวโน้มการเกิดราที่ขั้วผลเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 19)

เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่กลีบเลี้ยง เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษามังคุดไม่พบการเกิดราที่ขั้วผล แต่จะพบการเกิดราเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 20)

เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง มังคุดพบอาการเปลือกแข็งตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษาซึ่งอาการเปลือกแข็งจะกระทบต่อคุณภาพภายในของมังคุดและการยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเก็บมังคุดนานขึ้นพบว่ามีอาการเปลือกแข็งเพิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บมังคุดนาน 2 สัปดาห์ พบว่ามังคุดเปลือกแข็ง 18.62% (ตารางที่ 21)

เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพภายนอกดี เมื่อพิจารณาคุณภาพมังคุดจากภายนอก พบว่ามังคุดที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ ไม่มีรอยบุบ เปลือกแข็ง หรือการเข้าทำลายของโรคและแมลงในทุกกรรมวิธีเฉลี่ย 53.53% เมื่อเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 22)

เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว/ยางไหล พบการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุดทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บนาน 2 สัปดาห์พบการเกิดเนื้อแก้วเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 6.73% (ตารางที่ 23) และเกิดยางไหล 18.77% (ตารางที่ 24)

เปอร์เซ็นต์เนื้อเน่า เมื่อเก็บรักษามังคุดนานขึ้นพบว่า เนื้อมังคุดมีอาการช้ำและเน่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเมื่อเก็บนาน 2 สัปดาห์ มังคุดมีอาการเนื้อเน่าเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 12.91% (ตารางที่ 25)

เปอร์เซ็นต์การยอมรับ เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพภายในของมังคุดพบว่า มังคุดมีคุณภาพเนื้อภายในที่สามารถบริโภคได้และเป็นที่ยอมรับของผู้โภคลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ ทุกกรรมวิธีมีการยอมรับเฉลี่ยเพียง 49.28% (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดราที่ขั้วผล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	14.82 ± 0.0	15.66 ± 6.8	8.36 ± 2.0
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	9.30 ± 0.0	10.93 ± 3.5	13.61 ± 10.9
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	10.35 ± 7.1	11.44 ± 3.8
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	6.67 ± 0.0	4.67 ± 5.0	5.47 ± 0.3
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	15.79 ± 0.0	8.39 ± 5.2	21.60 ± 1.6
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	2.12 ± 0.0	6.67 ± 7.8	13.08 ± 16.8
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	9.85 ± 7.2	24.61 ± 11.2
8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	0	3.50 ± 0.0	16.45 ± 16.9

ตารางที่ 20 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดราที่กลีบเลี้ยง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	2.27 ± 0.0	9.06 ± 7.9
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	0	2.43± 0.0	6.82 ± 4.7
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	4.25 ± 0.0	1.83 ± 1.0
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	0	0	1.62 ± 0.7
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	3.52 ± 0.0	4.78 ± 5.2
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	0	0	5.95 ± 0.0
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	2.29 ± 0.0	4.11 ± 0.8
8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	0	1.16 ± 0.0	9.09 ± 0.0

ตารางที่ 21 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เปลือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	9.87 ± 0.0	10.99 ± 7.5	15.28 ± 11.3
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	12.30 ± 5.6	3.02 ± 2.5	18.42 ± 2.2
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	3.44 ± 0.4	4.87 ± 0.9	25.91 ± 2.2
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	10.18 ± 2.9	4.51 ± 3.1	19.21 ± 3.4
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	5.92 ± 5.0	7.45 ± 2.8	11.10 ± 0.4
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	8.90 ± 0.6	2.35 ± 1.6	18.95 ± 3.5
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	8.40 ± 2.3	5.31 ± 4.3	14.79 ± 11.1

8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	5.14 ± 4.1	4.69 ± 3.3	25.36 ± 15.0

ตารางที่ 22 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพภายนอกดี เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	88.08 ± 9.3	66.67 ± 0.5	55.34 ± 0.7
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	70.48 ± 3.9	80.59 ± 3.6	49.76 ± 21.1
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	88.23 ± 4.4	71.79 ± 8.3	52.56 ± 1.8
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	78.97 ± 0.1	83.95 ± 2.3	64.93 ± 3.4
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	82.01 ± 5.8	78.34 ± 34	54.34 ± 1.9
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	82.03 ± 5.8	82.62 ± 6.5	57.88 ± 24.6
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	85.50 ± 1.8	81.32 ± 2.8	50.01 ± 1.7
8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	88.62 ± 1.8	87.13 ± 0.1	43.46 ± 8.4

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	1.51 ± 0.0	7.16 ± 5.6	11.54 ± 4.3
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	12.74 ± 7.7	0	7.72 ± 6.8
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	7.22 ± 3.5	6.01 ± 0.3
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	2.27 ± 0.0	12.99 ± 6.6	3.54 ± 1.6
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	11.76 ±	2.50 ± 3.5	5.10 ± 4.3

	8.3		
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	6.89 ± 9.8	9.09 ± 12.9	9.05 ± 3.7
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	7.14 ± 10.1	3.81 ± 0.2
8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	9.76 ± 0.3	0	7.13 ± 7.9

ตารางที่ 24 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการยางไหล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	13.85 ± 1.4	16.93 ± 12.2
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	4.54 ± 0.0	13.83 ± 10.7	22.27 ± 0.3
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	13.35 ± 10.6	13.59 ± 1.0	11.85 ± 5.0
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	0	24.26 ± 1.0	15.17 ± 18.0
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	10.29 ± 2.1	15.55 ± 6.3	27.55 ± 1.4
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	4.34 ± 0.0	25.75 ± 10.7	15.56 ± 0.8
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	22.61 ± 8.4	20.80 ± 7.2
8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	15.00 ± 0.0	35.22 ± 4.5	20.07 ± 13.0

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อเน่า เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	13.33 ± 0.0	1.85 ± 2.6	7.33 ± 4.4
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ	4.25 ± 2.6	6.25 ± 8.8	13.60 ±

Thermo-film			1.6
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	0	0	14.18 ± 6.5
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	5.72 ± 1.7	0	32.13 ± 0.6
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	2.94 ± 0.0	5.55 ± 7.9	6.12 ± 2.9
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	6.07 ± 3.7	4.54 ± 6.4	8.95 ± 5.6
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	7.53 ± 4.2	2.77 ± 3.9	9.80 ± 0.0
8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	9.88 ± 7.2	0	11.19 ± 4.8

ตารางที่ 26 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพเนื้อภายในยอมรับได้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
1) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	42.42 ± 12.9	75.98 ± 2.5	48.31 ± 14.2
2) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	44.97 ± 5.0	52.67 ± 13.9	41.10 ± 2.0
3) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	44.73 ± 13.3	71.96 ± 6.0	53.68 ± 11.1
4) ไม่ pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	60.50 ± 17.3	58.57 ± 0.3	36.13 ± 24.8
5) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	45.58 ± 14.6	60.27 ± 6.7	48.98 ± 0.0
6) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องกระดาษ โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	31.18 ± 5.1	56.06 ± 15.0	55.75 ± 1.3
7) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุพลาสติก	54.66 ± 19.5	54.76 ± 16.8	59.25 ± 10.5
8) pre-cooling มังคุดบรรจุกล่องฟิลเจอร์บอร์ด โหลดในตู้ที่บุ Thermo-film	31.66 ± 2.4	66.47 ± 29.7	51.11 ± 4.8

การทดลองที่ 1.4 ผลของการลดอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่มีผลต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลีย

1) คุณภาพมังคุดภายหลังเปิดตู้โหลดสินค้า

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูก

- ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ - Thermo-film ที่บุตู้โหลดมังคุดเปียกชุ่ม กล่องบรรจุมังคุดชื้นนิ่มเปียกน้ำเล็กน้อย ทำให้กล่องย่นเสียรูปโดยเฉพาะกล่องที่อยู่ด้านล่างตู้โหลด ส่วนมังคุดในกล่องยังคงความสดกลีบเลี้ยงและก้านผลสีเขียวสด
- ผ่านการลดอุณหภูมิ - Thermo-film ที่บุตู้โหลดมังคุดชื้นเล็กน้อย กล่องบรรจุมังคุดมีลักษณะปกติไม่เปียกชุ่ม มังคุดที่อยู่ในกล่องยังคงความสด

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูกปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง

- ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ - Thermo-film เปียกชื้น กล่องบรรจุมังคุดนิ่มชื้น ทำให้ด้านข้างของกล่องย่น กระดาษที่ปิดกล่องด้านบนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 8.95% เนื่องจากความชื้น และกระดาษที่รองกล่องด้านล่างมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 7.47% มังคุดภายในกล่องยังคงความสด
- ผ่านการลดอุณหภูมิ - Thermo-film แห้ง ไม่ชื้น กล่องบรรจุมังคุดยังคงปกติไม่เปียกชื้น กระดาษที่ปิดกล่องด้านบนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 8.43% และกระดาษที่รองกล่องด้านล่างมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 7.475% โดยมังคุดภายในกล่องยังมีลักษณะปรากฏภายนอกดี

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุมังคุดในถุงพลาสติก PE เจาะรู ปิดกระดาษบน-ล่างก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

- ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ - Thermo-film ชื้นเล็กน้อย กล่องลูกฟูกที่บรรจุมังคุดมีลักษณะปกติไม่ชื้น แต่ถุงพลาสติก PE ที่บรรจุมังคุดมีไอน้ำเกาะข้างใน กระดาษที่รองมังคุดภายในถุงเปียกชื้นมาก โดยกระดาษที่ปิดด้านบนมีความชื้นเพิ่มขึ้น 23.67% และกระดาษที่รองด้านล่างภายในถุงน้ำหนักเพิ่มขึ้น 22.26% มังคุดภายในถุงเปียกชื้น พบว่า มีเส้นใยของราที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยงเกือบทุกผล

- ผ่านการลดอุณหภูมิ - Thermo-film ปกติไม่ชื้น กล่องบรรจุมังคุดยังคงแข็งแรงไม่ชื้น แต่ถุง PE ที่บรรจุมังคุดมีไอน้ำเกาะ เป็นผลให้พบเส้นใยของราที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยง โดยกระดาษที่ปิดด้านบนมังคุดมีความชื้นเพิ่มขึ้น 19.74% และกระดาษที่รองด้านล่างมังคุดภายในถุงมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 27.72%

2) **คุณภาพมังคุด** **ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C**

การเก็บรักษามังคุดภายหลังการเปิดตู้จำลองการขนส่งมังคุด โดยนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 13°C พบว่า

เปอร์เซ็นต์เปลือกแข็ง มังคุดจะมีอาการเปลือกแข็งบางส่วนตั้งแต่เริ่มเก็บรักษา และจะพบอาการเปลือกแข็งเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บนาน 8 วันพบการเกิดเปลือกแข็งทั้งผลในมังคุดที่ไม่ผ่าน pre-cooling ที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก 9.55% ในขณะที่ไม่พบในกรรมวิธีอื่น แต่เมื่อเก็บนานขึ้นจะพบอาการเปลือกแข็งทั้งผลในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 26) วนอาการเปลือกแข็งบางส่วนพบว่าเกิดเยอะมากในทุกกรรมวิธี โดยเมื่อเก็บนาน 16 วัน พบว่ามีการเกิดเปลือกแข็งบางส่วนเฉลี่ยทุกกรรมวิธีสูงถึง 70% (ตารางที่ 27) ซึ่งอาการเปลือกแข็งจะทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง เนื่องจากปอกยากและทำให้คุณภาพภายในของมังคุดไม่ดี

เปอร์เซ็นต์การเกิดราที่ผล/ขั้วและกลีบเลี้ยง จะพบการเกิดราที่ผิวผล ขั้วและกลีบเลี้ยงเมื่อเก็บรักษามังคุดนานขึ้น โดยส่วนใหญ่แล้วพบมากที่บริเวณขั้วและกลีบเลี้ยง จะมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาว โดยเริ่มพบเมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน โดยมังคุดที่เก็บโดยวิธีบรรจุถุงพลาสติกเจาะรูมีแนวโน้มการเกิดเชื้อรามากกว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจากมีความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์สูงเหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา(ตารางที่ 28 และ 29)

เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้ว/ยางไหล การเกิดเนื้อแก้วและยางไหลในเนื้อมังคุดพบมากตั้งแต่เริ่มต้นการทดลอง ซึ่งเป็นอาการที่พบตั้งแต่ก่อนเก็บเกี่ยว ไม่ได้เป็นผลโดยตรงจากการเก็บรักษา พบว่าเมื่อเก็บนาน 16 วัน พบอาการเนื้อแก้วเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 73.57% (ตารางที่ 30) และยางไหลเฉลี่ย 14.84% (ตารางที่ 31) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภคเพราะหากมีอาการมากทพให้ไม่สามารถรับประทานได้

เปอร์เซ็นต์เนื้อยุบ อาการเนื้อยุบในมังคุดเริ่มพบตั้งแต่เริ่มการทดลอง และจะพบมากขึ้นเมื่อระบะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งอาการเนื้อยุบดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายมังคุด หรือการที่มังคุดตกกระทบพื้น เป็นต้น เมื่อเก็บนาน 16 วัน (ตารางที่ 32)

เปอร์เซ็นต์เนื้อเป็นโพรง พบอาการของเนื้อมังคุดเป็นโพรงเล็กน้อยเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาและเมื่เก็บนาน 16 วัน พบว่ามังคุดมีอาการดังกล่าวเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 11.41% (ตารางที่ 33)

เปอร์เซ็นต์มังคุดที่มีอาการเนื้อติดเปลือก มังคุดขณะแกะรับประทานพบว่ามีอาการเนื้อติดอยู่ที่เปลือก มีสาเหตุมาจากการรมสารเมทิลโบรไมด์หรือมังคุดไม่แก่เต็มที่ โดยในช่วงแรกของการเก็บรักษาจะพบอาการเนื้อติดเปลือกสูงและจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 34)

เปอร์เซ็นต์มังคุดที่เนื้อผลเน่า เมื่อเก็บรักษามังคุดนานขึ้น เนื้อมังคุดจะมีอาการเน่า ไม่สามารถรับประทานได้ โดยเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน พบอาการเน่า 13.65% (ตารางที่ 35)

เปอร์เซ็นต์การยอมรับ คุณภาพเนื้อมังคุดภายในที่สามารถยอมรับได้จะมีเปอร์เซ็นต์ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน มังคุดมีค่าการยอมรับเพียง 26.80% (ตารางที่ 36)

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	4.55 ab	65.00	32.73 ab	79.80	72.22
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	4.55 ab	75.00	28.18 b	38.33	60.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0 b	73.33	40.00 ab	60.45	84.72
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	5.56 ab	35.56	13.64 b	100.00	85.91
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0 b	42.78	25.00 b	95.00	50.00
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	15.00 a	48.18	58.33 a	65.00	70.00
F test	*	ns	*	ns	ns
LSD	13.92	56.42	29.76	68.98	74.69
%CV	115.19	40.71	36.89	38.57	43.32

ตารางที่ 27 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งทั้งผล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

ตารางที่ 28 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งบางส่วน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	9.55 a	20.20	11.11
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	0 b	15.56	0
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	0 b	4.55	9.72
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	0 b	0	14.09
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	0 b	5.00	0
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	0 b	5.00	30.00
F test	-	-	*	*	*
LSD	-	-	0.64	13.73	21.98
%CV	-	-	16.50	66.94	83.02

ตารางที่ 29 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดราที่ผล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	4.55	5.56	0
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	0	0	0
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	0	4.55	0
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	0	0	0
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	0	0	0
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	0	25.00	0
F test	-	-	ns	ns	-

LSD	-	-	6.42	23.49	-
%CV	-	-	346.41	164.11	-

ตารางที่ 30 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการราที่ขั้ว เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	43.64	79.80 ab	44.44
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	29.09	25.00 b	35.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	55.00	65.45 ab	19.44
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	13.64	25.00 ab	23.64
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	40.00	35.00 ab	45.00
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	50.00	95.00 a	70.00
F test	-	-	ns	ns	ns
LSD	-	-	64.70	65.53	76.00
%CV	-	-	68.58	49.41	78.46

ตารางที่ 31 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	4.55	15.00	10.00	70.71	77.78
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	21.21	5.00	23.64	22.22	90.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	5.00	0	10.00	38.18	76.39
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	15.00	10.56	22.73	35.00	62.27

5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	5.00	10.00	40.00	90.00
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	9.09	17.50	50.00	45.00
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	28.86	17.75	30.14	74.38	44.23
%CV	54.71	97.51	78.76	71.21	24.57

ตารางที่ 32 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการยางไหล เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	5.00 c	20.00	33.64	4.55 b	5.56 ab
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	21.21 abc	5.00	24.09	26.11 ab	30.00 a
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	10.56 bc	11.11	30.00	10.00 b	19.44 ab
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	41.67 a	16.67	27.27	20.00 ab	14.09 ab
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	30.30 ab	22.22	25.00	35.00 a	15.00 ab
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0 c	5.00	5.00	10.00 b	5.00 b
F test	*	ns	ns	*	*
LSD	22.37	43.42	32.38	22.81	24.68
%CV	50.46	33.11	54.76	52.95	67.94

ตารางที่ 33 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อยุบ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

เริ่มต้น	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน

1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	4.55	35.00	19.55 bc	15.66 ab	22.22
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	50.00	9.09 c	15.56 ab	5.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	5.00	52.78	55.00 a	14.55 ab	12.50
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	5.00	41.11	27.27 abc	15.00 ab	23.18
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	31.67	25.00 bc	5.00 b	25.00
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	10.00	38.64	41.67 ab	30.00 a	5.00
F test	ns	ns	*	*	ns
LSD	18.45	43.42	28.04	22.00	42.35
%CV	84.37	33.11	38.72	56.35	111.78

ตารางที่ 34 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีลักษณะเนื้อเป็นโพรง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	14.09	35.00	24.09	15.66 a	22.22
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	9.17	9.09	0 b	5.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	30.00	14.55 a	8.33
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	21.67	30.00	13.64	10.00 ab	23.18
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	9.09	20.56	25.00	10.00 ab	10.00
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	14.55	41.67	15.00 a	0
F test	ns	ns	ns	*	ns
LSD	21.67	45.66	50.89	13.97	38.99
%CV	118.52	102.47	86.98	52.26	139.11

ตารางที่ 35 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อผลติดเปลือก เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	5.00 b	15.00 ab	19.09 b	11.11	5.56
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0 b	28.33 a	24.09 ab	10.00	10.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	5.00 b	0 b	10.00 b	10.00	0
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0 b	26.67 a	27.27 ab	15.00	9.09
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	25.76 a	21.11 ab	25.00 ab	25.00	0
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	15.00 ab	18.64 ab	41.67 a	0	10.00
F test	*	*	*	ns	ns
LSD	16.25	23.69	21.48	33.83	15.05

%CV	78.53	52.94	35.73	116.65	106.52

ตารางที่ 36 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อผลเน่า เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	18.64	10.10	22.22
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	5.00	11.11	5.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	0	18.18	9.72
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	0	0	4.55	15.00	15.00
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	0	0	5.00	0	15.00
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	0	0	12.50	15.00	15.00
F test	-	-	ns	ns	ns
LSD	-	-	24.52	31.75	24.54
%CV	-	-	131.67	112.18	73.46

ตารางที่ 37 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพเนื้อภายในยอมรับได้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	เริ่มต้น	4 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
1) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	90.45	60.00	52.27	43.94	22.22
2) ไม่ pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	74.24	69.17	75.45	26.11	25.00
3) ไม่ pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	74.44	78.89	45.00	19.55	48.61
4) pre-cooling บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก	73.89	53.33	59.09	35.00	20.00
5) pre-cooling บรรจุในกล่องปิดด้วยกระดาษบน-ล่าง	74.24	78.89	70.00	25.00	25.00
6) pre-cooling บรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู	90.00	75.91	50.83	25.00	20.00
F test	ns	ns	ns	ns	ns

LSD	26.00	25.72	44.08	24.95	42.88
%CV	13.36	15.18	30.65	35.05	65.39

การทดลองที่ 2 การขนส่งมังคุดไปประเทศออสเตรเลียและคุณภาพการวางจำหน่าย

ขั้นตอนการส่งออกมังคุดที่สนามบิน

1. รถขนส่งมังคุดมาถึงคลังสินค้า ปลอดอากร ท่าอากาศยาน) (สุวรรณภูมิ ติดต่อ shipping และทำใบผ่าน จากนั้นนำรถเข้าไปยังอาคารสินค้าสดและผลไม้ ซึ่งระหว่างการขนส่งจะมีการตรวจเช็คอุณหภูมิภายในรถและอุณหภูมิสินค้า ซึ่งครั้งนี้อุณหภูมิรถ 20.4°C และอุณหภูมิสินค้า 20.2°C

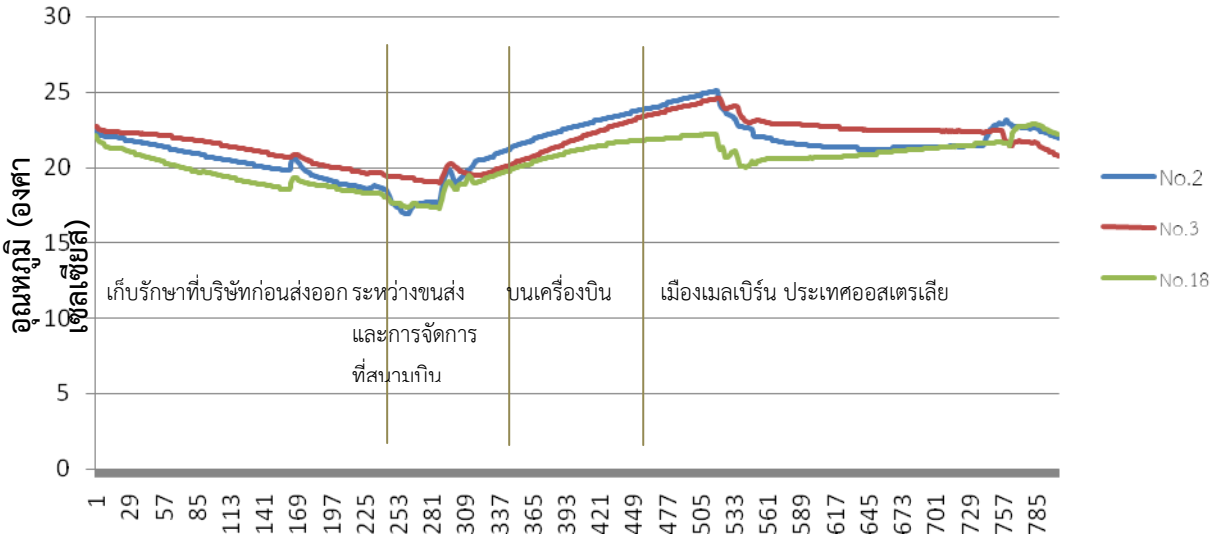
2. เจ้าหน้าที่ shipping จะช่วยขนกล่องมังคุดลงจากรถ วางเรียงบน palate ในขั้นตอนการขนย้ายลงจากรถ คนขนถ่ายไม่ได้ทำ) ด้วยความระมัดระวัง มีการกระแทกตอนวาง และบางกล่องมีการวางพลิกคว่ำ การวางบน palate ไม่มีรูปแบบตายตัว เพียงแต่จัดเรียงเพื่อให้สะดวกกับการนับจำนวนกล่อง)

3. เมื่อขนกล่องมังคุดลงจากรถแล้ว shipping จะเป็นคนจัดการเกี่ยวกับสินค้าทั้งหมด โดยจะติดสติกเกอร์ใบ airwaybill ทุกกล่อง ซึ่งจะบอกรายละเอียดเกี่ยวกับ airwaybill number เมืองปลายทาง จำนวนสินค้าทั้งหมด โดย airwaybill number จะเป็นหมายเลข

4. เรียงกล่องมังคุดใส่ตู้สำหรับโหลดใต้ท้องเครื่องบิน ที่บุด้วย thermo-film

5. คลุมด้วยพลาสติกทั้งตู้และติดเทปกาว เลื่อนตู้ไปยังห้องเย็นเก็บสินค้าระหว่างรอขึ้นเครื่องซึ่งอยู่ด้านใน หลังจากนี้เจ้าหน้าที่การบินไทยจะเป็นผู้ดูแลตู้สินค้าต่อไม่อนุญาตให้บุคคลภายนอกเข้า อุณหภูมิภายในห้องเย็นประมาณ

การทดลองที่ 2.1 ผลของวิธีการบรรจุมังคุดต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลียและการวางจำหน่าย



การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการขนส่งมังคุด

คุณภาพมังคุดเมื่อถึงปลายทาง พบว่า มังคุดที่บรรจุใน 2 กรรมวิธี คือ บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก และมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุในถุงลูกฟูกปิดด้วยพลาสติกก่อนปิดผนึกกล่อง ลักษณะภายนอกยังมีความสด มีอาการเปลือกแข็งเล็กน้อยเฉลี่ยทั้ง 2 กรรมวิธีประมาณ 4% (ตาราง 38 และ 39) ที่ผิวของมังคุดพบคราบสีขาวที่เกิดจากคราบของเคลือบผิว โดยพบในมังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูมากถึง 79.65% ในมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายพบเพียง 8.33% และพบคราบสีขาวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ตารางที่ 40 41 และ 42) และไม่พบการเกิดโรคที่ขั้วผลและที่ผิวมังคุด (ตารางที่ 43) เมื่อผ่าดูเนื้อข้างในของมังคุดพบว่า มีอาการเนื้อแก้วในมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่าย 10.41% (ตารางที่ 44) ยางไหล 6.25% ในมังคุดที่บรรจุถุงพลาสติกเจาะรู และ 8.33% ในมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่าย (ตารางที่ 45) นอกจากนั้นจะพบอาการเนื้อยุบของมังคุด 8.33% ในมังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู (ตารางที่ 46) และอาการเนื้อมังคุดติดที่เปลือกเวลาแกะผล 4.166% ในมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่าย (ตารางที่ 47) ส่วนการยอมรับคุณภาพของเนื้อมังคุดพบว่า มังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูเนื้อมังคุดมีคุณภาพดี 45.83% และมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายมีคุณภาพดี 77.08% (ตารางที่ 48)

เมื่อนำมาเก็บรักษาเพื่อดูคุณภาพนาน 11 วัน พบว่า มังคุดในแต่ละกรรมวิธีเปลือกแข็งเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 38 และ 39) เป็นผลให้การรับประทานยากขึ้นถึงแม้ว่าเนื้อมังคุดข้างในจะยังดีอยู่ ซึ่งทำให้กระทบต่อการวางจำหน่ายและการยอมรับของผู้บริโภค คราบสารเคลือบผิวที่ติดผิวมังคุดพบว่า จะพบในมังคุดที่เก็บในถุงพลาสติกเจาะรูมากกว่ามังคุดที่เก็บในถุงตาข่าย (ตารางที่ 40 41 และ 42) และเมื่อเก็บนาน 5 วัน เริ่มพบการเกิดเส้นใยเชื้อราที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยง ซึ่งจะพบในมังคุดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกเจาะรูมากกว่าเก็บในถุงตาข่าย (ตารางที่ 43) คุณภาพภายในของมังคุดพบว่า มีอาการเนื้อแก้วมาก แต่ไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 กรรมวิธี โดยมี

ปริมาณเนื้อแก้วเฉลี่ย 41.85% เมื่อเก็บนาน 11 วัน (ตารางที่ 44) มังคุดมีอาการยางไหลเล็กน้อยตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษา ซึ่งเป็นอาการที่เกิดขึ้นก่อนการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 11 วัน พบว่า มังคุดที่เก็บในถุงพลาสติกเจาะรูมีอาการยางไหล 4.55% (ตารางที่ 45) ซึ่งมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายไม่พบอาการยางไหล นอกจากนี้มังคุดยังพบอาการเนื้อยุบซึ่งพบตั้งแต่เริ่มต้นการเก็บรักษา แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสองกรรมวิธี (ตารางที่ 46) และยังพบอาการเนื้อมังคุดติดเปลือกในเวลาที่แกะมังคุด แต่ไม่แตกต่างกันระหว่างสองกรรมวิธี (ตารางที่ 47) และเมื่อเก็บมังคุดนาน 11 วัน พบว่า มังคุดที่เก็บในถุงพลาสติกเจาะรูมีมังคุดที่ยังมีคุณภาพดี 56.44% และมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายมีคุณภาพดี 34.46% ซึ่งคุณภาพของมังคุดเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 48)

ตารางที่ 38 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งบางส่วน

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	6.25	0	9.09	70.08	40.91	43.91	80.00	95.00	60.23
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	2.08	0	13.63	84.29	27.27	72.72	37.50	90.45	43.18
F test	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	28.34	-	70.50	59.67	211.56	117.75	46.61	21.60	70.00
%CV	158.11	-	144.22	17.97	144.22	46.93	18.44	5.41	31.47

ตารางที่ 39 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งทั้งผล

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0	0	0	25.76	0	7.69	20.00	5.00	4.17
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0	0	0	4.16	0	4.54	4.16	9.54	8.33
F test	-	-	-	ns	-	ns	ns	ns	ns
LSD	-	-	-	37.19	-	38.43	46.60	21.60	40.08
%CV	-	-	-	57.78	-	146.02	89.66	69.03	149.08

ตารางที่ 40 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่พบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวที่ผลมากกว่า 50%

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	41.03	0.00	13.64	0	0	0	0	0	0
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F test	ns	-	ns	-	-	-	-	-	-

LSD	74.45	-	58.66	-	-	-	-	-	-
%CV	84.3	-	200	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 41 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่พบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวที่ผล 25-50%

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	32.37	0	13.64	0	0	0	0	0	8.33
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	2.08	8.33	4.16	0	0	0	0	0	0
F test	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	ns
LSD	32.96	35.86	61.34	-	-	-	-	-	35.85
%CV	44.47	200	160.19	-	-	-	-	-	200

ตารางที่ 42 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่พบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวที่ผล 1-25%

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	6.25	30.30	35.23	8.71	31.82	12.18	10.00	4.55	0
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	6.25	0	4.16	7.69	0	0	0	0	0
F test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
LSD	12.66	13.03	47.50	33.12	36.91	19.31	43.02	19.55	-
%CV	47.10	20.00	56.06	93.86	200	73.73	200	200	-

ตารางที่ 43 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดราที่ผิวและขั้วผล

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0	0	0	12.88	0	7.69	20.00	24.09	8.33
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0	0	0	4.16	0	0	20.83	0	0
F test	-	-	-	ns	-	ns	ns	ns	ns
LSD	-	-	-	24.22	-	33.08	68.87	25.42	35.85
%CV	-	-	-	66.08	-	200	78.41	49.06	200

ตารางที่ 44 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0.00	9.09	26.14	4.55	57.34	11.54	15.00	42.73	35.23
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	10.41	28.20	25.75	7.69	36.36	22.72	12.50	42.72	48.48
F test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	26.89	44.89	32.95	38.43	64.39	76.85	84.01	16.59	78.65
%CV	119.96	55.96	29.52	146.02	31.95	104.26	142.00	9.03	43.67

ตารางที่ 45 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการยางไหล

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	6.25	13.64	12.88	17.42	4.55	16.35	10.00	9.09	4.55
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	8.33	3.84	4.54	8.33	0	22.72	33.33	23.63	0
F test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	26.89	60.95	25.46	36.00	19.55	69.48	83.62	42.12	19.55
%CV	85.72	162.09	67.92	64.98	200	82.67	89.70	59.84	200

ตารางที่ 46 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อผลยุบ

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0	10.10	26.52	13.64	0	20.19	10.00	13.64	20.83
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0	20.19	4.16	12.50	13.63	13.63	8.33	33.63	12.50
F test	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	-	21.14	45.99	79.58	58.66	62.21	56.01	64.74	104.54
%CV	-	32.45	69.69	141.55	200	85.49	142.00	63.67	145.77

ตารางที่ 47 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อติดบริเวณเปลือก

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน

บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	0 b	39.39	0	4.17	3.85	4.17	0	14.09	9.09
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	4.166 a	4.166	0	0	0	9.09	0	9.09	13.25
F test	*	ns	-	ns	ns	ns	-	ns	ns
LSD	1.66	31.63	-	17.92	16.54	43.02	-	42.89	44.48
%CV	0.08	33.77	-	200	200	150.87	-	86.01	92.52

ตารางที่ 48 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพเนื้อภายในยอมรับได้

	เริ่มต้น	2 วัน	4 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน	11 วัน
บรรจุถุงพลาสติกเจาะรูก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	45.83	94.44	69.32	73.86	38.11	79.81	65.00	56.82	56.44
บรรจุในถุงตาข่ายก่อนบรรจุกล่องลูกฟูก	77.08	91.98	77.65	79.16	50.00	68.18	45.83	47.72	34.46
F test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	128.34	23.94	65.06	89.77	37.15	62.21	92.19	30.92	32.02
%CV	48.53	5.97	20.58	27.27	19.60	19.54	38.66	13.75	16.37

นำมังคุดที่นำเข้ามาจากประเทศไทยมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์สำหรับขายปลีก แบ่งเป็น 6 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 2 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 3 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู นำมาบรรจุในถุง P-Plus

กรรมวิธีที่ 4 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงตาข่าย นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 5 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงตาข่าย นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 6 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุงตาข่าย นำมาบรรจุในถุง P-Plus

เก็บที่อุณหภูมิ 5-12 $^{\circ}$C ตามอุณหภูมิ ณ เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย พบว่า มังคุดในทุกกรรมวิธีมีปริมาณเปลือกแข็งเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยมีเปลือกแข็งบางส่วนเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 72.03% (ตารางที่ 49) และเปลือกแข็งทั้งผล 9.63% (ตารางที่ 50) ส่วนที่ผิวมังคุดมีคราบสารเคลือบผิวสีขาว โดยพบในมังคุดที่นำเข้าโดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูเป็นส่วนใหญ่ ถึงแม้ว่าจะมีการย้ายใส่ในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น แต่ก็ยังพบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวเป็นจำนวนมาก (ตารางที่ 51 52 และ 53) เมื่อเก็บมังคุดนานขึ้นพบเส้นใยของเชื้อรา โดยพบในมังคุดที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กคือ ถึง PP เจาะรู และถุง P-Plus (ตารางที่ 54)

เมื่อผ่าดูคุณภาพของเนื้อมังคุดพบว่า มีอาการเนื้อยุบในทุกกรรมวิธีเฉลี่ย 24.62% (ตารางที่ 55) อาการเนื้อแก้วเฉลี่ย 6.29% (ตารางที่ 56) อาการยางไหลเฉลี่ย 40.18% (ตารางที่ 57) ส่วนอาการอื่นๆ ที่พบบ้างเล็กน้อยคือ เนื้อจะติดที่เปลือกเวลาแกะรับประทาน (ตารางที่ 58) และอาการช้ำที่เนื้อ (ตารางที่ 59) ซึ่งเมื่อเก็บนานขึ้นคุณภาพของมังคุดจะค่อยๆ ลดลง โดยเมื่อเก็บนานขึ้น มังคุดในทุกกรรมวิธีมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับเฉลี่ยทุกกรรมวิธี 60% เมื่อเก็บนาน 10 วัน (ตารางที่ 60)

ตารางที่ 49 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งบางส่วน

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	6.67	65.56	27.78	72.22 ab	87.78 a
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	69.84	51.11	57.78 b	70.00 ab
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	30.00	32.22	53.33 ab	74.44 ab
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00	56.67	47.78	76.67 ab	55.56 b
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	65.56	40.00	87.78 a	77.78 ab

T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	60.00	38.89	62.22 ab	66.67 ab
F test	ns	ns	ns	*	*
LSD	8.38	46.86	44.68	33.13	29.88
%CV	44.26	45.47	63.38	27.26	23.32

ตารางที่ 50 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งทั้งผล

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00	23.33	5.56	5.56	0.00
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	15.08	11.11	20.00	13.33
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	52.22	0.00	0.00	0.00
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00	26.67	23.33	12.22	5.56
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	17.78	20.00	0.00	5.56
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	33.33	0.00	13.33	33.33
F test	-	ns	*	ns	*
LSD	-	48.36	22.27	28.50	25.69
%CV	-	96.86	125.21	188.11	150

ตารางที่ 51 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่พบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวที่ผลมากกว่า 50%

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	36.67 a	0.00	0.00	0.00	0.00
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00 b	4.76	0.00	0.00	0.00
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00 b	13.33	0.00	0.00	20.00
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00 b	0.00	0.00	0.00	0.00
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00 b	0.00	0.00	0.00	0.00

T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00 b	20.00	6.67	0.00	6.67
F test	*	ns	ns	-	ns
LSD	23.34	22.98	8.38	-	26.52
%CV	214.75	203.47	424.26	-	335.41

ตารางที่ 52 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่พบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวที่ผล 26-50%

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00 b	0.00 b	5.56	0.00 b	5.56
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00 b	0.00 b	0.00	17.78 ab	11.11
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	6.67 b	32.22 a	20.00	12.22 b	6.67
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00 b	0.00 b	0.00	0.00 b	0.00
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00 b	0.00 b	0.00	0.00 b	0.00
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	30.00 a	13.33 ab	6.67	38.89 a	20.00
F test	*	*	ns	*	ns
LSD	20.96	24.24	27.42	21.37	22.92
%CV	192.85	179.52	287.05	104.67	178.42

ตารางที่ 53 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่พบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวที่ผล 1-25%

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	5.56	5.56 b	0.00	12.22 bc	36.67 a
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	5.56	14.29 ab	13.33	12.22 bc	38.89 a
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	18.89 ab	20.00	71.11 a	31.11 ab
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	5.56	12.22 b	0.00	0.00 c	0.00 b
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	0.00 b	6.67	0.00 c	0.00 b
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	53.33 a	23.33	24.44 b	46.67 a
F test	ns	*	ns	*	*
LSD	12.10	39.49	29.94	18.17	32.35
%CV	244.95	127.72	159.47	51.07	71.18

ตารางที่ 54 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดราที่ผิวและขั้วผล

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	0.00	6.67	0.00	5.56
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67
F test	-	-	ns	-	ns
LSD	-	-	8.38	-	13.76
%CV	-	-	424.26	-	245.80

ตารางที่ 55 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อยุบ

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	5.56 ab	28.89	5.56 b	17.78 b	30.00
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00 b	25.40	43.33 a	17.78 b	22.22
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	18.89 a	26.67	6.67 b	12.22 bc	37.78
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00 b	11.11	5.56 b	34.44 a	22.22
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00 b	11.11	0.00 b	6.67 bc	22.22
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00 b	20.00	5.56 b	0.00 c	13.33
F test	*	ns	*	*	ns
LSD	16.18	32.16	21.10	15.93	43.53
%CV	223.22	88.08	106.77	60.46	99.35

ตารางที่ 56 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	12.22	12.22	10.32	0.00	16.67
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	41.11	15.87	13.33	22.22	46.67
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-	13.33	18.89	26.67	0.00	44.44

plus					
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	16.67	17.78	16.67	11.11	50.00
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	32.22	23.33	6.67	24.44	50.00
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	24.44	13.33	13.33	24.44	33.33
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	29.38	17.98	36.25	28.47	44.85
%CV	70.79	59.78	140.58	116.79	62.75

ตารางที่ 57 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการยางไหล

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	5.56	17.78	20.63	34.44 a	0.00 b
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	28.89	11.11	13.33	6.67 b	0.00 b
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	6.67	11.11	30.00	5.56 b	6.67 ab
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	5.56	16.67	6.67	6.67 b	5.56 ab
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	12.22	17.78	20.00	5.56 b	5.56 ab
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	31.11	13.33	13.33	6.67 b	20.00 a
F test	ns	ns	ns	*	*
LSD	29.71	27.52	37.21	26.85	19.46
%CV	111.35	105.78	120.71	138.13	173.80

ตารางที่ 58 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อผลติดเปลือก

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน

T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	5.56	5.56	5.56	0.00 b	0.00 b
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	0.00	0.00	0.00 b	6.67 ab
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	0.00	17.78	16.67 a	0.00 b
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	0.00	0.00	6.67	0.00 b	5.56 ab
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	6.67	0.00	13.33	0.00 b	0.00 b
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	0.00	13.33	6.67 ab	20.00 a
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	10.91	6.98	24.88	14.72	18.17
%CV	301.23	424.26	148.11	212.84	190.19

ตารางที่ 59 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อผลช้ำ

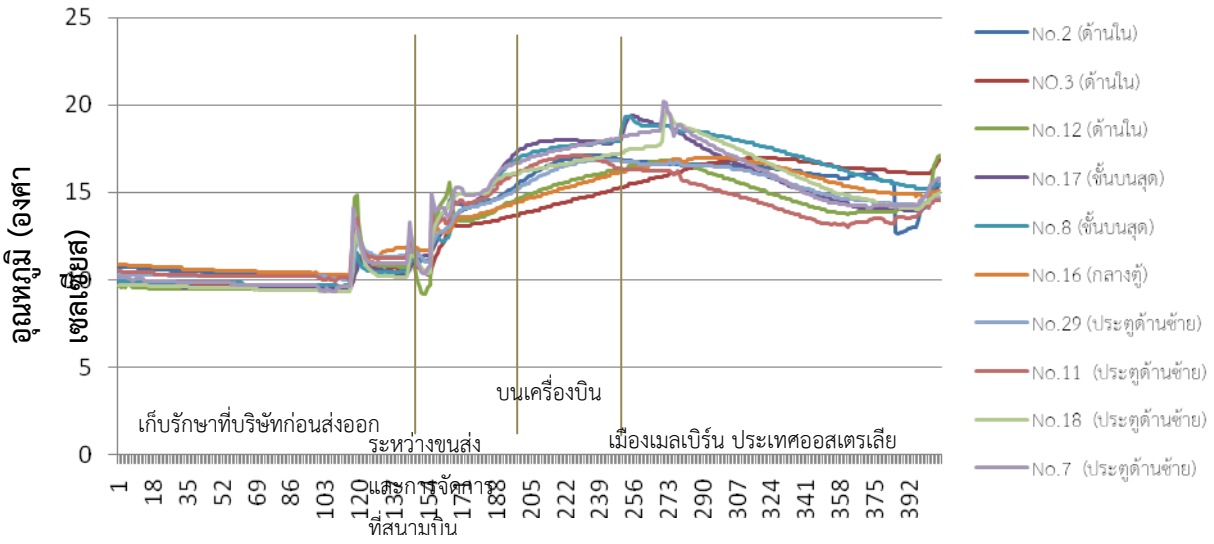
กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
T1 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	6.67	0.00	0.00	11.11	12.22
T2 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00
T3 บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	0.00	0.00	6.67	5.56	5.56
T4 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	5.56	13.33	5.56	12.22	5.56
T5 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	6.67	12.22	0.00	0.00	5.56
T6 พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00
F test	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	16.12	19.76	10.91	12.58	14.39
%CV	212.73	214.28	301.23	146.86	168.00

ตารางที่ 60 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพเนื้อภายในยอมรับได้

กรรมวิธี	2 วัน	5 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
1) บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	75.56	57.78 b	73.81	43.33	52.22
2) บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	47.78	78.57 ab	73.33	75.56	68.89
3) บรรจุพลาสติกเจาะรูก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	80.00	74.44 ab	55.56	65.56	62.22
4) พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงตาข่าย	83.33	68.89 ab	71.11	70.00	55.56
5) พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุง PP เจาะรู	48.89	70.00 ab	80.00	81.11	50.00

6) พลาสติกปิดด้านบนก่อนย้ายมาบรรจุถุงp-plus	68.89	93.33 a	80.00	74.44	46.67
F test	ns	*	ns	ns	ns
LSD	42.44	27.24	29.58	38.07	26.44
%CV	35.39	20.74	23.00	31.32	26.58

การทดลองที่ 2.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการส่งออกมังคุดไปประเทศออสเตรเลียและการวางจำหน่าย



การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการขนส่งมังคุด

ภายหลังการเปิดตู้ มังคุดที่นำเข้าจากประเทศไทยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 วิธี คือ บรรจุในถุงตาข่ายแล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (ตามวิธีของบริษัท) และบรรจุในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุในกล่อง พบว่า บรรจุภัณฑ์มังคุดยังมีสภาพดี มีเพียงบางกล่องที่มีรอยยุบเล็กน้อย

บรรจุภัณฑ์มังคุดเมื่อถึงตลาดปลายทางที่เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุมังคุดในถุงตาข่ายแล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

มังคุดเมื่อถึงตลาดปลายทางที่เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย พบว่า บรรจุภัณฑ์อยู่ในสภาพดี ไม่ได้รับความเสียหาย มีเพียงรอยยุบเล็กน้อย มังคุดที่อยู่ภายในกล่องก้านและกลีบเลี้ยงยังมีสีเขียวสดไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ผิวมังคุดค่อนข้างแห้งและพบว่าผลมังคุดมีรอยยุบ เนื่องจากการบรรจุมังคุดแน่น ไม่จัดเรียงให้ดีก่อนปิดผนึกกล่อง เมื่อมีการเคลื่อนย้ายและซ้อนทับกันทำให้ผลมังคุดได้รับความเสียหาย

บรรจุมังคุดในถุงตาข่ายแล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก เมื่อถึงตลาดปลายทาง

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุในกล่อง

บรรจุภัณฑ์มังคุดเมื่อถึงตลาดปลายทางยังมีสภาพดี พบเพียงกล่องยุบบ้างเล็กน้อย ภายในถุงพลาสติกที่บรรจุมังคุดพบว่ามีไอน้ำเกาะอยู่ด้านบนของถุง ส่วนมังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติกยังคงความสด ก้านและกลีบเลี้ยงยังมีสีเขียวสด และผิวมังคุดยังมีความสด ผิวไม่แห้ง มังคุดที่อยู่ด้านบนผิวจะมีไอน้ำเกาะแต่ไม่พบการเกิดโรค

บรรจุมังคุดในถุงตาข่ายแล้วบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูก่อนกล่องกระดาษลูกฟูก เมื่อถึงตลาดปลายทาง

ปัญหาที่พบภายหลังเปิดตู้สินค้าคือ มังคุดได้รับความเสียหายจากการบรรจุคือ การจัดเรียงมังคุดไม่ดี แน่นเกิดไป ทำให้เกิดการกดทับ ผลบุบ และแตก และพบคราบสีขาวจากสารเคลือบผิวมังคุด โดยเฉพาะมังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติก

รอยบุบและแตกของมังคุดเนื่องจากการกดทับ

คราบสีขาวจากสารเคลือบผิวมังคุด

มังคุดที่นำเข้าจากประเทศไทยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 วิธี คือ บรรจุในถุงตาข่ายแล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (ตามวิธีของบริษัท) และบรรจุในถุง PE เจาะรูก่อนบรรจุในกล่อง จากนั้นนำมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก โดยแบ่งออกเป็น 6 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 มังคุดที่ส่งออกโดยวิธีของบริษัท นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 2 มังคุดที่ส่งออกโดยวิธีของบริษัท นำมาบรรจุใหม่ในถุง PE เจาะรู 4 รูใหญ่

กรรมวิธีที่ 3 มังคุดที่ส่งออกโดยวิธีของบริษัท นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรูเล็ก จากญี่ปุ่น

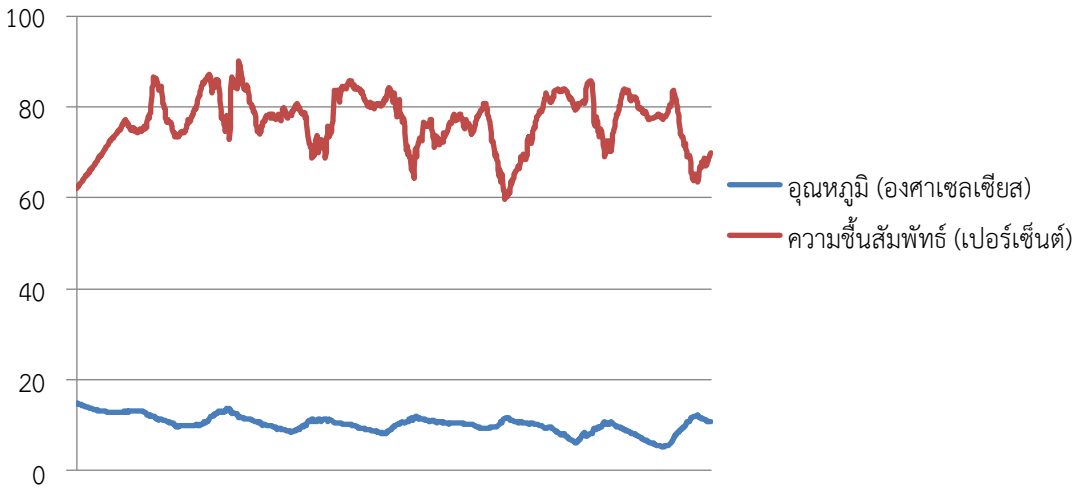
กรรมวิธีที่ 4 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุง PE เจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุงตาข่าย

กรรมวิธีที่ 5 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุง PE เจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุง PE เจาะรู 4 รูใหญ่

กรรมวิธีที่ 6 มังคุดที่ส่งออกโดยบรรจุในถุง PE เจาะรู นำมาบรรจุใหม่ในถุง PP เจาะรูเล็ก จากญี่ปุ่น

เก็บที่อุณหภูมิ 5-15 $^{\circ}$C ตามอุณหภูมิ ณ เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย พบว่า มังคุดที่ย้ายมาเก็บในถุงตาข่ายจะมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ากรรมวิธีอื่น รองลงมาคือ มังคุดที่บรรจุในถุง PP เจาะรู ส่วนที่บรรจุในถุง PE เจาะรูมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (ตารางที่ 61) มังคุดจะมีอาการเปลือกเข็งตั้งแต่เริ่มเก็บรักษา และเมื่อเก็บนาน 7 วัน มีปริมาณเปลือกแข็งบางส่วน เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 76.85% (ตารางที่ 62) และมีเปลือกแข็งทั้งผลเฉลี่ย 4.63% (ตารางที่ 63) และพบว่ามีคราบสีขาวจากสารเคลือบผิวที่เคลือบมังคุดติดอยู่ที่ผลประมาณ 13.89% (ตารางที่ 64)

เมื่อนำมังคุดมาผ่าดูคุณภาพของเนื้อภายใน พบว่า มีอาการเนื้อแก้วเฉลี่ย 28.70% (ตารางที่ 65) ยางไหลเฉลี่ย 10.18% (ตารางที่ 66) ซึ่งล้วนกระทบต่อคุณภาพการรับประทานของผู้บริโภค นอกจากนี้แล้วยังพบอาการที่เป็นผลจากการรมมังคุดด้วยเมทิลโบรไมล์ คือ อาการเนื้อยุบเป็นโพรง 13.88% (ตารางที่ 67) อาการเนื้อติดเปลือกเวลาแกะ 4.63% (ตารางที่ 68) เมื่อดูคุณภาพโดยรวมของเนื้อมังคุดพบว่า เมื่อเก็บนานขึ้นคุณภาพจะลดลง โดยพบว่า มังคุดที่ขนส่งโดยใส่ในกล่องลูกฟูก และย้ายมาบรรจุในถุงตาข่ายมีประมาณการยอมรับเนื้อมังคุดต่ำที่สุด 33.33% เมื่อเก็บนาน 7 วัน ส่วนกรรมวิธีอื่นมีการยอมรับเฉลี่ย 72.22% (ตารางที่ 69)



อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการทดสอบการวางจำหน่ายมังคุดที่เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย ระหว่างวันที่ 26 กรกฎาคม – วันที่ 4 สิงหาคม 2555

ตารางที่ 61 การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	1.82 a	1.57 b	2.15 b	2.90 a
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0.31 c	0.59 d	0.74 e	0.60 c
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	1.02 b	0.93 c	1.84 c	1.84 b
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	1.50 ab	1.83 a	2.76 a	2.56 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0.23 c	0.53 d	0.91 e	0.78 c
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	1.41 ab	1.00 c	1.44 d	1.78 b
F test	*	*	*	*
LSD	0.56	0.17	0.22	0.96
%CV	29.44	8.94	7.72	31.12

ตารางที่ 62 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งบางส่วนเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	94.44	77.78	88.89 ab	100.00 a	94.44 a
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	100.00	88.89	72.22 bc	100.00 a	66.67 ab
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	100.00	83.33	61.11 c	72.22 c	66.67 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	100.00	77.78	88.89 ab	94.44 ab	88.89 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	100.00	83.33	77.78 abc	77.78 bc	61.11 b
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	100.00	88.89	94.44 a	77.78 bc	83.33 ab

F test	ns	ns	*	*	*
LSD	6.98	27.95	20.96	18.48	29.65
%CV	3.96	18.85	14.63	11.94	21.69

ตารางที่ 63 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งทั้งผลเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	0	0	5.56	0	5.56
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0	0	16.67	0	11.11
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	0	0	5.56	0	0
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	0	0	0	0	0
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0	0	11.11	0	0
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	0	0	0	5.56	11.11
F test	-	-	ns	ns	ns
LSD	-	-	17.11	6.98	17.11
%CV	-	-	148.45	424.26	207.83

ตารางที่ 64 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่พบคราบสีขาวของสารเคลือบผิวที่ผลเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	0	0	44.44 a	44.44 a	22.22 a
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0	0	0 b	5.56 b	5.56 ab
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	0	0	0 b	0 b	0 b
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	0	0	0 b	0 b	0 b
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0	0	0 b	0 b	11.11 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	0	0	11.11 b	0 b	0 b
F test	-	-	*	*	*
LSD	-	-	19.76	15.63	20.96
%CV	-	-	119.99	105.43	181.83

ตารางที่ 65 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	16.67	38.89	22.22	11.11	50.00
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0.00	27.78	16.67	44.44	22.22
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	16.67	22.22	33.33	16.67	33.33
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	16.67	22.22	5.56	22.22	27.78
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	16.67	22.22	27.78	22.22	22.22
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	5.56	16.67	11.11	5.56	16.67
F test	ns	ns	ns	*	ns
LSD	18.48	35.63	27.95	31.25	41.93

%CV	86.33	80.12	80.80	86.24	82.11

ตารางที่ 66 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการยางไหลเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	11.11	11.11 ab	5.56	22.22 ab	5.56
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	11.11	5.56 b	11.11	11.11 ab	16.67
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	22.22	11.11 ab	5.56	11.11 ab	16.67
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	22.22	16.67 ab	11.11	5.56 b	5.56
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	11.11	11.11 ab	22.22	33.33 a	5.56
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	11.11	27.78 a	11.11	22.22 ab	11.11
F test	ns	*	ns	*	ns
LSD	27.06	19.76	17.12	26.14	22.10
%CV	102.69	79.99	86.60	83.54	121.96

ตารางที่ 67 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อยุบเป็นโพรงเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	0	11.11	5.56	5.56	11.11 ab
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	5.56	5.56	5.56	0	33.33 a
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	5.56	16.67	0	16.67	0 b
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	5.56	0	5.56	5.56	16.67 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	11.11	0	0	0	11.11 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	16.67	5.56	5.56	11.11	11.11 ab
F test	ns	ns	ns	ns	*
LSD	22.10	17.11	13.98	17.11	24.20
%CV	167.70	148.44	212.13	148.45	97.97

ตารางที่ 68 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีอาการเนื้อผลติดเปลือกเมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	0	0	0	0	5.56 ab
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	0	0	5.56	0	0 b
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	0	0	0	0	0 b
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	0	0	5.56	0	0 b
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	5.56	0	0	0	5.56 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	5.56	0	5.56	0	16.67 a

F test	ns	-	ns	-	*
LSD	9.88	-	12.10	-	15.62
%CV	30.00	-	44.95	-	89.73

ตารางที่ 69 เปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่มีคุณภาพเนื้อภายในยอมรับได้เมื่อบรรจุด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	0d	2d	4d	6d	7d
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	83.33	66.67	72.22	61.11	33.33 b
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	83.33	66.67	77.78	72.22	66.67 ab
บรรจุกล่องลูกฟูกแล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	66.67	61.11	83.33	72.22	72.22 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุงตาข่าย	61.11	72.22	77.78	77.78	72.22 ab
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PE เจาะรู	61.11	83.33	61.11	61.11	77.78 a
บรรจุถุง PE เจาะรู แล้วย้ายมาบรรจุในถุง PP เจาะรู	77.78	72.22	77.78	66.67	72.22 ab
F test	ns	ns	ns	ns	*
LSD	38.27	29.64	35.63	35.63	40.74
%CV	29.79	23.68	26.71	29.23	34.84

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การจัดการมังคุดเพื่อการส่งออกไปประเทศออสเตรเลียทางอากาศ มังคุดควรมีการทำ pre-cooling เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิภายในตัวผลมังคุดก่อนการส่งออก เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับบรรจุภัณฑ์และผลต่อคุณภาพของมังคุด

2. การบรรจุมังคุดเพื่อการส่งออกทางอากาศ ควรบรรจุในกล่องที่แข็งแรงได้แก่ กล่องกระดาษลูกฟูกหรือกล่องฟิวเจอร์บอร์ด เพื่อช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดกับบรรจุภัณฑ์ เช่น ความเสียหายที่เกิดจากความชื้น และการหายใจของผลิตผล

3. การบรรจุมังคุดในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนเจาะรูก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ช่วยให้มังคุดมีความสดและคุณภาพดีระหว่างการขนส่ง และช่วยป้องกันความชื้นจากการหายใจของมังคุดที่จะกระทบต่อบรรจุภัณฑ์ขณะขนส่ง

4. มังคุดเมื่อถึงตลาดปลายทางที่ประเทศออสเตรเลีย สามารถวางจำหน่ายได้นานประมาณ 5-7 วัน ที่อุณหภูมิ 5-15°C หากเก็บนานขึ้นผลมังคุดจะเปลือกแข็งและคุณภาพของเนื้อมังคุดจะเสีย

จากการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการแนะนำให้ผู้ส่งออกนำไปปฏิบัติได้ ในด้าน

1. การลดอุณหภูมิของผลิตผลสดก่อนการส่งออกหรือการเก็บรักษา ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่ผู้ส่งออกหรือผู้ประกอบการผักและผลไม้สดยังมองข้าม

2. บรรจุภัณฑ์ของมังคุดหรือผลิตผลสดอื่นๆ ที่ต้องมีความแข็งแรงและต้องเหมาะสมกับชนิดของผลิตผลสดและวิธีการขนส่ง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท ชัชวาล ออร์คิด จำกัด ประเทศไทย บริษัท Dalat Import & Export ประเทศออสเตรเลีย และ บริษัท Grand Asia Produce ประเทศออสเตรเลีย ที่ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

กิจกรรมงานวิจัย 7

การพัฒนาการใช้ Near Infrared Spectroscopy (NIR) ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา

Development of Near Infrared Spectroscopy (NIR) for determining produce during storage

เบญจมาศ รัตนชินกร ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ ปรางค์ทอง กวานห้อง และคมจันทร์ สรงจันทร์

Benjamas Ratanachinakorn, Siragran Srithanyarat, Prangthong Khawnhong and Komchan Songchan

คำสำคัญ NIR การเก็บรักษา ผลิตผลสด

บทคัดย่อ

การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์4 มะม่วงพันธุ์มหาชนก ฝรั่งพันธุ์กิมจู ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง โดยใช้เครื่องวัดNIR แบบพกพาวัดการสะท้อนของแสงช่วงคลื่นสั้นระหว่าง 700-1100 นาโนเมตรกับผลไม้ พบว่า สมการที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวัดของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรด และน้ำหนักแห้งของมะม่วงทั้งสองพันธุ์ มีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์สูงกว่า 0.90 และมีค่าผิดพลาดมาตรฐานในการสร้างสมการและการทำนายค่าที่จะวัดและค่าความผิดพลาดต่ำ ซึ่งสามารถนำมาเทคนิค NIR มาใช้ในการทำนายคุณภาพได้

Abstract

To measure quality by non-destructive technique for mangoes cv No. 4, Mango cv Mahachanok, Guava cv Kim Ju, Guava cv gold. Using a NIR measurements Portable measure the reflection of light at short wavelength between 700-1100 nm with fruit. The equation developed to measure soluble solids and acid content of the dry weight of the two mango varieties. A correlation coefficient higher than 0.90 and a standard error of the building equation and predictive value to be measured and the low error. The NIR technique can be used to predict the fruit quality.

บทนำ

การพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพอย่างรวดเร็วด้วย NIR นั้น เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้ NIR ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตผลสดหลายชนิดเพื่อหาความอ่อนแก่ และอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และพบว่าการใช้เทคนิคดังกล่าวกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จะใช้วัด TSS และ TA ในการทำนายการสุกของมะม่วงได้ (ภาริกาและบุศ

รากรณ์, 2552) และมีการใช้วัดการสุกที่สัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งในอโวกาโดพันธุ์ Hass (Clark et al., 2003) ดังนั้น การใช้เทคนิคนี้ไปวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา จะช่วยลดการสูญเสียตัวอย่างในการวิเคราะห์และสามารถนำวิธีการนี้ไปตรวจสอบคุณภาพสินค้าที่ตลาดปลายทางได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การพัฒนาการใช้ NIR ตรวจสอบคุณภาพมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

ใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทอง อายุเก็บเกี่ยว 110 วัน จากสวนเกษตรกรจังหวัดสระแก้ว จากนั้นคัดเลือกผลที่สะอาดและไม่มีตำหนิ ตัดขั้วผลทิ้งไว้ให้น้ำยางแห้ง นำไปเก็บรักษาที่ 2, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30°ซ และสุ่มตัวอย่างมะม่วงเพื่อเก็บค่าสเปกตรัมทุก 3 วัน หลังจากนั้นจะนำเนื้อบริเวณที่เก็บค่าสเปกตรัมมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) โดยใช้น้ำคั้นจากผลมะม่วงมาวัดด้วยเครื่อง Digital refractmeter และปริมาณกรด (soluble solid) โดยนำน้ำคั้น ไตเตรทกับ 0.05 N NaOH จนถึงจุดยุติ (pH 8.2) ด้วยเครื่องไตรเตรทอัตโนมัติ รุ่น DL53
แล้วนำค่าที่วัดได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม CA-Maker

2. การใช้เทคนิค NIR ในการตรวจสอบคุณภาพมะม่วงมหาชนก

เก็บเกี่ยวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกความแก่ของอายุเก็บเกี่ยวต่างๆ กัน คือ 90 100 110 และ 120 หลังดอกบาน จากสวนเกษตรกร จังหวัดสุพรรณบุรี ส่วนมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ใช้ผลมะม่วงอายุเก็บเกี่ยว 90-100 วันหลังดอกบาน จากสวนเกษตรกร จังหวัดชลบุรี จากนั้นคัดเลือกผลมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ที่สะอาด ไม่มีตำหนิ โรค และแมลง แล้วนำทดสอบความอ่อน-แก่ ของมะม่วงโดยใช้หลักการลอยหรือจมของผลมะม่วงในน้ำ เช็ดผลให้แห้ง แต่งขั้ว ทิ้งไว้ให้น้ำยางแห้ง แล้วนำไปเก็บรักษาที่ 25°ซ

สุ่มตัวอย่างมะม่วงมาวัดด้วยเครื่อง spectrometer แบบพกพา (FQA-NIRGUN) โดยวัดการสะท้อนกลับของแสง NIR ช่วงคลื่นสั้นระหว่าง 700-1,100 นาโนเมตร ทำการวัดในวันที่เก็บเกี่ยว และทุกๆ 2 วัน จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ โดยวัดครั้งละ 10 ผล บริเวณกลางผลทั้ง 2 ด้านๆละ 2 ครั้ง จากนั้นนำเนื้อส่วนกลางผลมาวิเคราะห์น้ำหนักแห้งโดยจะตัดตัวอย่างส่วนกลางแก้มผลทั้ง 2 ด้านของมะม่วงไปหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบในตู้อบแห้ง อุณหภูมิ 60°ซ จนแห้ง จากนั้นคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ปริมาณแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) โดยใช้น้ำคั้นจากผลมะม่วงมาวัด ด้วยเครื่อง Digital refractmeter และวัดปริมาณกรดซิตริกโดยใช้น้ำคั้นไตเตรทกับ 0.05 N NaOH จนถึงจุดยุติ (pH 8.2) ด้วยเครื่องไตรเตรทอัตโนมัติ รุ่น DL53

จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม CA-Maker โดยใช้จำนวนข้อมูล 70% ของข้อมูลทั้งหมดเป็นข้อมูลในการสร้างสมการทำนาย และอีก 30% เป็นกลุ่มข้อมูลในการทดสอบความแม่นยำของสมการและความผิดพลาดของสมการ

3. การใช้เทคนิค NIR ในการตรวจสอบคุณภาพฝรั่งพันธุ์กิมจูและพันธุ์แป้นสีทอง

เก็บเกี่ยวฝรั่งพันธุ์กิมจู และพันธุ์แป้นสีทองอายุเก็บเกี่ยว 45 50 และ 60 วัน หลังการห่อ จากสวนเกษตรกร จังหวัดราชบุรี และนครปฐม โดยคัดเลือกผลที่สะอาด และไม่มีตำหนิ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

20°ซ สุ่มตัวอย่างฝรั่งมาเก็บค่าสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIR GUN ทุก 3 วัน และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) ปริมาณกรด (soluble solid) วิตามินซี และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม CA-Maker

ระยะเวลา (เริ่มต้นและสิ้นสุด)

ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2556

สถานที่ทำการทดลอง

อาคารปฏิบัติการพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว
สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

1. การพัฒนาการใช้ NIR ตรวจสอบคุณภาพมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

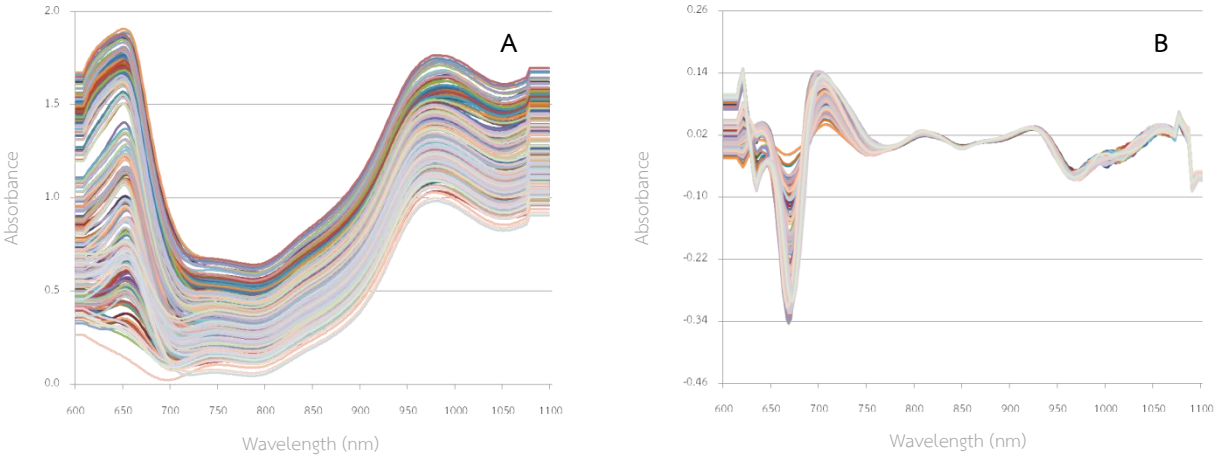
จากการเก็บค่าสเปกตรัมของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อุณหภูมิ 2 5 10 15 20 25 และ 30°ซ จะพบการเลื่อนตัว(Baseline shift) ของสเปกตรัม ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในผล (ภาพที่ 1A) ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงสเปกตรัมก่อนการสร้างสมการด้วยอนุพันธ์อันดับสองซึ่งจะสังเกตเห็นว่าสเปกตรัมเลื่อนตัวชิดกัน (ภาพที่ 1B)

ผลการสร้างสมการดัง Scatter plots (ดังภาพที่ 2) แสดงการเปรียบเทียบค่าที่ทำนายกับค่าที่วัดได้จริงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) ในกลุ่ม Calibration set และ กลุ่ม Validation set มีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.95, ค่าความผิดพลาดในการสร้างสมการ (SEC) เท่ากับ 0.81, ค่าความผิดพลาดในการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.75 และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) เท่ากับ -0.17 ซึ่งถือว่าสมการที่ได้มีความแม่นยำในการทำนายคุณลักษณะปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2,5,10,15,20,25 และ 30°ซ โดยสมการคือ

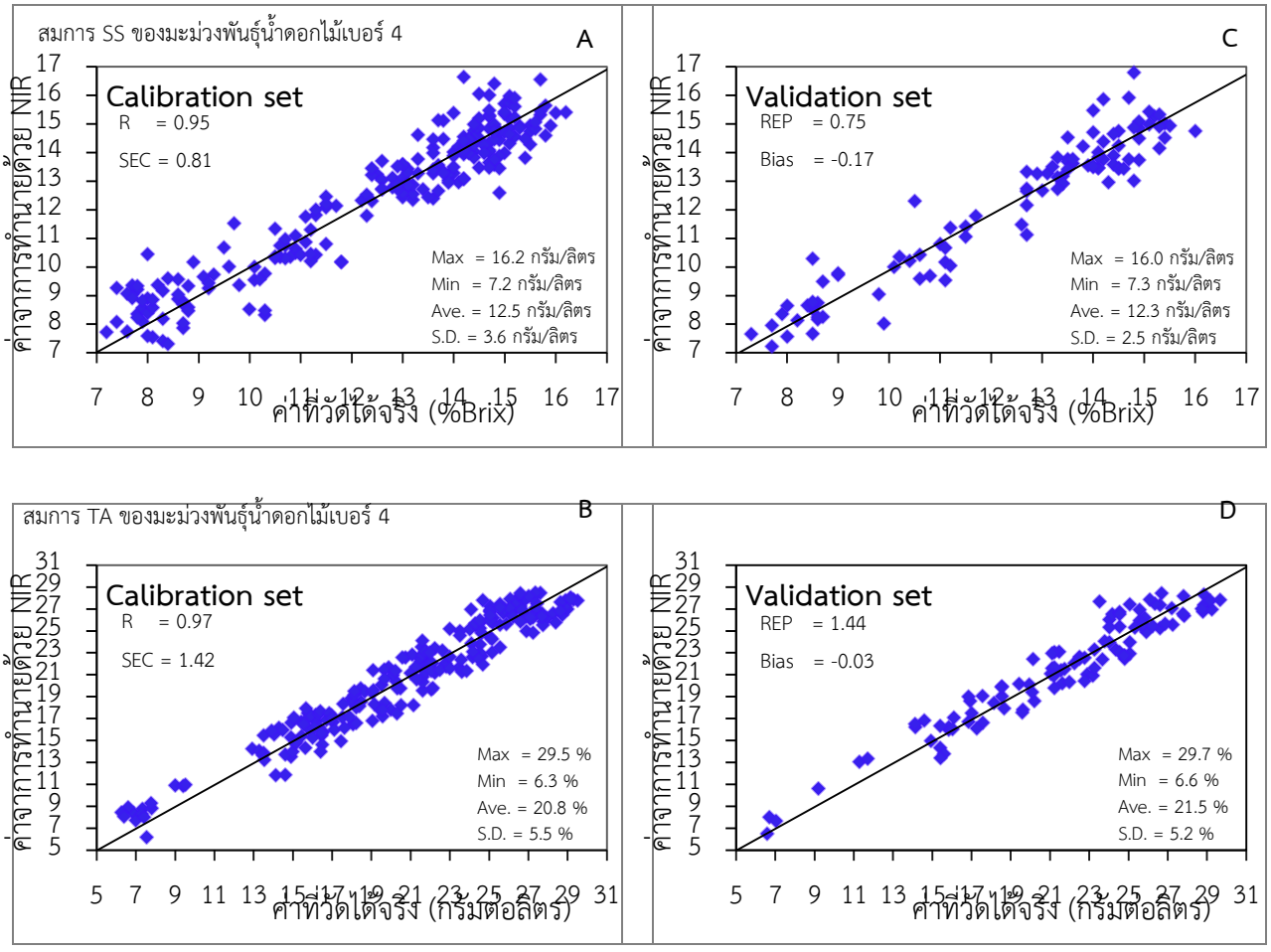
$$\%Brix = 4.0307 - 146.9640_{736} + 1537.3464_{776} + 1190.4082_{840} - 465.2647_{892} + 323.4593_{916}$$

สำหรับสมการปริมาณกรดนั้นได้ผลการสร้างสมการมีค่า R =0.98, SEC = 1.42 กรัมต่อลิตร, SEP = 1.43 กรัมต่อลิตร และ Bias = -0.03 ซึ่งถือว่าสมการที่ได้มีความแม่นยำน้อยสำหรับการทำนายปริมาณกรดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อุณหภูมิ 2 5 10 15 20 25 และ 30°ซ แต่สามารถนำไปคัดแยกเบื้องต้นได้ โดยสมการคือ

$$\text{ปริมาณกรด} = 78.1275 + 163.0325_{712} - 1001.4410_{784} - 1694.4658_{836} - 1487.3901_{900} - 345.3263_{948}$$



ภาพที่ 1 สเปกตรัมก่อนปรับแต่ง (A) และสเปกตรัมหลังปรับแต่งด้วยอนุพันธ์อันดับสอง (B) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4



ภาพที่ 2 Scatter plots ของ calibration set (A, B) และ validation set (C, D) ระหว่างค่าที่ทำนาย และ

ค่าที่วัดได้จริงของ

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 10 15 20 25 และ 30°ซ

2. การใช้เทคนิค NIR ในการตรวจสอบคุณภาพมะม่วงมหาชนก และมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Ca-Maker เพื่อหาความสัมพันธ์กับคุณลักษณะได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) ปริมาณกรด และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง พบว่า สมการที่ใช้ในการทำนาย SS ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.95 ค่าความผิดพลาดในการสร้างสมการ (SEC) เท่ากับ 1.01 และค่าความผิดพลาดในการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.98 ซึ่งถือได้ว่ามีค่าการทำนายที่แม่นยำ โดยมีสมการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้คือ

$$\%Brix = 15.5012 - 77.5537_{736} + 486.0852_{764} - 986.0125_{780} + 318.4227_{812} + 777.7578_{864}$$

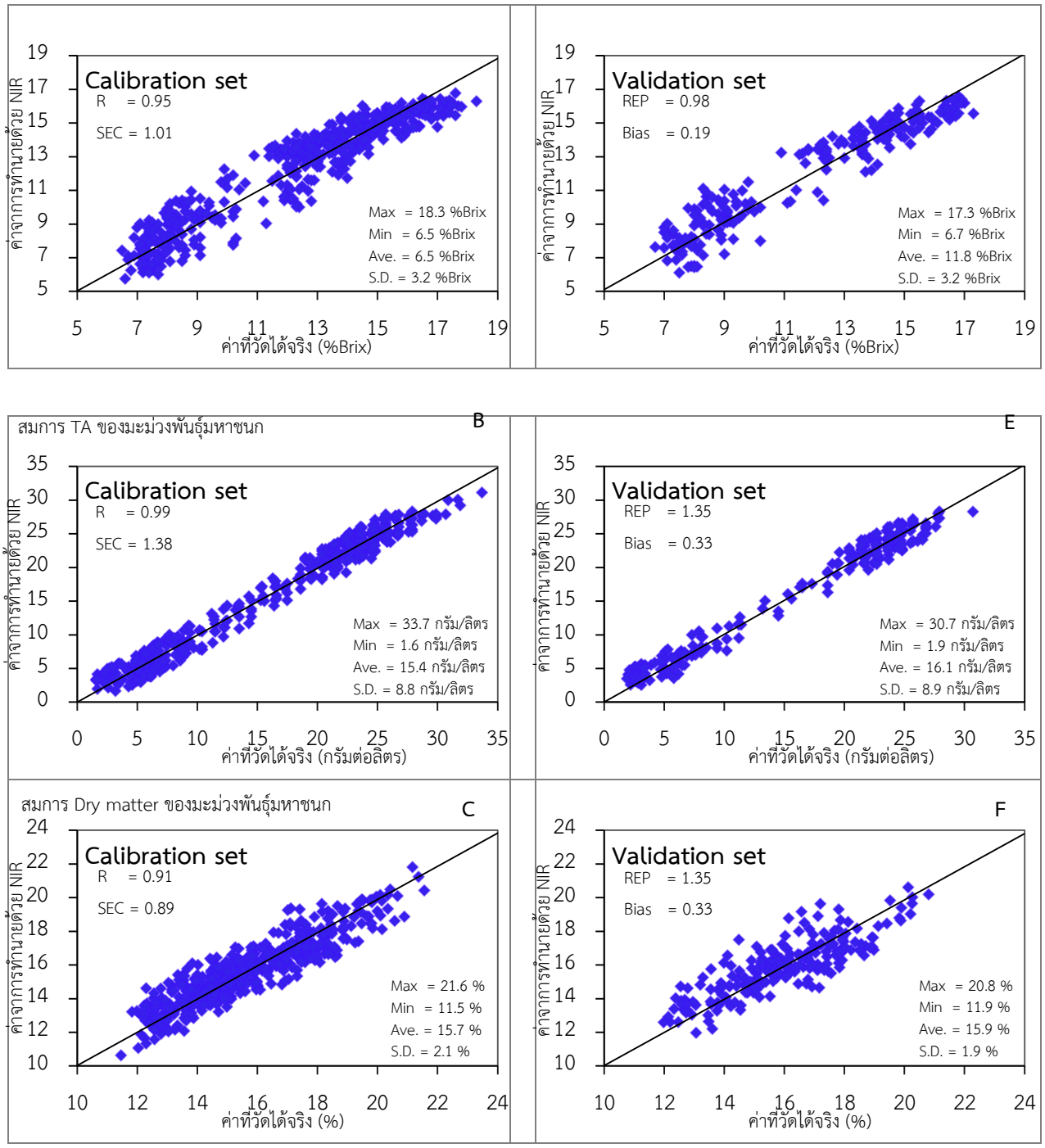
ส่วนสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณกรด มีค่า R เท่ากับ 0.99 มีค่า SEC และค่า SEP เท่ากับ 1.38 และ 1.35 ตามลำดับ โดยมีสมการทำนายปริมาณกรด คือ

$$\text{ปริมาณกรด} = 35.4894 + 323.2565_{708} - 820.1966_{756} + 2640.5203_{772} - 2647.6642_{864} - 1690.0698_{880}$$

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์คุณลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งพบว่า สมการที่ใช้ในการทำนายเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีค่า R เท่ากับ 0.90 ซึ่งถือว่ามีค่าการทำนายที่แม่นยำ โดยมีค่า SEC เท่ากับ 0.89 และ SEP เท่ากับ 1.06 สมการทำนายเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งคือ

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง} = 3.5245 - 121.1282_{748} + 672.1741_{764} - 1443.6675_{780} + 737.2143_{808} + 1268.0922_{860}$$

ดังนั้นการนำเทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIR) มาใช้ในการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีภายในผลมะม่วงโดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง ซึ่งจะประหยัดเวลาและเพิ่มมูลค่าของผลิตผลอีกทางหนึ่ง



ภาพที่ 3 Scatter plot ของ calibration set (A, B, C) และ validation set (D, E, F) ระหว่างค่าที่วัดได้จริงและค่าจากการ

ทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของมะม่วงพันธุ์มหาชนก

สำหรับการสร้างสมการในการคัดแยก และตรวจสอบคุณภาพมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยใช้ผลมะม่วงที่จุ่มน้ำสะอาดจำนวน 20 ผล และจุ่มน้ำเกลือ 2% จำนวน 42 ผล ซึ่งจะทำการเก็บค่าสเปกตรัมตั้งแต่ผลดิบจนถึง

ผลสุกโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างมะม่วงออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม Calibration set สำหรับสร้างสมการ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 70% และกลุ่ม Validation set ใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 30% ในการทดสอบความแม่นยำของสมการ พบว่าผลการสร้างสมการแสดงการเปรียบเทียบค่าที่ทำนาย SS ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ อยู่ใกล้เส้นทแยงมุม ซึ่งหมายถึงการทำนายมีความแม่นยำ ได้ผลของสมการมีค่าสัมประสิทธิสหสัมพัทธ์ (R) เท่ากับ 0.98 %Brix, ค่าความผิดพลาดในการสร้างสมการ (SEC) เท่ากับ 1.0 %Brix ซึ่งสมการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้คือ

$$\%Brix = 17.3977 - 97.6008_{736} + 1277.4505_{784} - 1166.8644_{804} + 1181.3704_{832} + 506.6231_{872}$$

จากนั้นนำสมการมาทดสอบความแม่นยำกับกลุ่ม Validation set ที่เป็นผลมะม่วงที่จมน้ำสะอาดมีค่าความผิดพลาดในการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.56%Brix และความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) เท่ากับ -0.13%Brix และเมื่อนำสมการมาทดสอบกับกลุ่ม Validation set ที่เป็นผลมะม่วงที่จมน้ำเกลือ 2% มีค่าความผิดพลาดในการทำนาย (SEP) เท่ากับ 1.08%Brix และความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) เท่ากับ -0.21%Brix

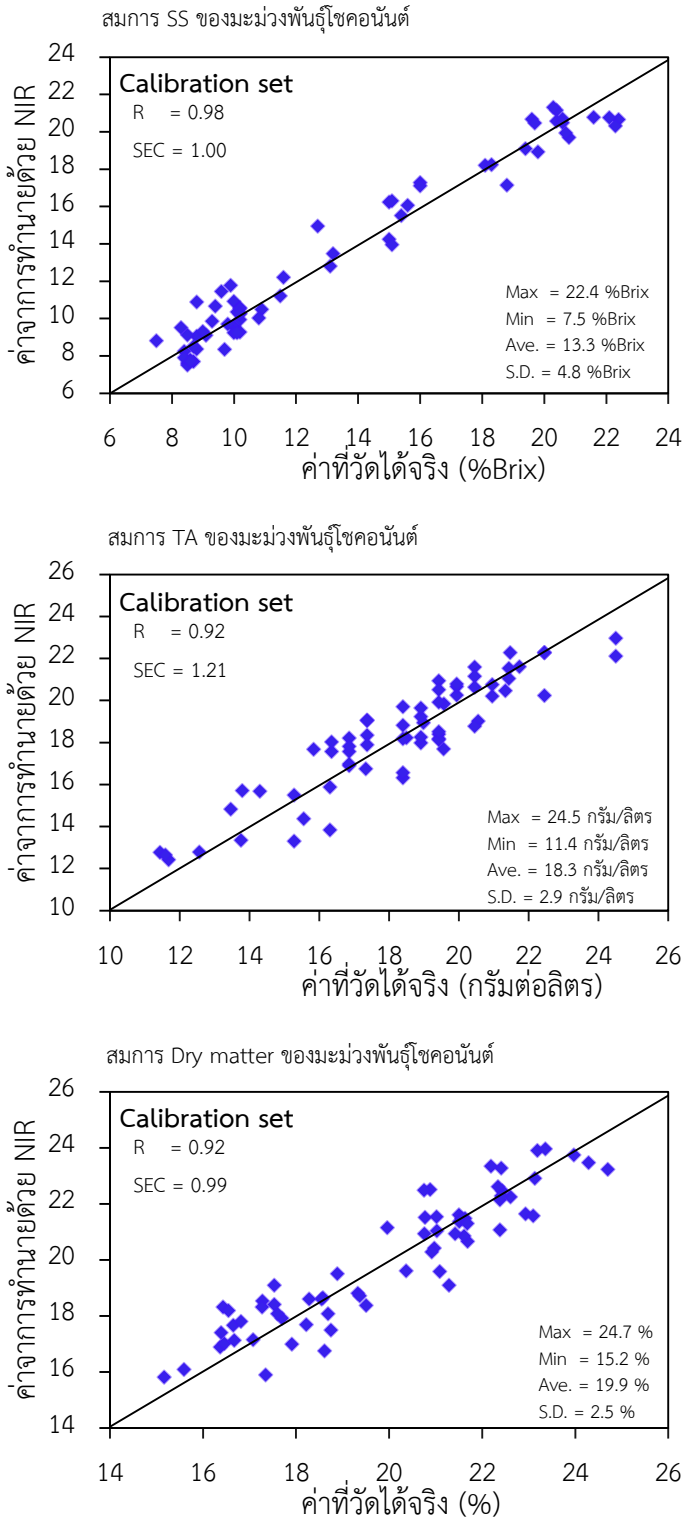
ส่วนสมการในการทำนายปริมาณกรดของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ ได้ผลของสมการมีค่า R, และ SEC เท่ากับ 0.92 และ 1.21 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำสมการมาทดสอบความแม่นยำโดยใช้กลุ่มตัวอย่างมะม่วงที่จมน้ำสะอาด และกลุ่มตัวอย่างมะม่วงจมน้ำเกลือ 2% พบว่า ค่าที่ทำนายปริมาณกรดของมะม่วงทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ห่างจากเส้นทแยงมุม แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำในการทำนายปริมาณกรดของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แบบไม่ทำลายตัวอย่างมีความแม่นยำน้อย โดยสมการมีค่าความผิดพลาดในการทำนาย (SEP) และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) เท่ากับ 1.02 และ 0.39 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และกลุ่มตัวอย่างผลมะม่วงจมน้ำเกลือ 2% มีค่า SEP และ Bias เท่ากับ 1.62 และ 0.28 กรัมต่อลิตร โดยสมการในการทำนายปริมาณกรด คือ

$$\text{ปริมาณกรด} = 28.8422 + 122.2072_{712} - 531.5584_{776} - 730.2861_{856} - 865.0208_{896} - 367.7713_{944}$$

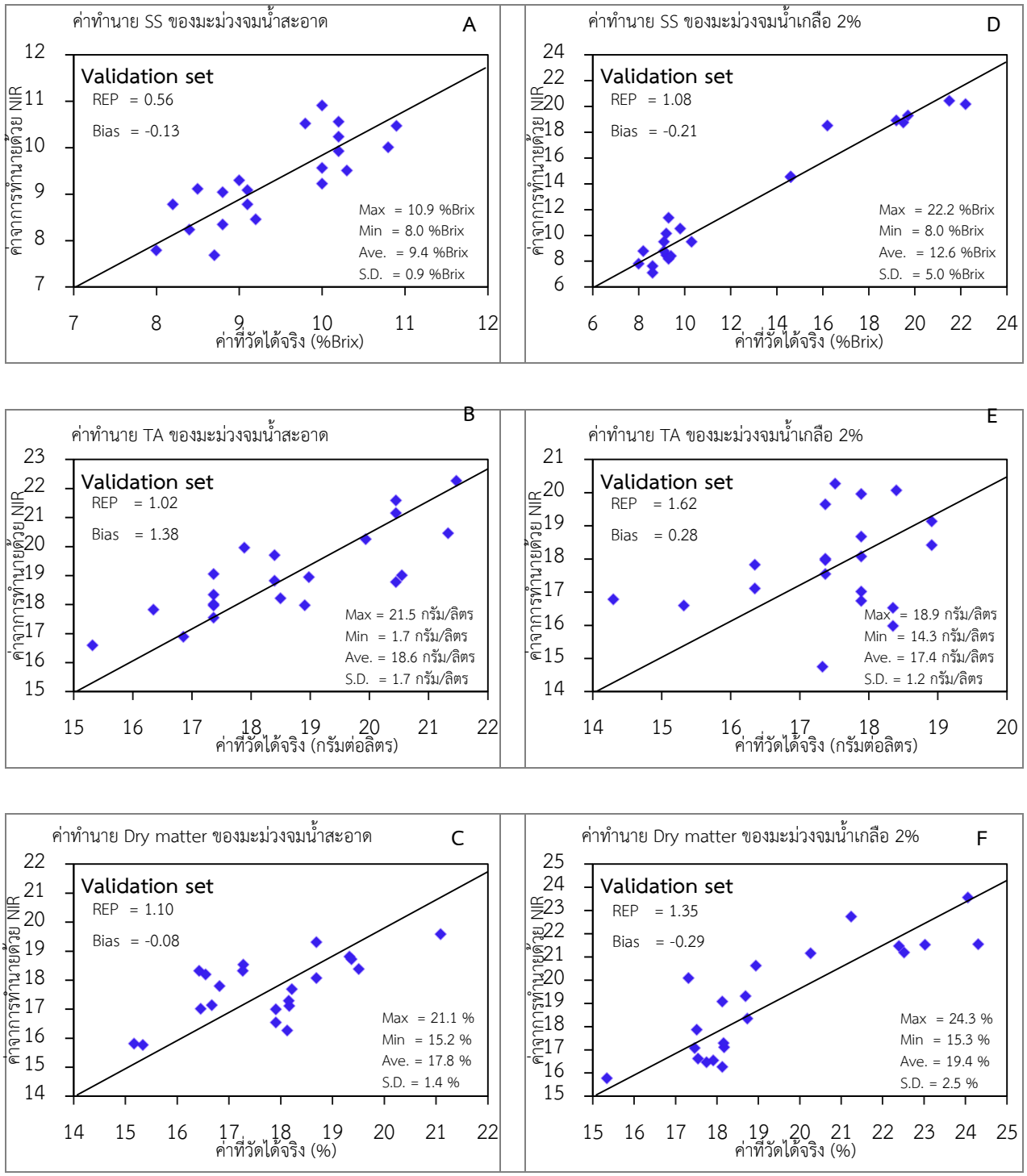
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์คุณลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งในการคัดแยก และตรวจสอบคุณภาพมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ มีความแม่นยำในการทำนาย กล่าวคือได้ผลของสมการมีค่าสัมประสิทธิสหสัมพัทธ์ (R) และค่า SEC เท่ากับ 0.92 และ 0.99% และเมื่อนำสมการมาทดสอบความแม่นยำกับผลมะม่วงที่จมน้ำสะอาดได้ค่าความผิดพลาดในการทำนายเท่ากับ 1.10% และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ -0.08%

การทดสอบความแม่นยำของสมการกับผลมะม่วงที่จมน้ำเกลือ 2% มีค่าความผิดพลาดในการทำนายเท่ากับ 1.35% และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ -0.29% ซึ่งสมการในการทำนายเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง คือ

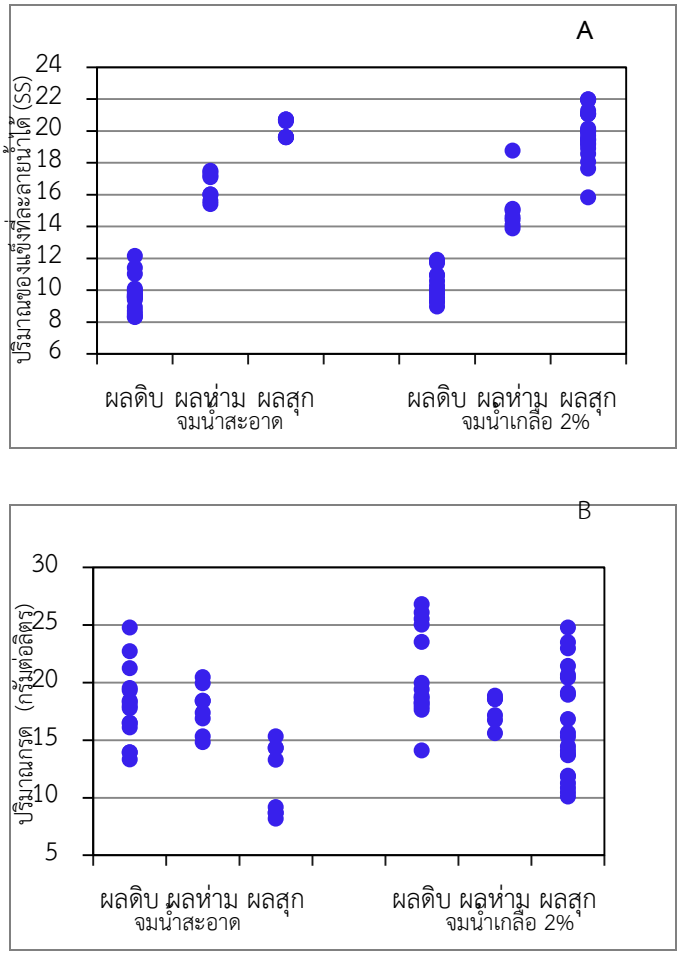
$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง} = 24.5291 + 74.5559_{712} - 72.8206_{728} + 676.5783_{852} - 419.0948_{884} + 135.9658_{928}$$



ภาพที่ 4 Scatter plot ของ calibration set ระหว่างค่าที่วัดได้จริง และค่าจากการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์



ภาพที่ 5 Scatter plot ของ validation set ระหว่างค่าที่วัดได้จริง และค่าจากการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์จมน้ำสะอาด (A, B, C) และมะม่วงจมน้ำเกลือ 2% (D, E, F)



ภาพที่ 6 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (A) ปริมาณกรด (B) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (C) ของมะม่วงที่ผลจมน้ำสะอาด และผลจมน้ำเกลือ 2% ตั้งแต่ผลดิบ ผลห่าม และผลสุก

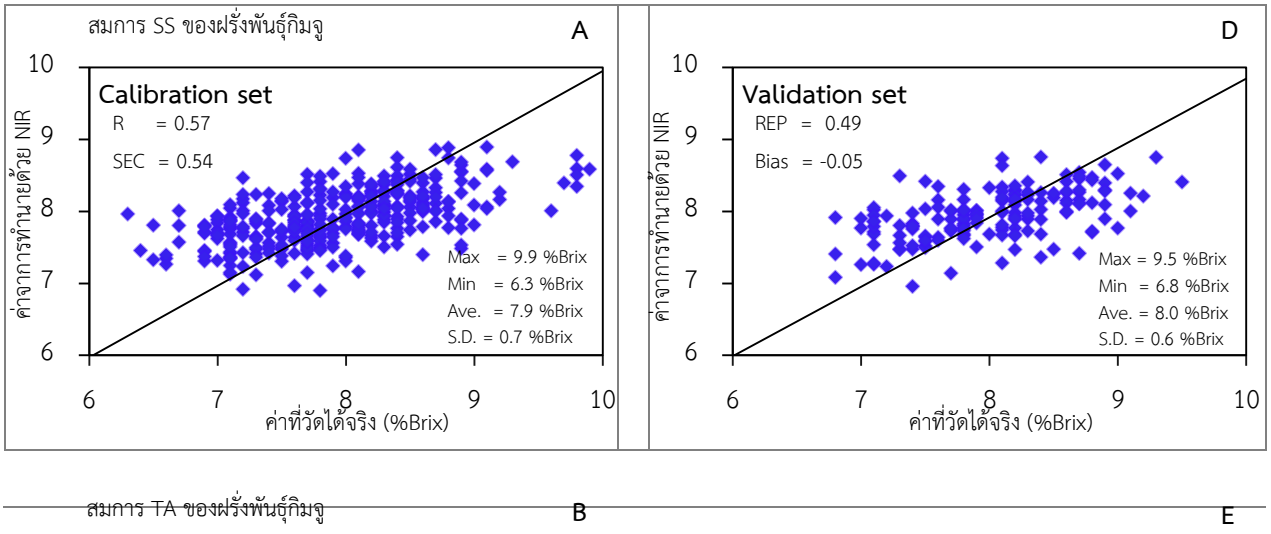
3. การใช้เทคนิค NIR ในการตรวจสอบคุณภาพฝรั่งพันธุ์กิมจูและพันธุ์แป้นสีทอง

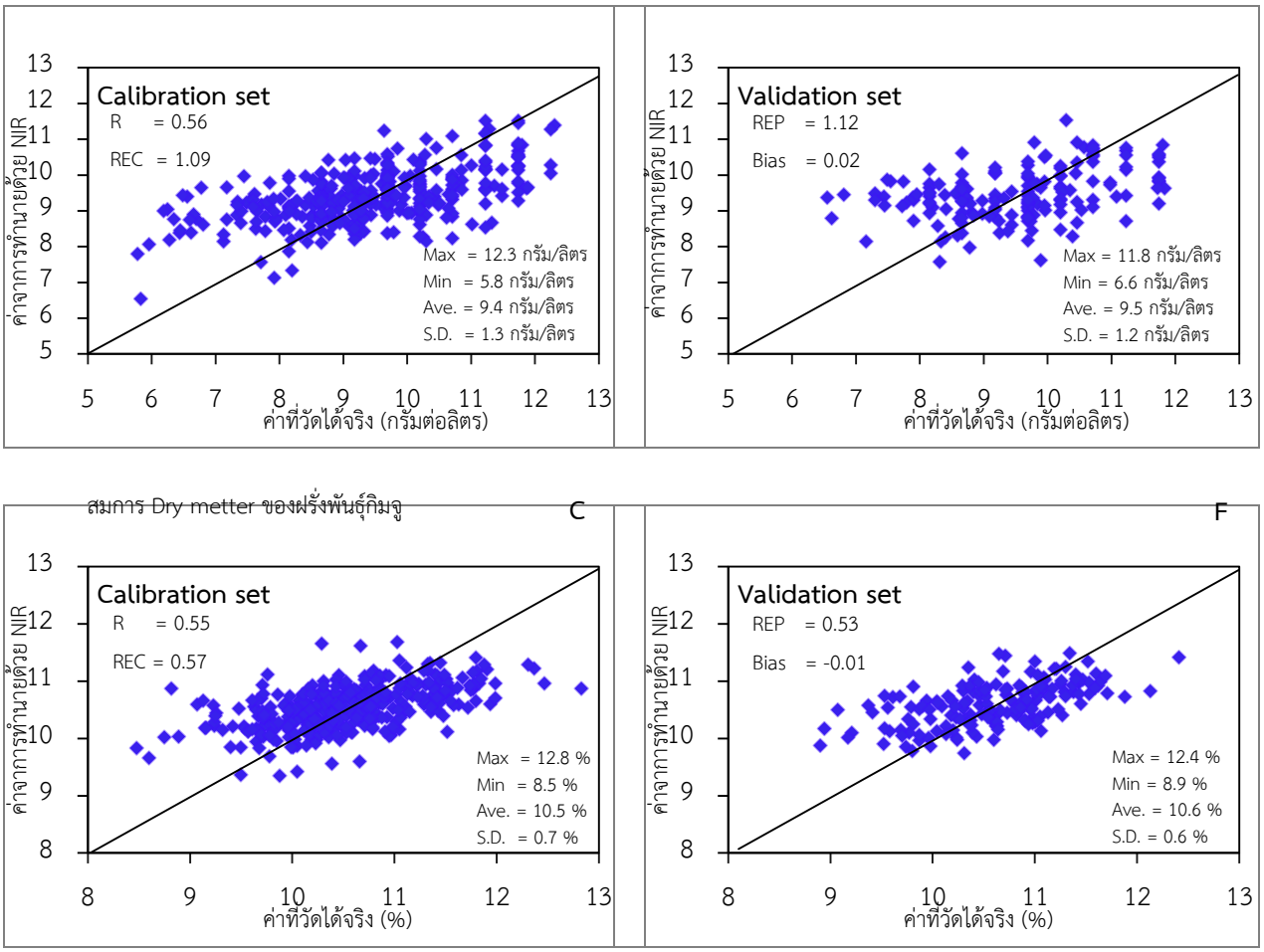
จากการวัดค่าสเปกตรัมของฝรั่งพันธุ์กิมจู เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS), ปริมาณกรด และน้ำหนักแห้ง พบว่า การสร้างสมการในการทำนายมีค่า R เท่ากับ 0.57, 0.56 และ 0.55 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าสมการที่ใช้ในการทำนายคุณลักษณะของฝรั่งพันธุ์กิมจูมีค่าความแม่นยำน้อย โดยมีค่าความผิดพลาดในการสร้างสมการ SS, กรด และน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 0.54, 1.09 และ 0.57 ตามลำดับ และมีค่าความผิดพลาดในการทำนายเท่ากับ 0.49, 1.12 และ 0.53 ตามลำดับ โดยสมการในการทำนาย SS, กรด และน้ำหนักแห้ง คือ

$$\%Brix = 10.5286 - 35.1276_{756} + 550.3856_{852} + 288.0111_{868} - 219.4717_{868} + 89.7633_{920}$$

ปริมาณกรด = 29.4109 +62.4138$_{728}$ -671.5489$_{780}$ -766.9043$_{840}$ +668.2385$_{864}$ -482.7471$_{888}$

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง = 19.6778 -199.4033$_{712}$ +402.3305$_{728}$ -534.8085$_{748}$ -273.6408$_{816}$ +486.2572$_{852}$





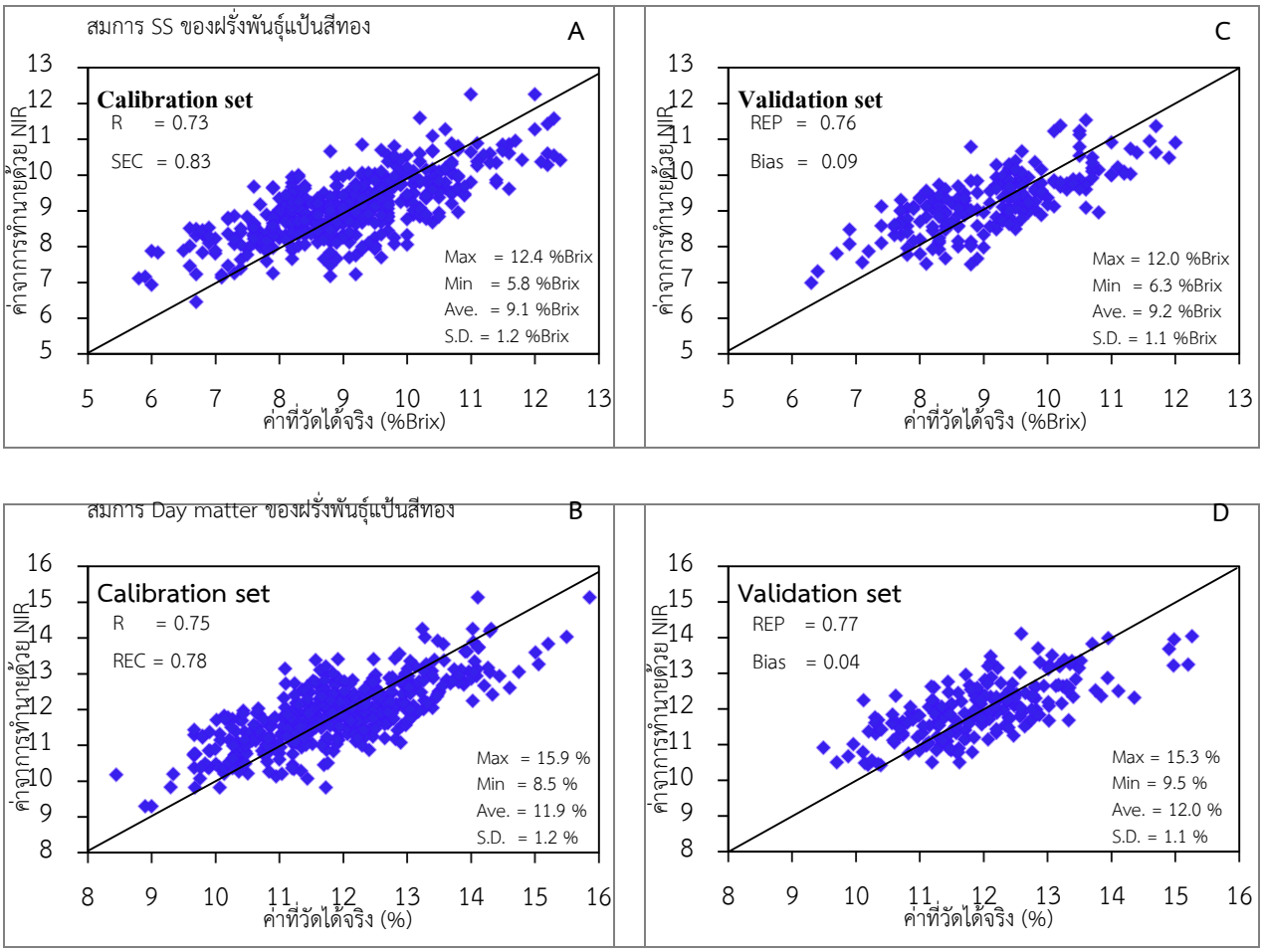
ภาพที่ 7 Scatter plot ของ กลุ่ม calibration ระหว่างค่าที่วัดได้จริง และค่าจากการ ทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (A) ปริมาณกรด (B) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (C) ของฝรั่งพันธุ์กิมจู

จากการสร้างสมการในการทำนายคุณลักษณะเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้ของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง พบว่า มีค่าความแม่นยำในการทำนาย กล่าวคือ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.73, ค่าความความผิดพลาดในการสร้างสมการมีค่าเท่ากับ 0.83 และค่าความผิดพลาดในการทำนายเท่ากับ 0.75 ซึ่งสมการในการทำนายเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้ คือ

$$\%Brix = 13.7089 - 70.4691_{748} + 1229.8033_{848} + 867.6733_{864} - 292.5688_{896} + 75.3790_{982}$$

และจากผลการรสร้างสมการเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง พบว่า มีความค่าความแม่นยำในการทำนาย คือ สมการเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมีค่า R เท่ากับ 0.75 และมีค่า SEC และ SEP เท่ากับ 0.78 และ 0.78 ตามลำดับ ซึ่งสมการในการทำนายเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง คือ

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง} = 23.8856 - 291.2556_{812} + 1168.3688_{852} + 846.4184_{868} - 386.7820_{888} - 147.5303_{904}$$



ภาพที่ 8 Scatter plot ของ กลุ่ม calibration ระหว่างค่าที่วัดได้จริง และค่าจากการ ทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (A), และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (B) ของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองทำให้ได้การใช้ NIR ตรวจสอบคุณภาพผลิตผลสดต่างๆ ดังนี้

1. สมการในการทำนายคุณลักษณะปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 คือ

$\%Brix = 4.0307 - 146.9640_{736} + 1537.3464_{776} + 1190.4082_{840} - 465.2647_{892} + 323.4593_{916}$

$ปริมาณกรด = 78.1275 + 163.0325_{712} - 1001.4410_{784} - 1694.4658_{836} - 1487.3901_{900} - 345.3263_{948}$

2. การใช้เทคนิค NIR ในการตรวจสอบคุณภาพมะม่วงมหาชนก และมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยมีสมการทำนายคุณภาพผลผลิต คือ

$\%Brix = 15.5012 - 77.5537_{736} + 486.0852_{764} - 986.0125_{780} + 318.4227_{812} + 777.7578_{864}$

$ปริมาณกรด = 35.4894 + 323.2565_{708} - 820.1966_{756} + 2640.5203_{772} - 2647.6642_{864} - 1690.0698_{880}$

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง = 3.5245 -121.1282_{748} $+672.1741_{764}$ -1443.6675_{780} $+737.2143_{808}$ $+1268.0922_{860}$

3. การใช้เทคนิค NIR ในการตรวจสอบคุณภาพฝรั่งพันธุ์กิมจูและพันธุ์แป้นสีทอง โดยสมการในการทำนาย SS, กรด และน้ำหนักแห้ง คือ

%Brix = 10.5286 -35.1276_{756} $+550.3856_{852}$ $+288.0111_{868}$ -219.4717_{868} $+89.7633_{920}$

ปริมาณกรด = 29.4109 $+62.4138_{728}$ -671.5489_{780} -766.9043_{840} $+668.2385_{864}$ -482.7471_{888}

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง = 19.6778 -199.4033_{712} $+402.3305_{728}$ -534.8085_{748} -273.6408_{816} $+486.2572_{852}$

เอกสารอ้างอิง

ภาริกา รุ่งพิชยพิเชฐ และ บุศรากรณ์ มหาโยธี. 2552. การใช้เทคนิคสเปกโทรสโคปีย่านคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near Infrared spectroscopy, NIR) ในการติดตามคุณภาพของมะม่วงสำหรับการผลิตมะม่วงตัดต่งพร้อมบริโภค. หน้า 131. *ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8.* 6-9 พฤษภาคม 2552 ณ โรงแรม ดิ เอ็มเพลส จ.เชียงใหม่.

Clark C.J., V.A. McGlone, C. Requejo, A. White and A.B. Woolf. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR Spectroscopy. *Postharvest Biol. Tec.* 29: 300-307.

กิจกรรมงานวิจัย 8

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

Using Different packaging for storage of Minimally Processed Vegetables

ปรางค์ทอง กวานห้อง ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ และคมจันทร์ สรงจันทร์

Prangthong Khawnhong, Siragran Srithanyarat and Komchan Songchan

คำสำคัญ บรรจุภัณฑ์ ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผักตัดแต่งพร้อมบริโภค

บทคัดย่อ

ทดสอบการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักตัดแต่งพร้อมบริโภคบางชนิด ได้แก่ มะเขือเปราะ เมล็ดสะตอ พริกหวาน ผักสลัดกรีนคอส ผักสลัดบัตเตอร์เฮด และผักสลัดรวม ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ระหว่างเดือนกันยายน 2556 - เดือนตุลาคม 2558 โดยนำผลิตผลสดที่ผ่านการคัดคุณภาพ ล้างทำความสะอาด ตัดแต่ง และผึ่ง จนแห้งแล้วมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ตามชนิดของผัก ได้แก่ *มะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยา* นำผลิตผลที่ล้างทำความสะอาดและตัดแต่งขั้วผลจนเหลือความยาว 1 เซนติเมตร ไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ บรรจุถุงชนิด polyethylene (PE) ถุง polypropylene (PP)+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 8 รู ถุง PP+เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู หรือถุง P-plus ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส *เมล็ดสะตอพันธุ์ข้าว* ทำโดยนำฝักสะตอที่ทำความสะอาดแล้วมาแกะเมล็ดออก ก่อนวางบนถาดโฟมแล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน ได้แก่ หุ้มด้วยฟิล์มยืด polyvinyl chloride (PVC) บรจุถุง PE หรือถุง PP แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส *ส่วนพริกหวาน* ทำการล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นวง ก่อนใส่ในถาดพลาสติกสีดำแล้วบรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ หุ้มด้วยฟิล์ม PVC ถุง PE ถุง PP หรือถุง oriented polypropylene (OPP) จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สำหรับผักสลัดชนิดต่างๆ มีทั้งรูปแบบแยกชนิด คือ *ผักสลัดกรีนคอส* และ*ผักสลัดบัตเตอร์เฮต* โดยนำผักที่ทำความสะอาดและตัดแต่งแล้ว บรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ ถุงพลาสติกชนิด PP PE OPP หรือ ถุงพลาสติกชนิด Modified (MD) ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ*ผักสสลัดรวม* ประกอบด้วย กรีนคอส บัตเตอร์เฮด ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เรดโอ๊ก เรดคอรัล และแครอท ที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว ใส่ในถาดพลาสติกก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ถุง PP ถุง PP+เจาะรูเข็ม 2 รู ถุง PE ถุง PE+เจาะรูเข็ม 2 รู ถุง OPP ถุง OPP+เจาะรูเข็ม 2 รู ถาดพลาสติก

PVC ใสพร้อมฝาปิด ถาดพลาสติกชนิด PET แบบมีฝาปิดรูปโดม หรือถาดพลาสติก PP สีดำพร้อมฝาปิด จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ผลการทดลองพบว่า *มะเขือเปราะ* ที่ตัดแต่งเหลือกลีบเลี้ยงและก้านผลยาว 1 เซนติเมตร ในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หลังการเก็บเป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรรมวิธีที่บรรจุถุง PE ซึ่งเกิดสีน้ำตาลช้ากว่าและสามารถเก็บได้นานถึง 16 วัน และเมื่อทำการทดลองโดยการตัดกลีบเลี้ยงออกก่อนเก็บรักษาเช่นเดียวกับกรรมวิธีข้างต้น พบว่า หลังเก็บรักษานาน 3 วัน รอยตัดเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่การเก็บรักษามะเขือเปราะทุกกรรมวิธียังมีสภาพยอมรับได้จนถึง 15 วัน ยกเว้นผลที่บรรจุถุง PP เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร ผลมะเขือเปราะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ส่วนผลที่บรรจุถุง PE สามารถเก็บได้นานถึง 18 วัน สำหรับการเก็บรักษา*สะตอแกะเมล็ด* พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ช่วยให้เก็บรักษาได้นานกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บได้นานเฉลี่ยถึง 30 วัน อย่างไรก็ตาม เมล็ดสะตอที่บรรจุถาดหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างชัดเจน ส่วนการเก็บรักษา*พริกหวาน*ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยมีคะแนนความสดสูงกว่าและยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้มากกว่าเมื่อเก็บรักษานานถึง 10 วัน ขณะที่การเก็บรักษา*ผักสลัดกรีนคอส* และ*บัตเตอร์เฮด*ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ให้ผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสและบัตเตอร์เฮดนาน 12 วัน การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ O_2 ภายในถุงลดลงต่ำกว่า 13% ขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นมีปริมาณ O_2 เฉลี่ยประมาณ 17% เช่นเดียวกับปริมาณ CO_2 ที่ถุง OPP มี CO_2 สะสมภายในถุงสูงกว่าถุงชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ผักสลัดกรีนคอสที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง และการเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น และมีคุณภาพการยอมรับดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ส่วนการเก็บรักษา*ผักสลัดรวม 5 ชนิด* ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเก็บรักษาผักกรีนคอสหรือบัตเตอร์เฮด โดยผักสลัดรวมตัดแต่งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคะแนนคุณภาพการยอมรับสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน

Abstract

Effect of various packages in extending shelf life of minimally processed vegetables: round green eggplant, parkia speciosa seeds, sweet pepper, green cos lettuce, butterhead lettuce and fresh-cut mixed vegetable salads (green cos lettuce, butterhead lettuce, filey iceberg lettuce, red oak lettuce, red coral lettuce and carrot) were investigated. This study was done at Laboratory of Postharvest Horticultural Crops, Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture during September 2013 - October 2015. The vegetables were sorted, cleaned, cut and air dried before subsequently packing in the following types of vegetables. *Round green eggplant cv. Chao Phraya*, were cleaned and

trimmed the stem end, were packed into the packages: polyethylene (PE) bag, polypropylene (PP) bag with eight needle-sized holes, PP bag with eight extraction holes of 0.5-cm diameters, or P-plus bag, then they were stored at 15°C. *Parkia speciosa seeds cv. Kaow*, which were detached from their pods, were placed on foam tray and packed with polyvinyl chloride (PVC) stretch film, PE bag or PP bag before storing at 5°C and 10°C. *Sweet peppers* were sorted, cleaned and sliced into rounds. Then the vegetables were placed on black plastic tray and packed with PVC stretch film, PE bag, PP bag or oriented polypropylene (OPP) bag prior to storing at 5°C. For vegetable salads, there were two kinds of packing: single vegetable (green cos lettuce and butterhead lettuce) and mixed vegetable salads. Both *green cos lettuce* and *butterhead lettuce* had the same packaging materials. After cleaning and cutting, the vegetables were packed into PP bag, PE bag, OPP bag or modified (MD) bag. Then, both of vegetables were stored at 5°C. *Mixed vegetable salads*, which were cleaned and minimally cut, were packed into PP bag, PP bag with two needle-sized holes, PE bag, PE bag with two needle-sized holes, OPP bag, OPP bag with two needle-sized holes, clear PVC tray with lid, clear polyethylene terephthalate (PET) tray with hinged dome lid or black PP tray with clear lid. The mixed vegetables were stored at 7°C for 12 days.

The results showed that round green eggplants which were packed with all packages except for PE bag had storage life for 12 days at 15°C with changing of sepal color from green to brown. The eggplants with PE bag slightly changed of brown color on sepal slower than others and could store for 16 days with acceptable appearance. Eggplants without stem end and sepal could delay the storage life from 16 days to be 18 days for PE bag and from 12 days to be 15 days for others. Parkia speciosa seeds stored at 5°C longer than the ones stored at 10°C with storage life for 30 days. However, packing with PVC stretch film had a higher rate of weight loss than other packages. Sweet pepper packed into OPP bag had better qualities than packed into other packages after storing for 10 days at 5°C. Both of green cos and butterhead lettuce had the similar results after storing for 12 days at 5°C. O_2 level in OPP bag was lower than the headspace gas from other packages. There were less than 13% of O_2 levels in OPP bag while other packages were averaged at 17%. In contrast, CO_2 levels in this package were higher than ones observed in other packages throughout the storage period. Moreover, green cos lettuce packed into OPP bag had fewer percentages of yellow and brown color on leaves area and also had higher acceptability scores than other packages. The result of mixed vegetable salads had the same pattern with green cos and butterhead lettuce. Mixed salads packed in OPP bag also had higher acceptability

scores when stored for 12 days of storage while the salads from other packaging treatments were evaluated as unacceptable.

บทนำ

ปัจจุบัน แนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศมีความนิยมในการบริโภคผักและผลไม้สดมากขึ้น เนื่องจากกระแสรักสุขภาพทำให้ผู้บริโภคคำนึงถึงการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพที่เน้นการบริโภคผักและผลไม้ เพื่อช่วยส่งเสริมให้ร่างกายแข็งแรงและมีภูมิคุ้มกันโรค ซึ่งผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh–cut fruit and vegetable products) เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี เพราะมีโภชนาการและคุณค่าทางอาหารสูง (Llorach *et al*., 2008; University of the District of Columbia, 2015) มีความสะดวกในการรับประทานและเก็บรักษาได้ง่าย นอกจากนี้การผลิตผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคยังเป็นแนวทางการลดความเสียหายและเพิ่มมูลค่าของผลิตผลสด ซึ่งมีธรรมชาติที่เน่าเสียง่ายและอายุการเก็บรักษาสั้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูกาลที่ผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก การนำมาผลิตเป็นผลิตผลพร้อมบริโภคจึงเป็นช่องทางการตลาดของผลิตผลสดอีกรูปแบบหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม การทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งแม้จะมีมากขึ้น แต่งานวิจัยในผักและผลไม้ตัดแต่งบางชนิดยังมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอ/แพร่หลาย อีกทั้งยังต้องมีการพัฒนางานวิจัยที่มีอยู่แล้วให้มีความต่อเนื่องและทันสมัยมากขึ้นเพื่อนำเสนอรูปแบบใหม่ และเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุ ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาคุณสมบัติและรูปแบบที่มีความหลากหลายมากขึ้น อีกทั้งบรรจุภัณฑ์ยังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้เป็นหนึ่งทางเลือกในการพิจารณาซื้อสินค้าแต่ละชนิดนอกเหนือจากคุณภาพของสินค้านั้นๆ ซึ่งบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้ส่งผลต่อคุณภาพ อายุการเก็บรักษา และอายุการวางจำหน่ายที่แตกต่างกันด้วย เนื่องจากปัญหาที่สำคัญของผักตัดแต่ง คือ การเปลี่ยนแปลงสีของใบและการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด เช่น การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอม มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ Polyphenol oxidase หรือ PPO (Fujita *et al*., 1991; Lopez-Galvez *et al.,* 1996) อันเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ดังนั้น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจะมีส่วนช่วยรักษาคุณภาพและทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตผลสดได้นานขึ้น

มะเขือเปราะ (*Solanum melongena* L.) เป็นผักที่ใช้รับประทานผล มีอายุได้หลายปี ผลมีรูปร่างกลมแป้น ผิวผลสีขาวปนเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สามารถรับประทานเป็นผักสดจิ้มน้ำพริก และใช้ปรุงอาหารได้หลายอย่าง (นิดดา และคณะ, 2550) นอกจากมะเขือเปราะจะมีการปลูกเพื่อรับประทานภายในประเทศแล้ว ประเทศไทยยังมีการส่งออกมะเขือเปราะป่าหน่ายยังต่างประเทศด้วย ปัญหาสำคัญในการเก็บรักษามะเขือเปราะคือ การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด เนตรา (2554) ศึกษาวิธีการและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือเปราะตัดขั้ว พบว่า การจุ่มมะเขือเปราะในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ถาด polystyrene (PS) และหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก

polyethylene (PE) สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะเขือเปราะตัดขั้วได้ เป็นเวลา 20 วัน ณ อุณหภูมิการเก็บรักษา 15 องศาเซลเซียส

สะตอ (*Parkia speciose* Hassk.) เป็นพืชในกลุ่มตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย มี 2 ชนิด คือ สะตอดาน ลักษณะฝักตรงไม่บิดเบี้ยว ฝักยาวประมาณ 1 ฟุต กว้างประมาณ 2 นิ้ว ในหนึ่งฝักมีประมาณ 10-20 เมล็ด แต่ละข้อจะมี 8-15 ฝัก มีกลิ่นฉุนจัดเนื้อเมล็ดแน่น และสะตอข้าว ลักษณะฝักบิดเป็นเกลียว ขนาดของฝักใกล้เคียงกับสะตอดานแต่กลิ่นไม่ฉุนเท่า และเนื้อเมล็ดไม่ค่อยแน่น แต่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคมาก โดยสะตอจะเริ่มเก็บผลผลิตได้เมื่ออายุได้ 5-6 ปี โดยเริ่มจากการให้ฝักน้อยๆ ต่อปี และจะติดฝักมากเมื่ออายุหลายปี (กรมวิชาการเกษตร, 2558) ผลหรือฝักของสะตอ 1 ฝัก ยาวประมาณ 30-35 เซนติเมตร ริมฝักหนา 2 เซนติเมตร ฝักแก่เปลือกฝักจะเปราะหักง่าย สีเลือกนอกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลเกือบไหม้ ลักษณะฝักที่พร้อมเก็บเกี่ยวมีลักษณะ คือ สีฝักมีสีเขียวเข้มเป็นมันวาว เปลือกยริเวณหุ้มเมล็ดนูนเห็นเส้นเยื่อใยชัดเจน รูปทรงสะดุดตา เปลือกหุ้มเมล็ดเมื่อแกะออกดูด้านใน ที่บริเวณขั้วของเปลือกเป็นสีส้มเข้มเล็กน้อย สะตอทั้งฝักสามารถวางตลาดขายได้ประมาณ 3-4 วัน หลังจากนั้นผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีดำ และบริเวณเนื้อฝักที่หุ้มเมล็ดจะเริ่มสุกโดยสีเนื้อเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มและดำในที่สุด (กิตติ, 2559) สะตอสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน โดยเฉพาะส่วนของยอดอ่อน ผลหรือฝัก ซึ่งนำมาใช้ปรุงเป็นอาหาร ซึ่งความนิยมบริโภคสะตอที่มากขึ้นทำให้เกษตรกรหันมาปลูกสะตอกันอย่างแพร่หลายและมีผลิตผลสะตอสดออกสู่ท้องตลาดมากขึ้น

พริกหวาน (*Capsicum annuum* L.) เปนพืชที่ไดรับความนิยมนำมาใชบริโภคอยางแพรหลาย เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเป็นแหล่งของวิตามินซี วิตามินอี และโปรวิตามินเอ รวมทั้งสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย (Sun *et al*., 2007) อย่างไรก็ตาม พริกหวานมักประสบปญหาอายุการใชประโยชนสั้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่พริกหวานเปนพืชที่มีการคายน้ำสูง (Bussel and Kenigsburger, 1975) จากการที่พริกหวานหลังเก็บเกี่ยวยังคงมีการเปลี่ยนแปลงตางๆ ทางสรีรวิทยา และชีวเคมีเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจัดเปนการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญภายหลังการเก็บเกี่ยวของพริกหวาน โดยปกติการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดได (สายชล เกตุษา, 2528) นอกจากนี้ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาพริกหวานได้เช่นเดียวกัน (Luo and Mikitzel, 1996)

ผัดสลัดหรือผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาบริโภคสดและประกอบอาหาร นิพนธ์ (2559) รายงานว่า สลัดมีส่วนประกอบของ น้ำ 95% คาร์โบไฮเดรท 1-2% โปรตีน 1-2% และไขมัน 0.25% สลัดเป็นพืชฤดูเดียว มีลำต้นอวบน้ำและช่วงข้อถี่ ใบจะเจริญจากข้อเป็นกลุ่ม มีลักษณะ รูปร่างและสีแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เช่น ใบกลม ใบรี ใบเรียบหรือมีหยักหรือบิดงอ บางพันธุ์อาจมีใบหนาแข็ง และบางพันธุ์อาจมีใบนิ่มอ่อน โดยสีของใบมีสีเขียวออนจนถึงสีเขียวเข่ม สีน้ำตาลปนแดง สีแดง และสีน้ำตาล เป็นต้น บางพันธุอาจมีสีเดียวแต่บางพันธุ์อาจมีหลายสี สายพันธุ์ของสลัดแบ่งออกตามลักษณะของต้นและใบ คือ Leaf lettuce (*L. sativar var.crispa* L.) บางครั้งเรียก bunching lettuce/ loose-leaf (สลัดใบ/ผักกาดหอม) สายพันธุนี้จะมีลำตนสั้นและใบเจริญเปนกระจุก มีใบจำนวนมาก ลักษณะ รูปร่าง และสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ Crisp-head *(L. sativar*

var.capitata L.) บางครั้งเรียก head lettuce หรือ iceberg type (สลัดปลี ผักกาดหอมห่อ ผักกาดแก้ว หรือสลัดแก้ว) มีใบขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ใบในม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็งแรง Butterhead *(L. sativar var.capitata* Lam.) บางครั้งเรียก Bibb หรือ Boston lettece (สลัดกึ่งห่อ หรือสลัดบัตเตอร์) ใบจะออนและนิ่ม หอปลีหลวม ใบในจะมีลักษณะคล่ายมีน้ำมันหรือเนยจับที่ผิวใบ Cos หรือ Romaine *(L. sativar var.longefolia* Bailey) สลัดคอส หรือ สลัดโรเมน หรือ ผักกาดหวาน ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและห่อ สีเขียวเข้ม เนื้อใบหนามีเส่นใบนูนเดนออกมาด่านหลัง ใบในจะมีปลายโค่งเข่าข่างในทำให้หัวกลมยาว และ Stem *(L. sativar var.asparagina*) บางครั้งเรียก As paragus หรือ Celtuce (Celery-lettece) มีลักษณะลำต้นสูง ใบเรียวยาว เจริญติดๆ กันไปจนถึงช่อดอก เหมาะสำหรับเป็นพืชผักสวนครัว สามารถนำไปประกอบอาหารและแปรรูปได้ ผักสลัดมีองค์ประกอบของวิตามินซี สารประกอบฟีโนลิก และใยอาหาร โดยเฉพาะผักที่มีใบสีแดง (Nicolle *et al*., 2004)

แครอท (*Daucus carota* L.) เป็นหนึ่งในพืชที่สำคัญและเป็นที่นิยมสำหรับการบริโภค อุดมไปด้วยสารสำคัญทางชีวภาพ เช่น แคโรทีนอยด์ (β-carotene) เส้นใยอาหาร และธาตุอาหารที่จำเป็นหลายชนิด ซึ่งเป็นสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (นิพนธ์, 2547) และเป็นที่ยอมรับกันว่าแครอทเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) ซึ่งมีส่วนในการเป็นสารยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง (Sharma, 2012) แครอทเป็นพืชที่ปลูกตามฤดูกาล มีการเน่าเสียง่าย หากต้องการเก็บรักษาไว้ได้นานหลังการเก็บเกี่ยวจำเป็นต้องมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เบญจมาส และคณะ (2550) พบว่า แครอทตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ Low density polyethylene (LDPE) ได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

การยืดอายุผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธี Modified atmosphere packaging (MAP) นับเป็นเทคนิคการยืดอายุผลผลิตสด หรือผลผลิตตัดแต่งวิธีหนึ่งซึ่งทำโดยการปรับสภาพบรรยากาศรอบผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์ ทำาให้องค์ประกอบของแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์นั้นเปลี่ยนแปลงไป โดยการปรับนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชผัก ชนิดของบรรจุภัณฑ์ และอุณหภูมิการเก็บรักษา ซึ่งมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วน CO_2 ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ O_2 มีความเข้มข้นต่ำลง สภาพบรรยากาศดัดแปลงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลผลิต การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแก๊สในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถชักนำให้ผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางสรีรวิทยาลดลง (Farber *et al*., 2003) ผลผลิตจึงมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายยาวนานขึ้น การใช้ MAP ที่มีผลต่อการรักษาระดับความเข้มข้นของแก๊สรอบผลผลิตที่ประกอบด้วย CO_2 สูง และ O_2 ต่ำยังส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย (Farber *et al*., 2003)

ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผักตัดแต่งพร้อมบริโภค

ระเบียบวิธีการวิจัย

1) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษามะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยา

1.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

1.2 นำผลิตผลมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยามาล้างทำความสะอาด ผึ่งผลให้แห้ง ตัดแต่งก้านผล (การทดลองครั้งที่หนึ่ง ตัดก้านผลให้เหลือความยาว 1 เซนติเมตร การทดลองครั้งที่สอง ตัดแต่งก้านผลและกลีบเลี้ยงออก ดังแสดงในภาพที่ 1) จากนั้น นำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุในถุงชนิด PE (หนา 25 ไมครอน)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุง PP+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถุง PP+เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในถุง P-plus (หนา 25 ไมครอน)

1.3 บรรจุถุงละ 300-350 กรัมต่อถุง (9 ผลต่อถุง) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจสอบคุณภาพผล ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ความสด และการยอมรับคุณภาพ

ภาพที่ 1 ลักษณะการตัดแต่งผลมะเขือเปราะในการทดลองครั้งที่หนึ่ง (ซ้าย) และครั้งที่สอง (ขวา)

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ด

2.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 3 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

2.2 ผลิตผลสะตอสดพันธุ์เจ้าพระยาคัดคุณภาพและทำความสะอาด จากนั้นแกะเมล็ดก่อนนำไปเก็บรักษาโดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC (สิ่งควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถาดแล้วใส่ถุง PE (หนา 25 ไมครอน)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถาดแล้วใส่ถุง PP (หนา 25 ไมครอน)

2.3 บรรจุถาดละ 100 กรัม (ภาพที่ 2) แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจสอบคุณภาพผลทุกสัปดาห์ โดยการบันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ก๊าซ C_2H_4 การสูญเสียน้ำหนัก ความสด ความแน่นเนื้อ สีเมล็ด (L* a* b*)

ภาพที่ 2 สะตอแกะเมล็ด ณ วันเริ่มต้นการเก็บรักษา

3) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค

3.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

3.2 นำผลิตผลพริกหวานสีต่างๆ ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง และสีแดง มาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaOCl) ความเข้มข้น 0.02% ผึ่งจนสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำมาหั่นโดยฝานเป็นวงหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ก่อนวางในถาดพลาสติกสีดำแล้วหุ้มด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ขนาดบรรจุประมาณ 40 กรัม (ภาพที่ 3) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 หุ้มฟิล์ม PVC

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถุงพลาสติกชนิด PE

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงพลาสติกชนิด OPP

3.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)

ภาพที่ 3 พริกหวานหั่นเป็นวงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ณ วันเริ่มต้น

4) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอส

4.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

4.2 นำผักสลัดกรีนคอส ทั้งในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์และในแปลกปลูกที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้ว มาล้างทำความสะอาดในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.02% แล้วหั่นเป็นชิ้นความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ก่อนนำเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อสลัดน้ำออกด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาที นาน 3 นาที จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกขนาดบรรจุประมาณ 100 กรัม (ภาพที่ 4) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 2 ถุงพลาสติกชนิด PE

กรรมวิธีที่ 3 ถุงพลาสติกชนิด OPP

กรรมวิธีที่ 4 ถุงพลาสติกชนิด Modified (MD)

4.3 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เช็คคุณภาพและบันทึกผลทุก 5 วัน ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด การเกิดใบเหลือง การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)

ภาพที่ 4 ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ณ วันเริ่มต้น

5) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดบัตเตอร์เฮด

5.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

5.2 นำผักสลัดบัตเตอร์เฮด ทั้งในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์และในแปลกปลูกที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้ว มาล้างทำความสะอาดในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.02% แล้วหั่นเป็นชิ้นก่อนนำเข้าเครื่อง

เหวี่ยงเพื่อสลัดน้ำออกด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาที นาน 3 นาที จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกที่ขนาดบรรจุประมาณ 80 กรัม (ภาพที่ 5) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 2 ถุงพลาสติกชนิด PE

กรรมวิธีที่ 3 ถุงพลาสติกชนิด OPP

กรรมวิธีที่ 4 ถุงพลาสติกชนิด Modified (MD)

5.3 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เช็คคุณภาพและบันทึกผลทุก 4 วัน ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด การเกิดใบเหลือง การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)

ภาพที่ 5 ผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ณ วันเริ่มต้น

6) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดรวม

6.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 9 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

6.2 นำผักสลัดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรีนคอส บัตเตอร์เฮด ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เรดโอ๊ก เรดคอรัล ซึ่งปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ และแครอทที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้ว มาล้างทำความสะอาดแล้วหั่นเป็นชิ้นหรือหั่นฝอยก่อนแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือน้ำเกลือความเข้มข้น 1% เพื่อช่วยลดการเกิดอาการสีน้ำตาลที่รอยตัด จากนั้นบรรจุในภาชนะบรรจุ (ภาพที่ 6) ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถาดพลาสติก+ถุง PP

กรรมวิธีที่ 2 ถาดพลาสติก+ถุง PP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 3 ถาดพลาสติก+ถุง PE

กรรมวิธีที่ 4 ถาดพลาสติก+ถุง PE เจาะรู

กรรมวิธีที่ 5 ถาดพลาสติก+ถุง OPP

กรรมวิธีที่ 6 ถาดพลาสติก+ถุง OPP เจาะรู

กรรมวิธีที่ 7 ถาดพลาสติก PVC ใสพร้อมฝาปิด

กรรมวิธีที่ 8 ถาดพลาสติก PET แบบมีฝาปิดรูปโดม

กรรมวิธีที่ 9 ถาดพลาสติก PP สีดำพร้อมฝาปิดใส

6.3 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เช็คคุณภาพและบันทึกผลทุก 4 วัน ได้แก่ ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ความสด การยอมรับคุณภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)

ภาพที่ 6 ผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

7) การบันทึกผล

บันทึกผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี คุณภาพการยอมรับ และปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่

7.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss, %)

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

7.2 ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์

วัดปริมาณก๊าซ O_2 (%) และ CO_2 (%) ภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดปริมาณก๊าซ รุ่น Checkmate3 และวัดปริมาณก๊าซ C_2H_4 ($\mu L.L^{-1}$) ภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography รุ่น Shimadzu GC 14B

7.3 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

7.4 ความสด

ให้เป็นคะแนนที่ 5 ระดับคะแนน คือ 5= สดมาก 4= สด 3= สดเล็กน้อย/เริ่มเหี่ยว 2= เหี่ยว และ 1= เหี่ยวมาก/หมดสภาพ

7.5 การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากพื้นที่รอยตัดทั้งหมดของผลิตผลในบรรจุภัณฑ์

7.6 การเกิดใบเหลือง

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของใบจากพื้นที่ทั้งหมดของผลิตผลในบรรจุภัณฑ์

7.7 คุณภาพการยอมรับ

ประเมินจากคะแนนการยอมรับ ที่ระดับคะแนน 1 = ยอมรับได้ และ 2 =ไม่ยอมรับ

7.8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic)

ประเมินโดยใช้วิธีการตรวจสอบที่รวดเร็วด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (3M Petrifilm™ Plates) ชนิด Aerobic Count Plate โดยชั่งตัวอย่างอาหารหนัก 25 กรัม ใส่ถุงพลาสติก บดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วใส่ในขวดที่มีบัพเฟอร์ปราศจากเชื้อปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างที่เจือจางในอัตราส่วน 1:10 จากนั้นวางแผ่น Petrifilm บนระนาบเรียบ หยดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นอาหารเลี้ยงเชื้อด้านล่าง แล้วค่อยๆ ปล่อยแผ่นฟิล์มด้านบนลงมา (ต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ) วางตัวกดพลาสติก (spreader) บนแผ่นฟิล์มด้านบนแล้วออกแรงกด รอให้เจลแข็งตัวประมาณ 1 นาที ก่อนนำแผ่นไปบ่มที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามแต่ชนิดของ Petrifilm จากนั้นตรวจหาจำนวนเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างโดยการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในพื้นที่วงกลม 20 ตารางเซนติเมตร (สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร) รายงานผลของเชื้อเป็นจำนวนที่นับได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็น Log $CFUg^{-1}$

8) ข้อมูลคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ความหนา (มม.)	ค่า OTR ($cc/m^2/day$) ที่ 23°C 0% RH	ค่า WVTR ($g/m^2/day$) 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 (MD)	0.025	10,881	19.6
ถุงชนิด P-Plus	0.025	n/a	n/a
ฟิล์มยืด polyvinylchloride (PVC)	0.255	6,500*	-
ถาด PVC พร้อมฝาปิด	0.255	-	-
ถาด polyethylene terephthalate (PET) tray with dome lid	0.198	-	-
black PP tray with clear lid	0.453	-	-

หมายเหตุ * อ้างอิงจาก Jay *et al*. (2005) n/a = not available

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2556 สิ้นสุด กันยายน 2558

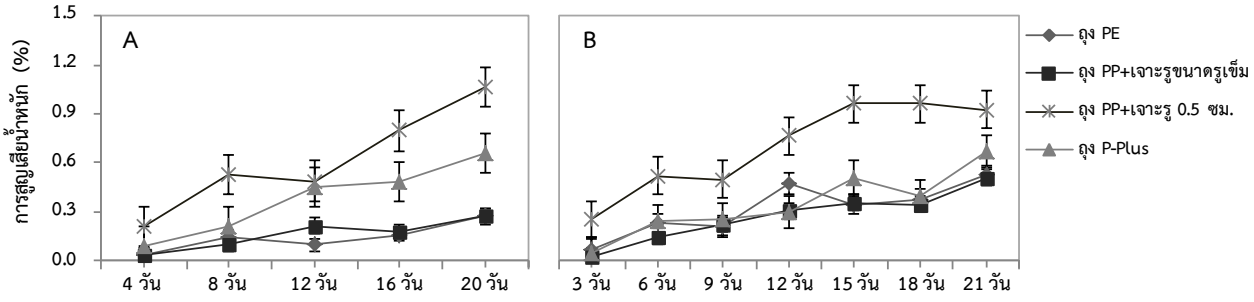
สถานที่ทำการทดลอง ตึกปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

1) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษามะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยา

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

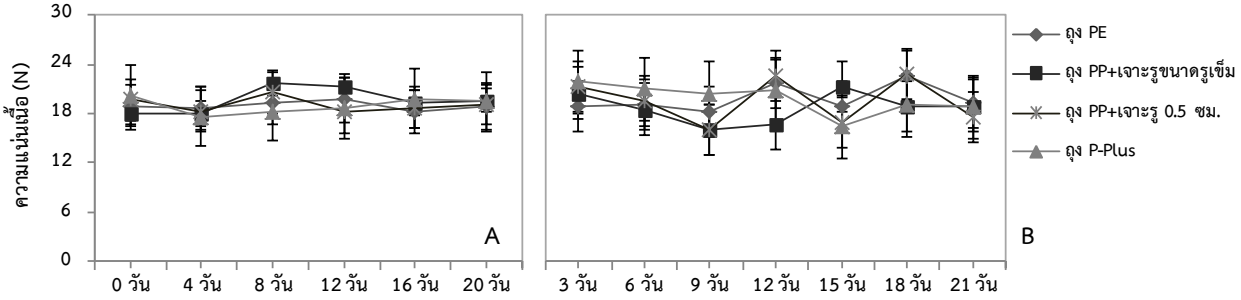
มะเขือปราะพันธุ์เจ้าพระยาทั้งแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออกในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นหลังการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยที่ทั้งสองรูปแบบมีผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน คือ มะเขือเปราะบรรจุในถุง PP แล้วเจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.06% และ 0.92% หลังการเก็บรักษานาน 20 และ 21 วัน ตามลำดับ รองลงมาคือ ถุงชนิด P-plus ส่วนการบรรจุในถุง PE และถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็มมีการสูญเสียที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7A และ 7B) ซึ่งการที่ถุง PP เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเป็นเพราะการเจาะรูที่ถุงทำให้ความชื้นสามารถระเหยออกสู่ภายนอกได้ จึงมีการสะสมของไอน้ำภายในบรรจุภัณฑ์น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ



ภาพที่ 7 การสูญเสียน้ำหนักของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อ

มะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งทั้งสองรูปแบบในทุกบรรจุภัณฑ์มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 8) แสดงให้เห็นว่าชนิดและสภาวะของบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพความแน่นเนื้อหรือความกรอบของมะเขือเปราะ

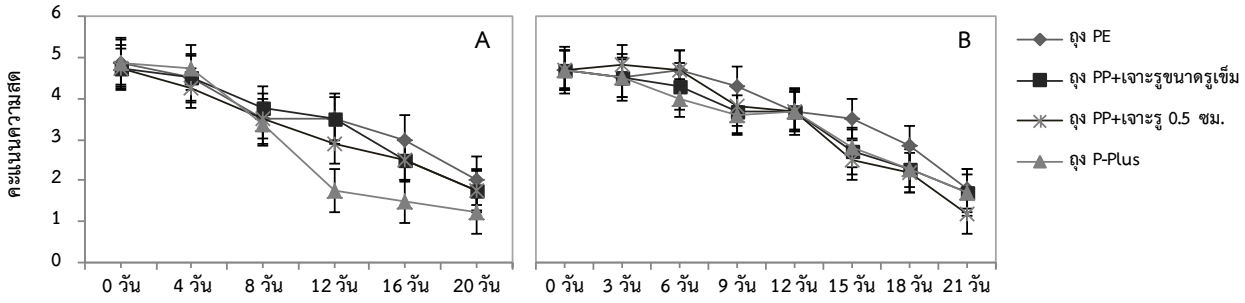


ภาพที่ 8 ความแน่นเนื้อของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

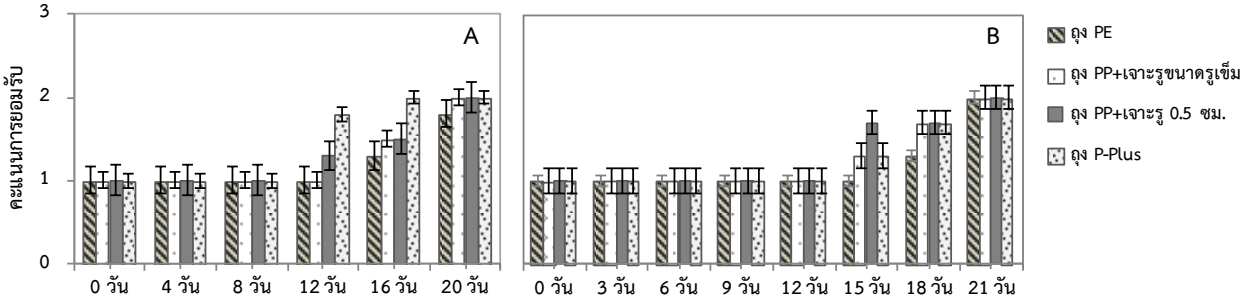
ความสด และคุณภาพการยอมรับ

มะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งทั้งสองรูปแบบมีคะแนนความสดลดลงหลังการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยมะเขือเปราะที่ตัดแต่งขั้วและกลีบเลี้ยงออกมีการลดลงของคะแนนความสดช้ากว่ามะเขือเปราะที่ยังเหลือขั้วผล (ภาพที่ 9) ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและการเหี่ยวของผลมะเขือเกิดขึ้นที่บริเวณกลีบเลี้ยงชัดเจนและเร็วกว่าบริเวณอื่น (Diaz-Perez, 1998) จึงทำให้คุณภาพและคะแนนความสดลดลง

มะเขือเปราะที่ผ่านการตัดแต่งทั้งสองรูปแบบแล้วบรรจุในถุง PE ก่อนเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส มีคะแนนคุณภาพการยอมรับที่ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ที่อายุการเก็บรักษานาน 16 และ 18 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 คะแนนความสดของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 10 คะแนนการยอมรับของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร (A) และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก (B) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 คือ ยอมรับ และคะแนน 2 คือ ไม่ยอมรับ)

อายุการเก็บรักษา

จากตารางที่ 2 แสดงอายุการเก็บรักษาของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาที่รูปแบบการตัดแต่งและบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่า มะเขือเปราะแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของกลีบเลี้ยง ซึ่งทำให้ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของมะเขือ อย่างไรก็ตาม ผลที่บรรจุในถุง PE มีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไม่ชัดเจนจึงสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยสามารถเก็บได้นานถึง 16 วัน สำหรับผลมะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งกลีบเลี้ยงออกก่อนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบเดียวกัน พบว่า หลังเก็บรักษานาน 3 วัน บริเวณรอยตัดเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับนานกว่า 16 วัน ยกเว้นผลที่

บรรจุในถุง PP เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร ผลมะเขือเปราะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าเนื่องจากการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของผิวผลและการเหี่ยวแห้งที่รอยตัดบริเวณกลีบเลี้ยงจากการสูญเสียน้ำ โดยผลมะเขือบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ คือ ถุง PE ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม ถุง PP เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร และถุง P-plus มีอายุการเก็บรักษานาน 18 16 13 และ 16 วัน ตามลำดับ

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ PE ความหนา 25 ไมครอน ให้ผลดีและเหมาะสำหรับการบรรจุมะเขือเปราะ โดยช่วยให้เก็บรักษามะเขือเปราะที่มีการตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 เซนติเมตร และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออกได้นาน 16 และ 18 วัน ตามลำดับ อีกทั้งถุง PE มีต้นทุนต่อใบในราคาที่ไม่สูงมาก (0.50 บาท) ทำให้สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

ตารางที่ 2 อายุการเก็บรักษาของมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาแบบตัดแต่งขั้วผลเหลือ 1 ซม. และแบบตัดแต่งขั้วผลและกลีบเลี้ยงออก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

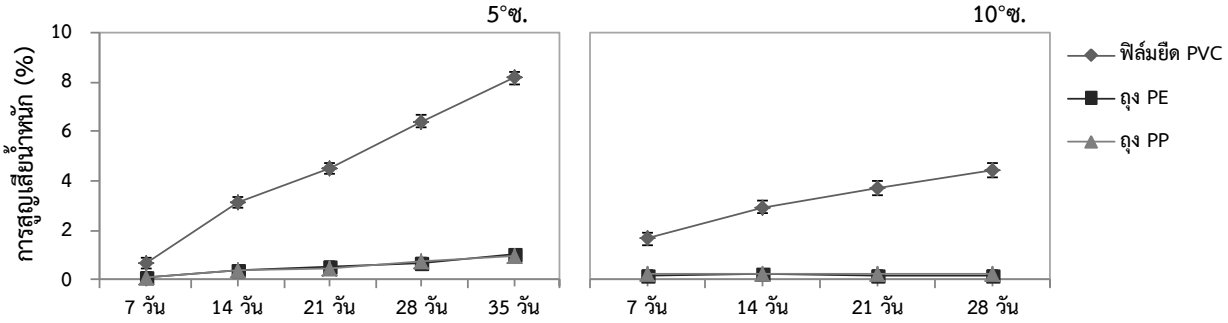
กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน) ที่อุณหภูมิ 15°ซ.	
	มะเขือเปราะไว้กลีบเลี้ยง + ก้านผลยาวไม่เกิน 1 ซม.	มะเขือเปราะที่ตัดขั้วและกลีบเลี้ยงออก
บรรจุถุงชนิด PE	16.0 a	18.0 a[1/]
บรรจุถุงชนิด PP+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 8 รู	14.7 a	16.0 a
บรรจุถุงชนิด PP+เจาะรูขนาด Ø 0.5 ซม. จำนวน 8 รู	13.3 a	13.0 b
บรรจุถุงชนิด P-plus	9.3 b	16.0 a
%CV	**15.0**	**9.5**

[1/]ตัวอักษร ab ที่แตกต่างกันในตารางที่คอลัมภ์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) โดยวิธี DMRT

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ด

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

สะตอแกะเมล็ดทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามการเสื่อมสภาพของเมล็ดสะตอตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 11) สอดคล้องกับผลการทดลองของ กิติพงษ์ และคณะ (2549) ในการศึกษาการเก็บรักษาฝักสะตอข้าวที่เคลือบสารเคลือบสารคาร์นูบาแว็กซ์ทางการค้าในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักของฝักสะตอเพิ่มขึ้นตามการเสื่อมเสียของฝักสะตอ โดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาจากที่ระยะเวลาเริ่มต้นถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นการสูญเสียน้ำหนักของฝักสะตอข้าวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สำหรับผลของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุ พบว่า เมล็ดสะตอที่บรรจุถาดแล้วหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (ถุง PE และถุง PP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 5 และ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 11) ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างในคุณสมบัติและวิธีการบรรจุของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งถุง PE และ PP มีลักษณะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึก ประกอบกับคุณสมบัติของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่ไม่ได้สูงมากนัก (18.2 และ 14.8 g/m^2/day ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ตามลำดับ) ขณะที่การหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีช่องที่ไอน้ำสามารถระเหยออกมาได้จึงทำให้การสูญเสียความชื้นและน้ำหนักเกิดขึ้นสูงกว่าบรรจุภัณฑ์อีกสองชนิด

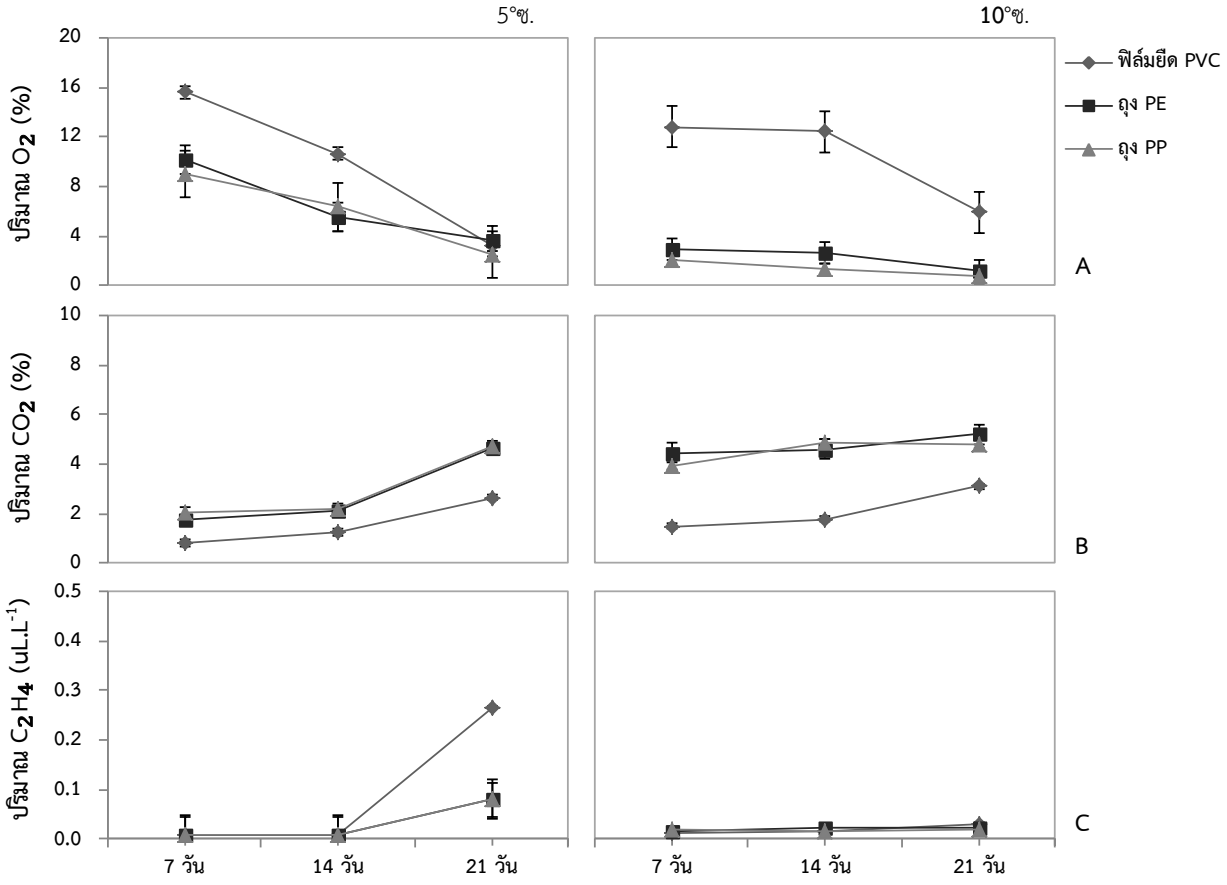


ภาพที่ 11 การสูญเสียน้ำหนักของสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

เมล็ดสะตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน คือ มีการลดลงของปริมาณ O_2 และการเพิ่มขึ้นของปริมาณ CO_2 ช้ากว่าบรรจุภัณฑ์อีกสองชนิด (ภาพที่ 12A และ 12B) ทั้งนี้เนื่องจากการห่อหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC ยังคงมีช่องว่างที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ ทำให้มีการไหลเข้าของ O_2 และการไหลออกของ CO_2 แม้ว่าฟิล์มยืด PVC มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 เท่ากับ 6,500 cc/m^2/day (Jay *et al*., 2005) ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ PE และ PP

(10,262 และ 9,963 cc/m^2/day ที่ 23°C 0% RH ตามลำดับ) โดยเมล็ดสะตอซึ่งถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE และ PP ในสภาวะปิดผนึกแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เกิดการลดลงของปริมาณ O_2 และการเพิ่มของ CO_2 เร็วกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะการเก็บรักษาผลิตผลสดในอุณหภูมิต่ำสามารถช่วยควบคุมอัตราการหายใจให้ช้าลงได้ (จริงแท้, 2549; นิธิยาและดนัย, 2548) ส่วนปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิดของเมล็ดสะตอเก็บรักษาที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณ C_2H_4 ที่วัดได้มีค่าต่ำและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 12C) ที่เป็นเช่นนี้เพราะสะตอเป็นพืชประเภท non-climacteric ซึ่งมีการสร้างก๊าซ C_2H_4 ภายในเนื้อเยื่อแต่ในอัตราหรือปริมาณที่ต่ำ (Kays, 1991)

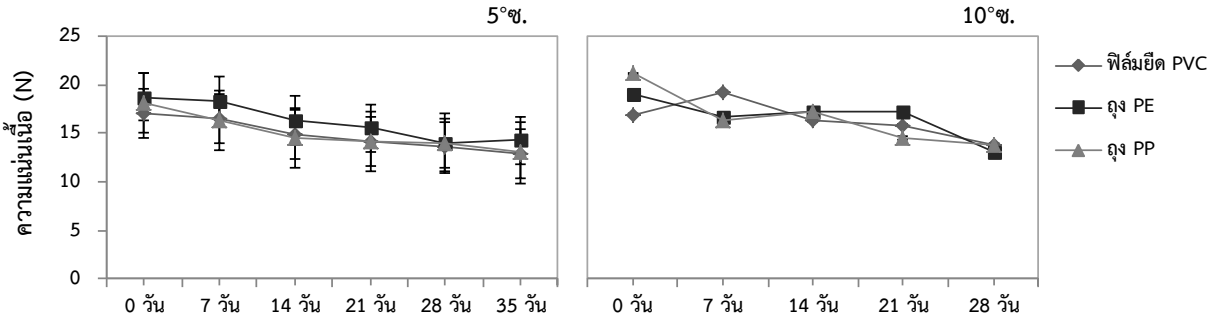


ภาพที่ 12 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) CO_2 (B) และ C_2H_4 (C) ภายในบรรจุภัณฑ์ของสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของเมล็ดสะตอในบรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย 18.0 และ 19.0 นิวตัน ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ในวันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นลดลงเป็น 13.4 และ 13.6 นิวตัน ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

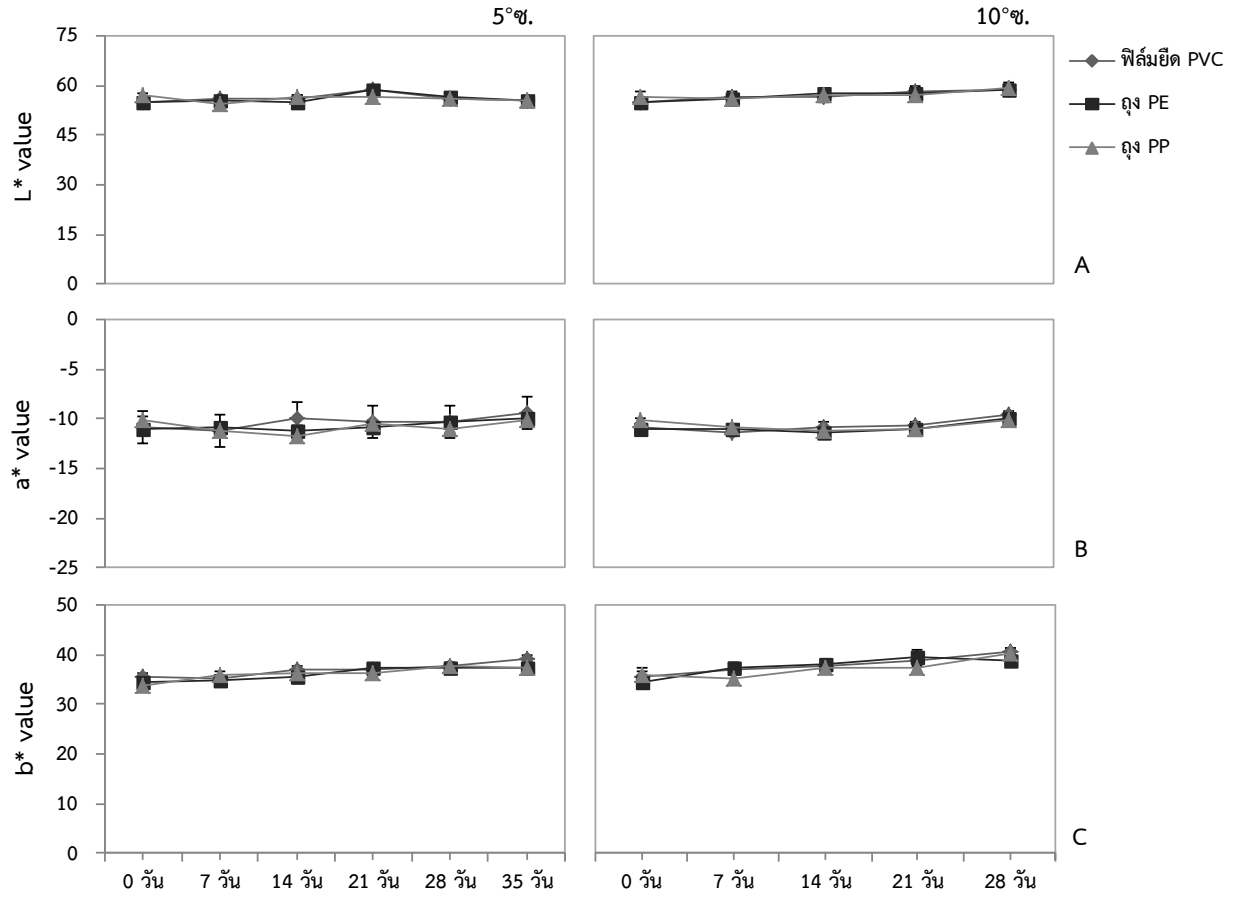
(ภาพที่ 13) แสดงให้เห็นว่า บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเมล็ดสะตอ



ภาพที่ 13 ความแน่นเนื้อของสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสี ความสด และคุณภาพการยอมรับ

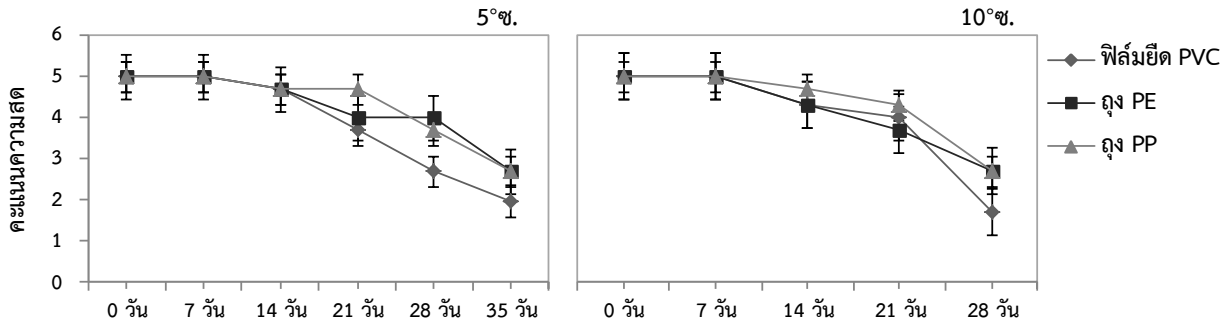
การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดสะตอระหว่างการเก็บรักษาจากการวัดค่าสีเมล็ดในรูปค่า L* a* และ b* ตามระบบฮันเตอร์ (Hunter) พบว่า ค่า L* หรือค่าความสว่างของผิวเมล็ดสะตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิด (PVC PE หรือ PP) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 55.6 และ 57.3 ตามลำดับ (ภาพที่ 14A) ขณะที่ค่า a* ของเมล็ดสะตอทุกกรรมวิธีมีค่าเป็นลบตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา แสดงว่า เมล็ดสะตอยังคงมีความเป็นสีเขียวอยู่บนเมล็ด แต่ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นการบ่งบอกว่าเมื่อเก็บรักษาเมล็ดสะตอนานขึ้น ค่าความเป็นสีเขียวของเมล็ดสะตอลดลง และการที่ค่า a* ของเมล็ดสะตอทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติมีความหมายว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเขียวของเมล็ดสะตอ (ภาพที่ 14B) ส่วนค่า b* ของเมล็ดสะตอในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีค่าเป็นบวกและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 34.7 ถึง 37.9 และ 35.4 ถึง 39.9 ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 14C) แสดงให้เห็นว่า เมล็ดสะตอมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกันกับค่า L* และ a* ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีผลสอดคล้องกับการศึกษาของ กิติพงษ์และคณะ (2549) ในส่วนของค่า a* ที่พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดสะตอนานขึ้น



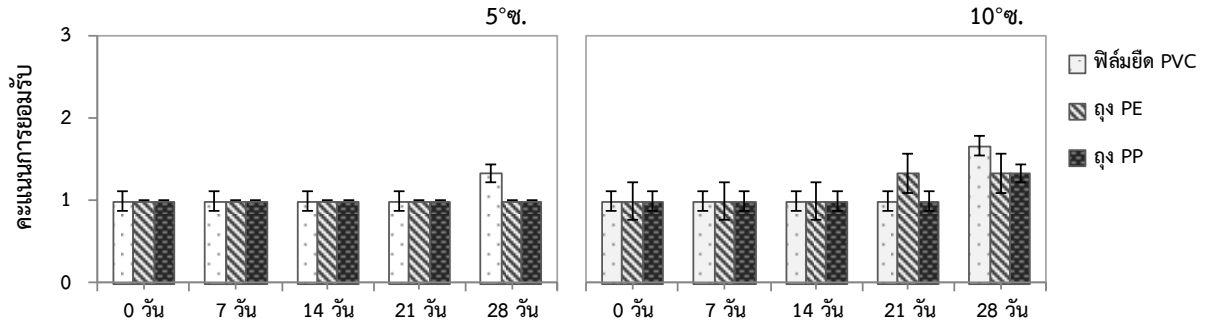
ภาพที่ 14 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (L* a* และ b*) ของสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

สำหรับค่าคะแนนความสดของเมล็ดสะตอ พบว่า ทุกกรมวิธีมีคะแนนความสดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษาดังแสดงในภาพที่ 15 โดยเมล็ดสะตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC มีคะแนนความสดลดลงเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นทั้งสองอุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมล็ดสะตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC มีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษามากกว่าบรรจุภัณฑ์ PE และ PP ซึ่งการที่ผลิตผลสดมีการสูญเสียน้ำมากขึ้นส่งผลให้การเสื่อมเสียลักษณะทางกายภาพของผลิตผลสดเกิดเร็วขึ้น (จริงแท้, 2549) นอกจากนี้ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความสดของเมล็ดสะตอ เห็นได้จากเมล็ดสะตอเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส มีค่าคะแนนความสดที่ลดลงช้ากว่าเมล็ดสะตอซึ่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส โดยคะแนนความสดของเมล็ดสะตอที่ 5 องศาเซลเซียสมีค่าต่ำกว่า 3 คะแนน (เมล็ดสะตอสดมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อมีคะแนนความสดต่ำกว่า 3 คะแนน) เมื่อเก็บรักษานาน 35 วัน ด้วยบรรจุภัณฑ์ PE และ PP และ 28 วัน สำหรับเมล็ดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC ขณะที่เมล็ดสะตอในทุกบรรจุภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนความสดลดลงถึง 3 คะแนน หลังการเก็บรักษานาน 28 วัน (ภาพที่ 15) ซึ่งจากค่าคะแนนความสดนี้ส่งผลต่อการให้คะแนนการยอมรับของเมล็ดสะตอที่พบว่า เมล็ดสะตอที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC มีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับเร็วกว่า

บรรจุภัณฑ์อีกสองชนิด และเมล็ดสะตอเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส สูญเสียการยอมรับเร็วกว่าผลที่ 5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 16) แสดงให้เห็นว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อความสดและการเร่งปฏิกิริยาการเสื่อมสลายภายในผลิตผลสด โดยผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าช่วยรักษาความสด ชะลอการเสื่อมคุณภาพได้ดีกว่าผลที่เก็บที่อุณหภูมิที่สูงกว่า เนื่องจากการเก็บรักษาผลิตผลสดในอุณหภูมิต่ำสามารถช่วยควบคุมอัตราการหายใจให้ช้าลงได้ (จริงแท้, 2549; นิธิยาและดนัย, 2548) จึงช่วยชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตผลสดให้เกิดขึ้นช้าลงได้



ภาพที่ 15 คะแนนความสดของสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 16 คะแนนการยอมรับของสะตอพันธุ์ข้าวแกะเมล็ด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 = ยอมรับ คะแนน 2 = ไม่ยอมรับ)

อายุการเก็บรักษา

สะตอแกะเมล็ดทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 21 วัน โดยที่คุณภาพภายนอกยังเป็นที่ยอมรับไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดสะตอเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าช่วยให้เก็บรักษาได้นานกว่าเมล็ดสะตอซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงกว่า โดยเมล็ดสะตอบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE และ PP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ช่วยให้เก็บรักษาได้นานฉลี่ยถึง 30 วัน ขณะที่การ

บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC ที่อุณหภูมิเดียวกันเก็บรักษาได้นานเฉลี่ย 26 วัน ส่วนเมล็ดสะตอที่ทำการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ช่วยให้เก็บได้นาน 25 วัน สำหรับบรรจุภัณฑ์ PE และ PP และนานเพียง 23 วัน ในกรณีที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ PVC (ตารางที่ 3) ซึ่งอายุการเก็บรักษาของเมล็ดสะตอนี้สอดคล้องกับผลของคะแนนความสดและคะแนนการยอมรับ (ภาพที่ 15 และ 16) แสดงให้เห็นว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ PE หรือ PP ในการบรรจุสะตอแกะเมล็ดร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส) มีความเหมาะสมในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดสะตอได้นานขึ้นกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และสามารถแนะนำให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากต้นทุนของถุง PE และ PP ความหนา 25 ไมครอน มีราคาไม่สูงมาก (ราคา 0.50 บาท ต่อถุง) และสามารถหาซื้อได้ง่าย

ตารางที่ 3 อายุการเก็บรักษาของสะตอแกะเมล็ดที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

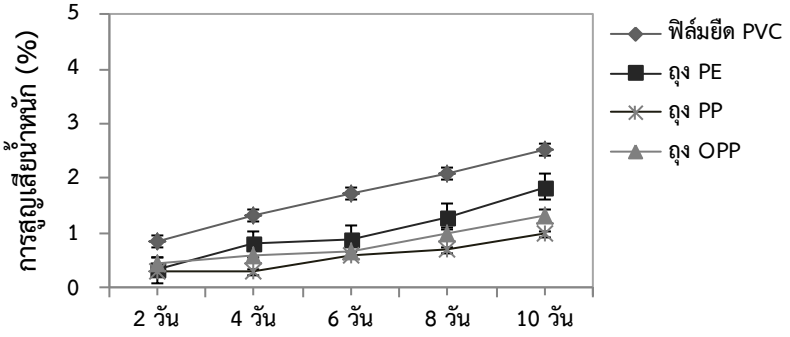
กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน) ที่อุณหภูมิ	
	5°ซ.	10°ซ.
หุ้มด้วยฟิล์ม PVC	26	23
บรรจุถุงชนิด PE	30	26
บรรจุถุงชนิด PP	30	26
%CV	**14.04 (ns)**	**16.24 (ns)**

หมายเหตุ ns หมายถึง ค่าข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

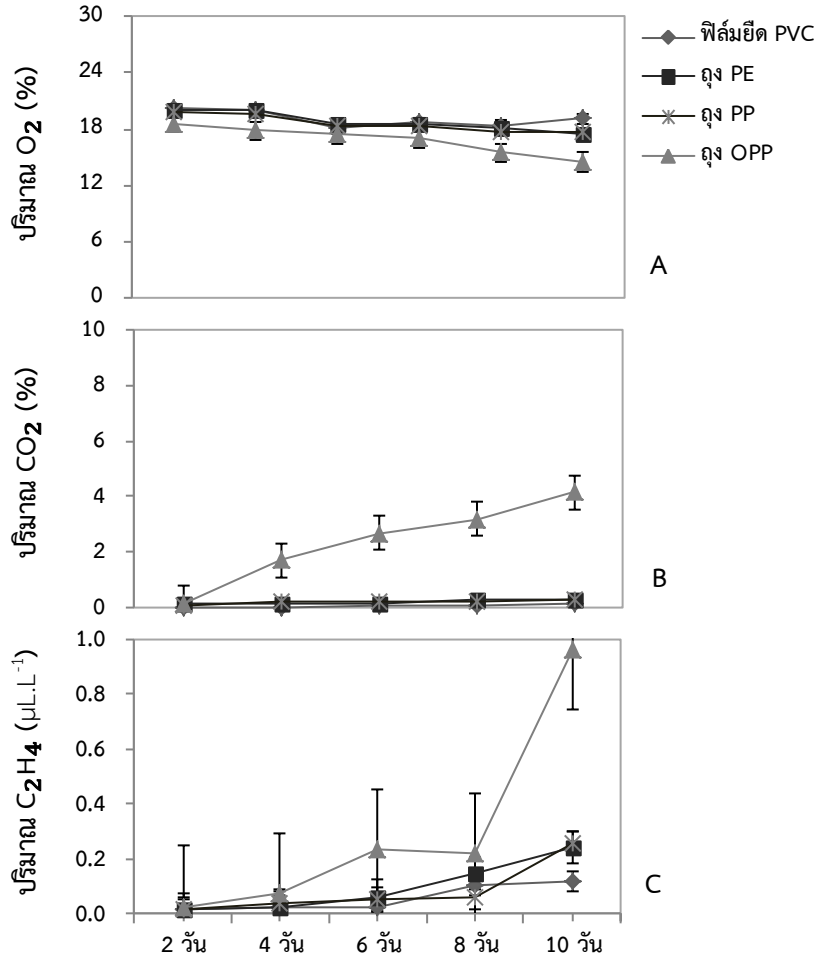
พริกหวานหั่นชิ้นพร้อมบริโภคทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยพริกหวานที่บรรจุในถาดและหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (ถุง PE PP และ OPP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 17) ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของคุณสมบัติและวิธีการบรรจุของบรรจุภัณฑ์ (เช่นเดียวกับการบรรจุสะตอแกะเมล็ด) ซึ่งถุง PE PP และ OPP มีลักษณะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึก ประกอบกับสมบัติของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้สูงมาก (18.2 14.8 และ 4.05 g/m^2/day ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ตามลำดับ) ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวยังคงมีความชื้นสะสมอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ พริกหวานจึงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำ ขณะที่การหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีช่องที่ไอน้ำสามารถระเหยออกมาได้จึงทำให้พริกหวานมีการสูญเสียความชื้นและน้ำหนักเกิดขึ้นสูงกว่าพริกหวานในบรรจุภัณฑ์อีกสามชนิด



ภาพที่ 17 การสูญเสียน้ำหนักของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณก๊าซทั้งสามชนิด (O_2 CO_2 และ C_2H_4) ภายในบรรจุภัณฑ์พริกหวานตัดแต่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน นั่นคือ ปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณลดลง ส่วนปริมาณ CO_2 มีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ขณะที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีการเพิ่มขึ้นสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเช่นเดียวกับปริมาณ CO_2 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันแรกของการทดลอง บรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP มีปริมาณ O_2 เฉลี่ย 20.2 20.0 19.8 และ 18.6% ตามลำดับ แต่หลังจากเก็บรักษานาน 10 วัน บรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP มีปริมาณ O_2 เป็น 19.1 17.5 17.5 และ 14.5% ตามลำดับ (ภาพที่ 18A) ส่วนปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 0.2 0.3 0.3 และ 4.2% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 18B) สำหรับปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP มีการเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษาเป็น 0.1 0.2 0.3 และ 1.0 $\mu L.L^{-1}$ หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 18C) ที่เป็นเช่นนี้เพราะสมบัติการซึมผ่านก๊าซ O_2 ของบรรจุภัณฑ์ OPP ที่มีค่าต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (อัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 เท่ากับ 1,352 $cc/m^2/day$) เมื่อพืชมีการนำ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์มาใช้ในการหายใจเผาผลาญอาหารสะสมจำพวกคาร์โบไฮเดรตให้เป็น CO_2 น้ำ และพลังงาน สำหรับใช้ในการดำรงชีพ (จริงแท้, 2549) ในระยะเริ่มต้นภายในบรรจุภัณฑ์ยังมีปริมาณ O_2 อยู่มาก แต่ปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ซึ่งถูกนำไปใช้นี้จะลดต่ำลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ OPP มีอัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ทำให้ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ลดต่ำลงเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเนื่องจากปริมาณ O_2 จากภายนอกที่ซึมผ่านเข้ามาภายในน้อยกว่าปริมาณที่ถูกใช้ไป ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มสูงขึ้น เพราะค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซ CO_2 ที่ต่ำ ทำให้มีการสะสมปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการหายใจภายในบรรจุภัณฑ์ OPP สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา และเช่นเดียวกันในปริมาณ C_2H_4 ผลจากสมบัติการซึมผ่านก๊าซของบรรจุภัณฑ์ ทำให้ปริมาณ C_2H_4 ที่สะสมภายในบรรจุภัณฑ์ OPP สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (PVC PE และ PP)

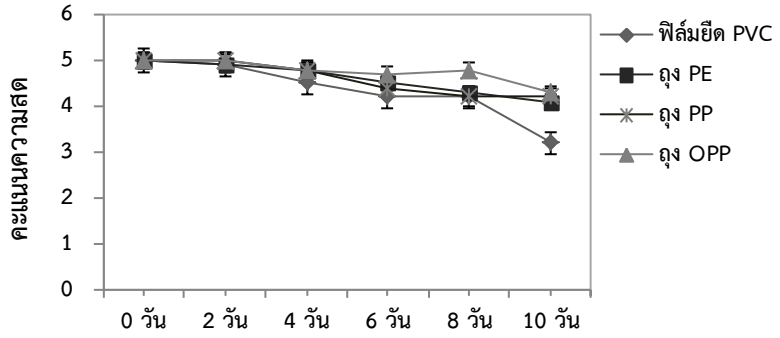


ภาพที่ 18 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) CO_2 (B) และ C_2H_4 (C) ภายในบรรจุภัณฑ์ของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

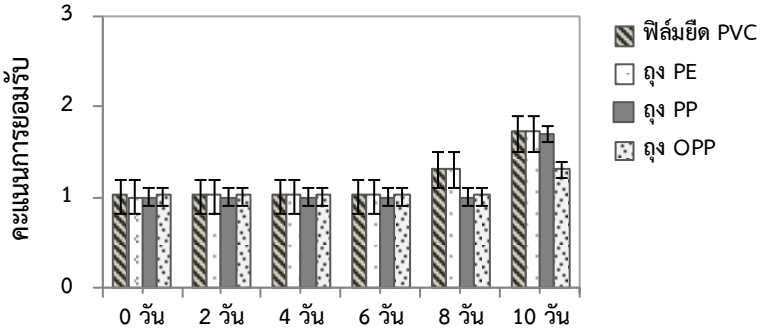
ความสด และคุณภาพการยอมรับ

พริกหวานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด OPP มีคุณภาพโดยรวมดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยมีคะแนนความสดสูงกว่า และยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้มากกว่าเมื่อเก็บรักษานานถึง 10 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ PVC มีคะแนนความสดต่ำสุดหลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 19 และ 20) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต่างกัน จึงส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมและการเสื่อมสภาพของพริกหวานมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะการสูญเสียน้ำของพริก เนื่องจากผลิตผลสดมีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจ โดยปริมาณความชื้นภายในผลิตผลสูงกว่าความชื้นที่อยู่ภายนอก น้ำที่อยู่ภายในผลิตผลจึงสูญเสียออกสู่อากาศภายนอก การสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นนี้ทำให้น้ำหนักของผลิตผลสดลดลง และส่งผลต่อคุณภาพของผลิตผลโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) และยังทำให้ผิวเหี่ยวย่น สีผิวไม่สวย ไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค (จริงแท้, 2549) ซึ่งการบรรจุพริกหวานด้วยบรรจุภัณฑ์ PVC มีการสูญเสียน้ำสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น จึงมีผลทำให้คุณภาพความสดของพริกหวานในบรรจุภัณฑ์

ชนิดนี้ลดลงเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์อีกสามชนิด นอกจากนี้ ปริมาณ O_2 ที่ลดต่ำลงและปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่ออัตราการหายใจของพริกหวาน ทั้งนี้เนื่องจากพืชมีอัตราการหายใจที่ค่อยๆ ลดลงตามการลดลงของปริมาณ O_2 และการเพิ่มขึ้นของ CO_2 และเมื่อการหายใจลดลงการเสื่อมสภาพของพืชก็เกิดช้าลงด้วย พืชจึงยังคงสภาพความสดได้นานกว่า



ภาพที่ 19 คะแนนความสดของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

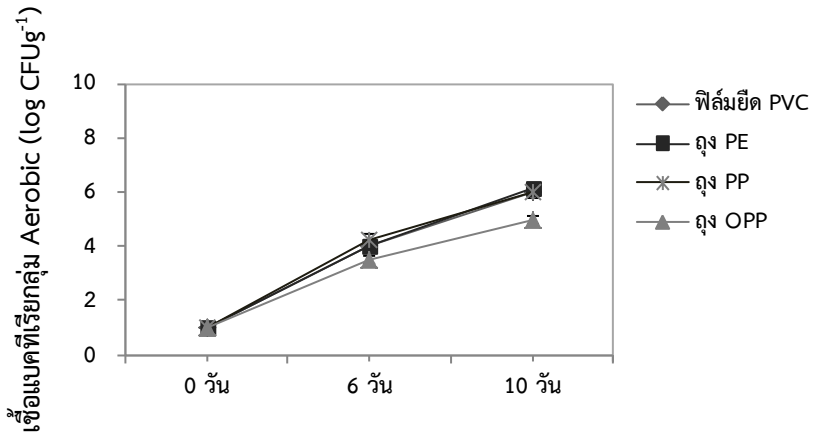


ภาพที่ 20 คะแนนการยอมรับของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 = ยอมรับ คะแนน 2 = ไม่ยอมรับ)

ปริมาณจุลินทรีย์

เมื่อเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งเป็นเวลานานขึ้นส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic) ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยพริกหวานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC PE PP และ OPP จำนวนจุลินทรีย์จากน้อยกว่า 1.0 log $CFUg^{-1}$ ในวันแรกของการเก็บรักษาทุกบรรจุภัณฑ์ และเพิ่มขึ้นเป็น 6.0 6.1 6.0 และ 5.0 log $CFUg^{-1}$ ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 21) ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ที่พบนี้อยู่ในระดับยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ที่กำหนดไว้ว่าอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีจำพวกผักผลไม้ สลัด ส้มตำ ควรมีจำนวนจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด) ต่อกรัมน้อยกว่า $1x10^6$ หรือ 6.0 log $CFUg^{-1}$

อย่างไรก็ตาม จากภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่า เชื้อจุลินทรีย์ในพริกหวานที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ CO_2 สูง และ O_2 ที่ต่ำซึ่งส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Farber *et al*., 2003)



ภาพที่ 21 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

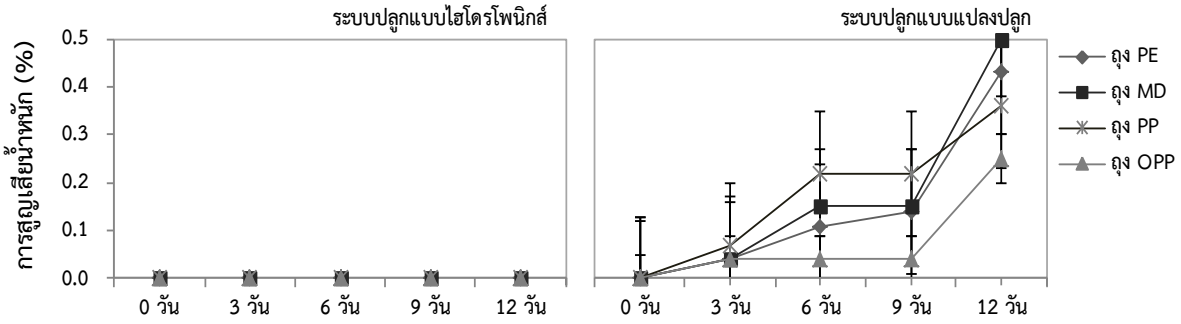
จากคะแนนการยอมรับของพริกหวานตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่า การบรรจุพริกหวานในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคะแนนการยอมรับที่ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ PVC PE และ PP แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ OPP มีความเหมาะสมในการใช้บรรจุพริกหวานตัดแต่งได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากยังคงให้คุณภาพความสดและการยอมรับที่ดีกว่า และมีปริมาณจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

4) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอส

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

ในการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่าผักสลัดกรีนคอสทุกกรรมวิธีไม่มีการสูญเสียน้ำหนักตลอดอายุการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักกรีนคอสปลูกด้วยระบบแบบแปลงปลูกมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.4 0.5 0.4 และ 0.3% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 22) ซึ่งโดยธรรมชาติของผักและผลไม้ต้องมีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ประกอบกับปริมาณความชื้นภายในผลิตผลที่มีสูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผักและผลไม้จึงพยายามเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอกตลอดเวลาทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักตามมา (จริงแท้, 2549; Kader, 2002) แต่การที่ผักสลัดกรีนคอสจากระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์นี้ไม่พบการสูญเสียน้ำหนักอาจเป็นเพราะ

ระบบการปลูกที่มีน้ำไหลเวียนผักสลัดจึงมีความชื้นสะสมสูงกว่าผักสลัดที่ปลูกด้วยระบบแปลงปลูก และเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกจึงช่วยชะลอการสูญเสียความชื้นได้นานกว่า อย่างไรก็ตาม ผักสลัดกรีนคอสในระบบแปลงปลูกที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 0.5% ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของผลิตผลที่มีการเรียงซ้อนกันรวมถึงการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปิดผนึกช่วยรักษาความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์และชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้เช่นเดียวกัน โดยที่ผักกรีนคอสที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดหลังการเก็บรักษานาน 12 วัน เพราะในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผักมีอัตราการหายใจต่ำที่สุดเนื่องจากมีปริมาณ O_2 ลดต่ำลงและปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 23A และ 23B) ส่งผลให้เกิดการคายน้ำออกจากผิวใบต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

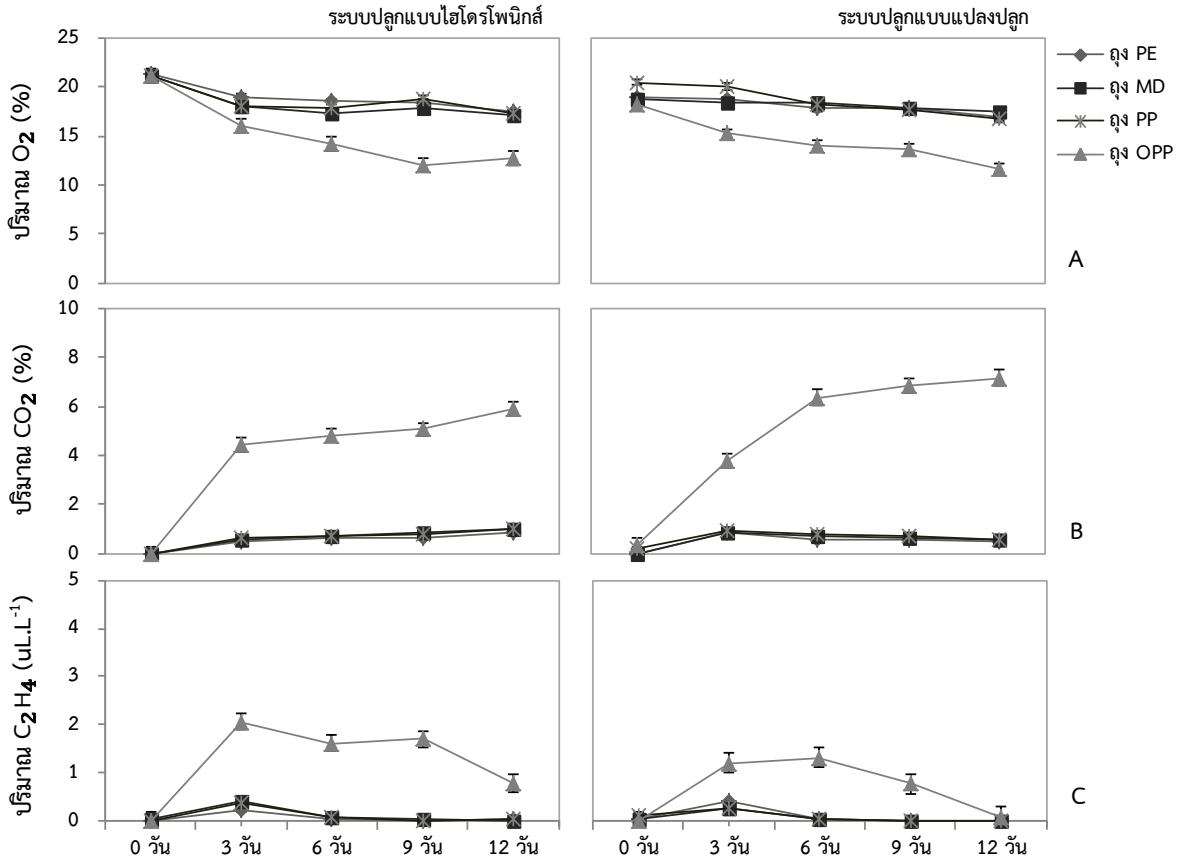


ภาพที่ 22 การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

หลังการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งทั้งในระบบการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์และแบบแปลงปลูกนาน 12 วัน ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่า ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่ผักกรีนคอสในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์มีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP จาก 21.3 21.2 21.2 และ 21.2% ตามลำดับ ในวันแรกของการเก็บรักษา ลดลงเหลือ 17.5 17.1 17.3 และ 12.7% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักสลัดที่ปลูกในระบบแปลงปลูกมีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ในวันแรกเฉลี่ย 19.0 18.8 20.5 และ 18.3% ตามลำดับ จากนั้นลดลงเหลือ 16.9 17.5 16.7 และ 11.7 ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 23A) เช่นเดียวกันกับปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดกรีนคอส จากภาพที่ 23B แสดงให้เห็นว่า ผักสลัดที่เก็บเกี่ยวจากทั้งสองระบบการปลูกแล้วเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ CO_2 สะสมภายในสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ OPP มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 ต่ำกว่าถุงชนิดอื่น (อัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 ของบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP คือ 10,262 10,881 9,963 และ 1,352 cc/m^2/day ตามลำดับ) ซึ่งการที่บรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณ O_2 ลดต่ำลงมากและมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นสูงมากกว่าบรรุภัณฑ์ชนิดอื่น

นี้ส่งผลให้อัตราการหายใจของผักสลัดกรีนคอสต่ำกว่าผักที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ส่วนปริมาณ C_2H_4 ที่เกิดภายในบรรจุภัณฑ์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณ C_2H_4 ไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นหลังการเก็บรักษานาน 3 วัน จากนั้นเริ่มลดน้อยลงตลอดระยะเวลาที่แก็รักษา โดยที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ PE MD และ PP มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา แต่ปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณที่สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 23C) การที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อาจเพราะบรรจุภัณฑ์ขนิดนี้มีสมบติการซึมผ่านก๊าซต่ำ ทำให้ก๊าซ C_2H_4 มีการสะสมภายในบรรจุภัณฑ์มากกว่า จึงมีปริมาณ C_2H_4 สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา

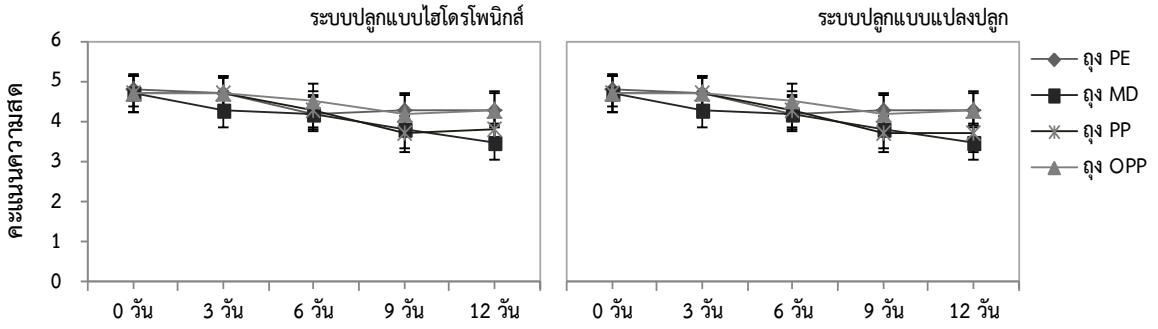


ภาพที่ 23 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) CO_2 (B) และ C_2H_4 (C) ภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

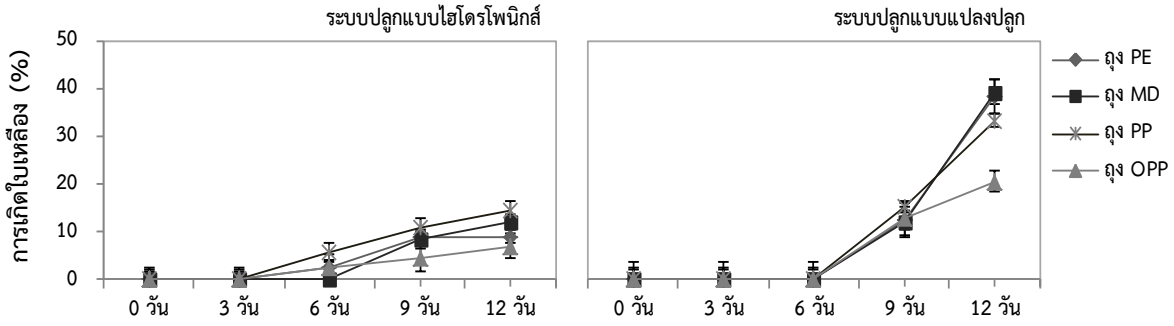
คุณภาพภายนอก

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพภายนอกของผักสลัดกรีนคอส ได้แก่ ความสด การเกิดใบเหลือง การเกิดรอยตัดเป็นสีน้ำตาล พบว่า ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP มีคะแนนความสดที่ดีกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง และเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ หลังการเก็บรักษานาน

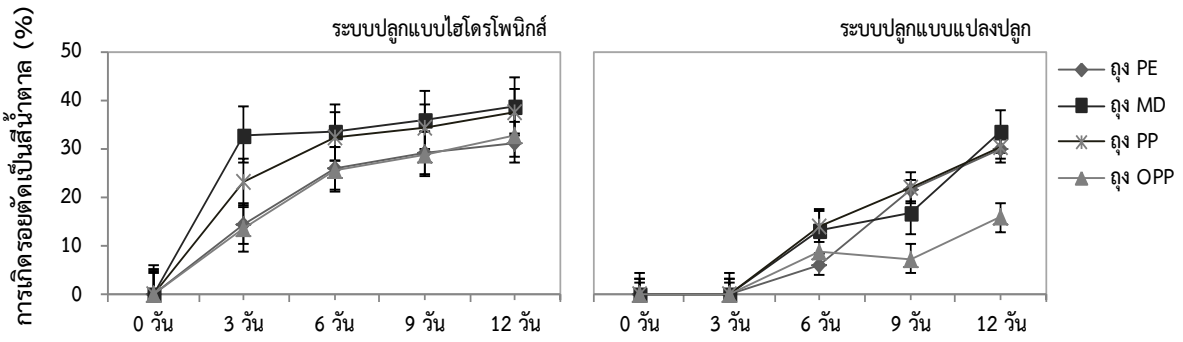
12 วัน (ภาพที่ 24 25 และ 26) โดยผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์และแปลงปลูกให้ผลการทดลองไปในแนวทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากการให้คะแนนความสด พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ PE และ OPP มีแนวโน้มในการช่วยรักษาความสดของผักได้ดีกว่า PP และ MD (ภาพที่ 24) ส่วนการเกิดใบเหลืองของผักสลัด พบว่า ระบบการปลูกในแปลงปลูกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองสูงกว่าผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ (ภาพที่ 25) แต่ในกรณีของการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดของผักสลัด พบว่า ระบบการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดของผักเร็วและสูงกว่าระบบแปลงปลูก (ภาพที่ 26) ทั้งนี้ระบบการปลูกที่มีการใช้วัสดุปลูกและการจัดการที่ต่างกันอาจส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของผัก ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่นำไปสู่การเสื่อมคุณภาพของผักที่แตกต่างกันได้



ภาพที่ 24 คะแนนความสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



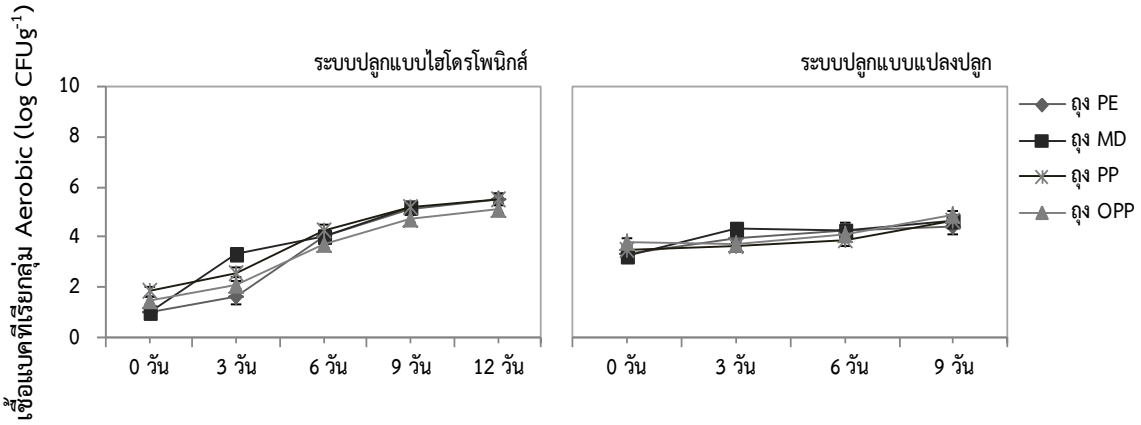
ภาพที่ 25 การเกิดใบเหลืองของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 26 การเกิดรอยตัดเป็นสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

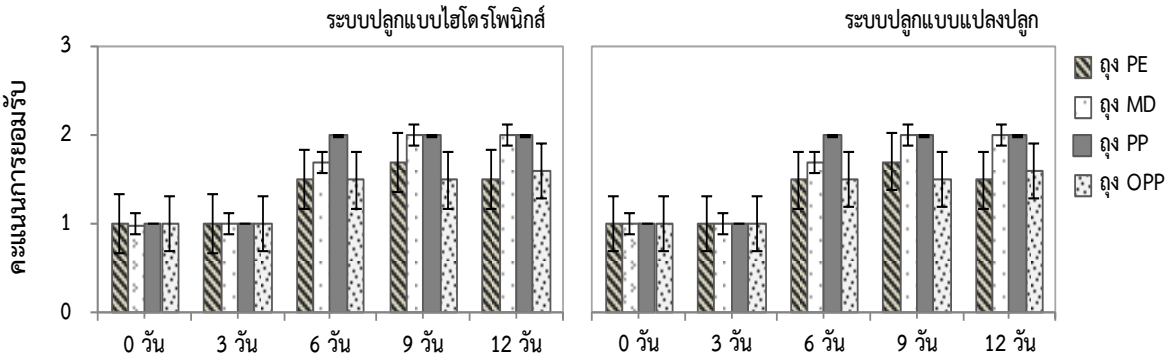
เมื่อเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่เก็บเกี่ยวจากทั้งระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์และระบบแปลงปลูกเป็นเวลานานขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 27) ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ที่พบนี้ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ซึ่งกำหนดไว้ว่าอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีจำพวกผักผลไม้ สลัด ส้มตำ ควรมีจำนวนจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด) ต่อกรัมน้อยกว่า $1x10^6$ หรือ 6.0 log $CFUg^{-1}$



ภาพที่ 27 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

คุณภาพการยอมรับและอายุการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 28 พบว่า ทั้งสองระบบการปลูกของผักสลัดกรีนคอสมีคะแนนการยอมรับระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ไม่ต่างกัน โดยหลังการเก็บรักษานาน 3 วัน ผักกรีนคอสเริ่มมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับมากขึ้น อย่างไรก็ตาม จากคะแนนคุณภาพการยอมรับโดยเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ PE และ OPP ยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ MD ยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้หลังการเก็บรักษานาน 6 วัน ส่วนผักที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP มีคุณภาพการยอมรับต่ำที่สุด โดยสามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 3 วัน การที่บรรจุภัณฑ์ OPP ช่วยให้สามารถเก็บรักษาผักสลัดได้นาน เนื่องจากสมบัติการซึมผ่านก๊าซของ OPP ที่ส่งผลให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซ O_2 ลดต่ำลง และมีปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งระดับของก๊าซที่เกิดขึ้นลักษณะนี้ทำให้ผักสลัดมีอัตราการหายใจที่ต่ำลงจึงช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผักได้ ส่วนบรรจุภัณฑ์ PE มีปริมาณ O_2 สูงและปริมาณ CO_2 ต่ำกว่า OPP แต่ยังคงสามารถคงความสด ชะลอการเกิดใบเหลืองและการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดได้เช่นเดียวกัน อาจเป็นเพราะสมบัติของ PE ที่นำมาใช้ในการบรรจุนี้มีความหนาค่อนข้างต่ำ (ความหนา 0.025 มิลลิเมตร) และมีสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำที่แม้จะสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ OPP และ PP แต่ก็อยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก (อัตราการซึมผ่านไอน้ำ 18.2 g/m^2/day) จึงยังช่วยคงความสดของผักสลัดกรีนคอสในระหว่างการเก็บรักษาได้แม้จะมีการคายน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจของผลิตผลสด ขณะที่บรรจุภัณฑ์ PP มีความหนาสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นจึงอาจทำให้มีผลกระทบต่อคุณภาพของผักสลัดที่บรรจุ ส่วนบรรจุภัณฑ์ MD เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความหนาต่ำแต่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ (อัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 10,881 cc/m^2/day และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 19.6 g/m^2/day) ซึ่งอาจเป็นคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสจึงทำให้คุณภาพของผักสลัดไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

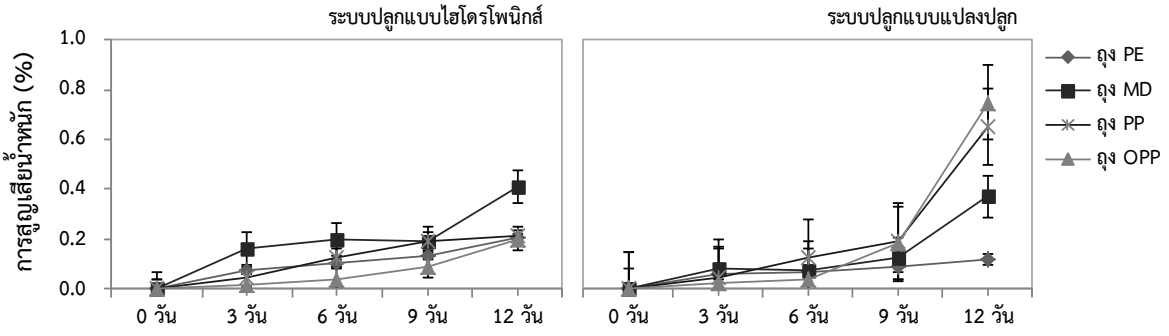


ภาพที่ 28 คะแนนการยอมรับของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (คะแนน 1 = ยอมรับ คะแนน 2 = ไม่ยอมรับ)

5) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดบัตเตอร์เฮด

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดบัตเตอร์เฮดเป็นไปเช่นเดียวกับผักสลัดกรีนคอส คือ ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมของการสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดที่เก็บเกี่ยวจากสองระบบการปลูกอยู่ในระดับต่ำ คือ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่ถึง 1% แม้ผักสลัดที่ปลูกในระบบแปลงปลูกแล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์บางชนิด (PP และ OPP) มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นหลังการเก็บรักษานาน 12 วัน แต่ผลที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 29) โดยภาพรวมแล้วผักสลัดบัตเตอร์เฮดทั้งสองระบบการปลูกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของผลิตผลที่มีการเรียงซ้อนกันภายในบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปิดผนึกช่วยรักษาความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์และชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดี

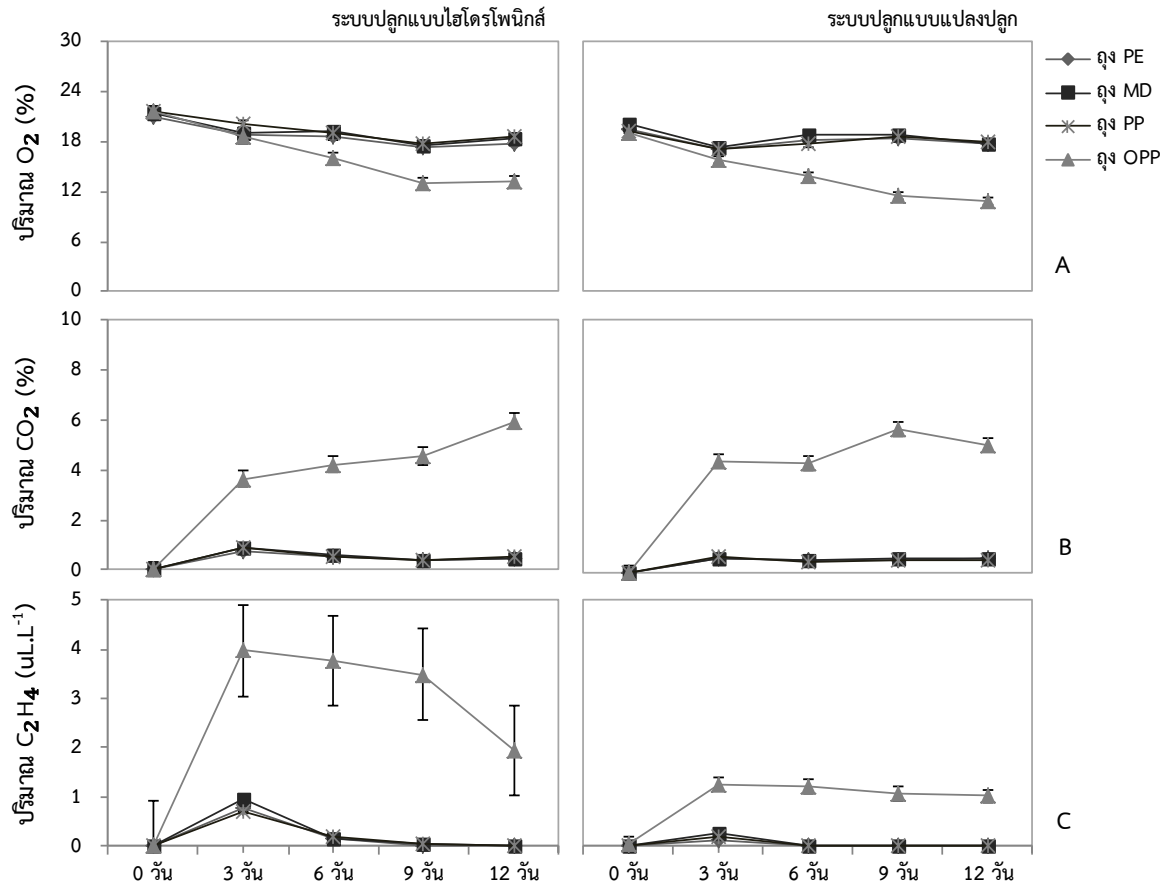


ภาพที่ 29 การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

ผักสลัดบัตเตอร์เฮดให้ผลการทดลองไปในทางเดียวกับผักสลัดกรีนคอส คือ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน บรรจุภัณฑ์ OPP มีการลดลงของปริมาณ O_2 มากกว่าและมีการสะสมของปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีแนวโน้มของปริมาณ O_2 และ CO_2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งผักที่ปลูกในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์และระบบแปลงปลูก (ภาพที่ 30) โดยที่ปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ของผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์ลดลงจาก 20.9 21.5 21.6 และ 21.6% ตามลำดับในวันแรกของการเก็บรักษา เหลือ 17.8 18.4 18.6 และ 13.2% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักสลัดที่ปลูกในระบบแปลงปลูกมีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ในวันแรกจาก 19.5 20.0 19.4 และ 19.1% ตามลำดับ ลดลงเหลือ 17.8 17.7 17.9 และ 10.8 ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 30A) ส่วนปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ PE MD PP และ OPP ของผัก

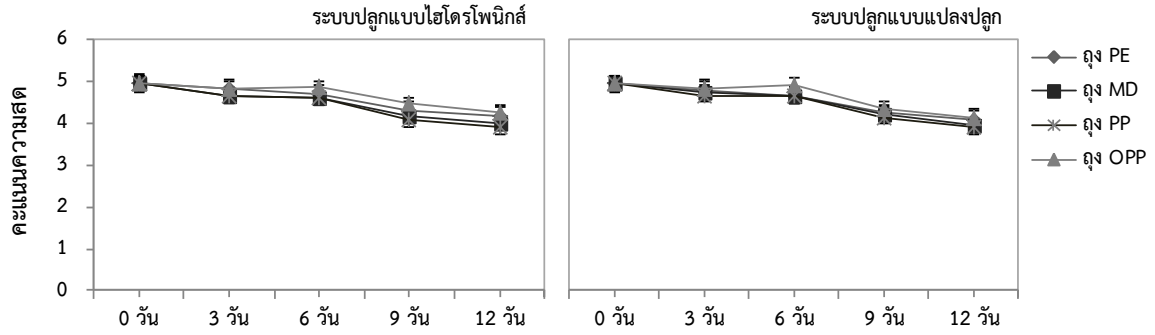
สลัดบัตเตอร์เฮดในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์มีการเพิ่มขึ้นเป็น 0.5 0.5 0.5 และ5.9% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน ขณะที่ผักสลัดในระบบปลูกแบบแปลงปลูกมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 0.6 0.6 0.5 และ 5.08% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 30B) และสำหรับปริมาณ C_2H_4 ที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดของผักสลัดทั้งสองระบบปลูก พบว่า PE MD และ PP มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา โดยปริมาณ C_2H_4 เพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุดหลังการเก็บรักษานาน 3 วัน ที่ปริมาณ C_2H_4 เฉลี่ย 0.77 0.95 และ 0.70% ตามลำดับ ในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ และมีปริมาณ 0.13 0.25 และ 0.20% ตามลำดับ ในระบบปลูกแบบแปลงปลูก จากนั้นปริมาณ C_2H_4 ของทุกบรรจุภัณฑ์ในทั้งสองระบบปลูกเริ่มลดต่ำลงและมีปริมาณคงที่อยู่ที่ค่าเฉลี่ย 0.01% ขณะที่ปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ OPP มีแนวโน้มเช่นเดียวกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ แต่ปริมาณ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์มีค่าสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 30C) การที่ปริมาณ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีปริมาณสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อาจเพราะบรรจุภัณฑ์ขนิดนี้มีสมบติการซึมผ่านก๊าซต่ำ ทำให้ก๊าซ C_2H_4 มีการสะสมภายในบรรจุภัณฑ์มากกว่า จึงมีปริมาณ C_2H_4 สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา



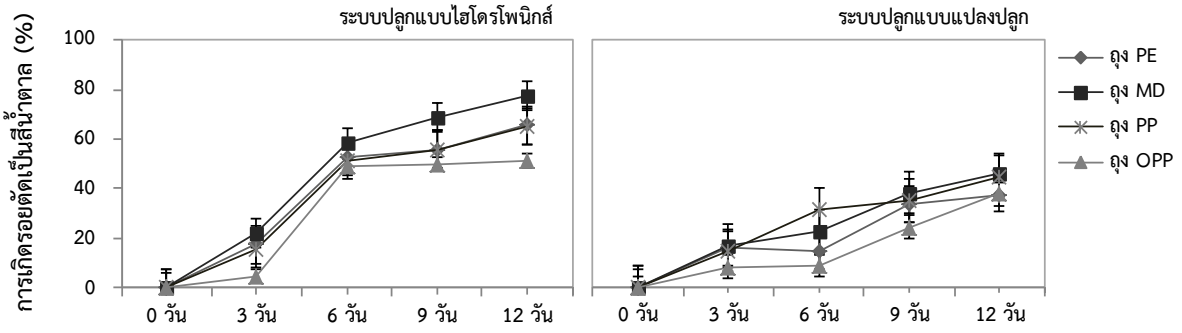
ภาพที่ 30 ปริมาณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

คุณภาพภายนอก

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพภายนอกของผักสลัดบัตเตอร์เฮด ได้แก่ ความสด และการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด พบว่า ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดจากทั้งสองระบบการปลูกมีคะแนนความสดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 31) สำหรับการเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดของผักสลัด พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกไฮโดรโพนิกส์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดสูงกว่าผักที่ปลูกในระบบแปลงปลูก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระบบการปลูกที่แตกต่างกันจึงส่งผลต่อกิจกรรมภายในของพืชที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดของผักสลัดทั้งสองระบบการปลูกมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ MD มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่สูงกว่า ขณะที่ผักสลัดในบรรจุภัณฑ์ OPP มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลที่ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 32) ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของบรรจุภัณฑ์ MD ที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 ค่อนข้างสูง (10,881 cc/m^2/day) ทำให้การทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดสารสีน้ำตาลบนเนื้อเยื่อพืชสามารถทำงานได้ดี (Marshall *et al*., 2000) ผักสลัดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ MD จึงมีการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ขณะที่ผักสลัดในบรรจุภัณฑ์ OPP ซึ่งมีคุณสมบัติของอัตราการซึมผ่านของ O_2 ต่ำ (1,352 cc/m^2/day) จึงมีการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัดระหว่างการเก็บรักษาต่ำที่สุด



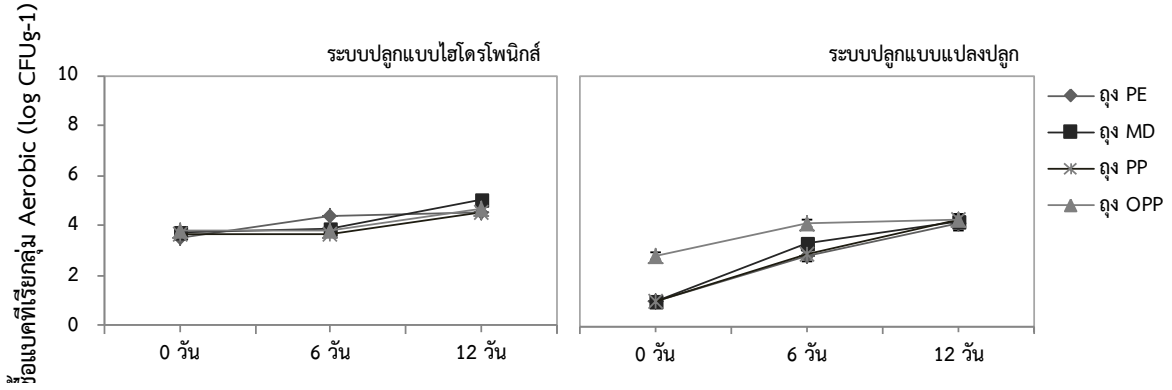
ภาพที่ 31 คะแนนความสดของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 32 การเกิดสีน้ำตาลบนรอยตัดของผักผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

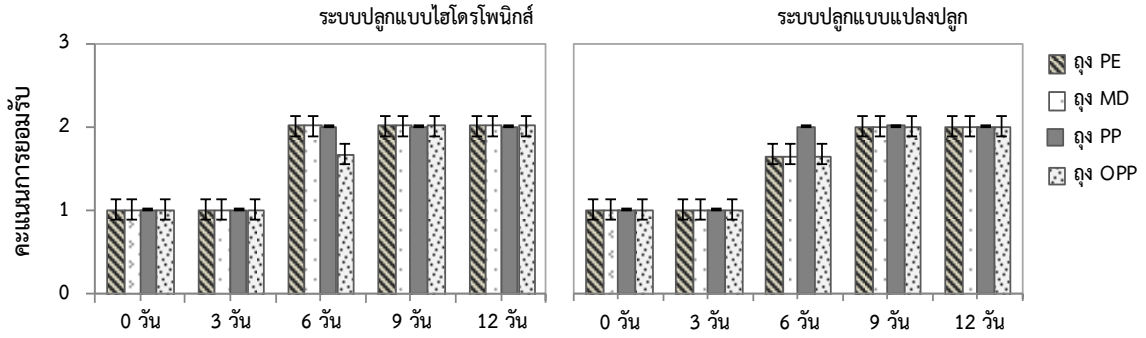
เมื่อเก็บรักษาผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งที่เก็บเกี่ยวจากทั้งระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์และระบบแปลงปลูกมีจำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษา (ภาพที่ 33) อย่างไรก็ตาม ปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นนี้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ตลอดระยะเวลาที่เก้บรักษา (ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดต่อกรัมน้อยกว่า $1x10^6$ หรือ 6.0 log $CFUg^{-1}$) โดยผักสลัดจากระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณสูงกว่าผักสลัดในระบบปลูกแบบแปลงปลูกเล็กน้อย ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ผักสลัดระบบแปลงปลูกมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติยกวันบรรจุภัณฑ์ OPP ที่มีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเล็กน้อย (ภาพที่ 33) อย่างไรก็ตาม ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้



ภาพที่ 33 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

คุณภาพการยอมรับและอายุการเก็บรักษา

โดยภาพรวมจากคะแนนการยอมรับ พบว่า ผักสลัดบัตเตอร์เฮดมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นไม่เกิน 6 วัน โดยผักสลัดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP ทั้งสองระบบปลูกยังคงมีคะแนนคุณภาพเป็นที่ยอมรับที่อายุการเก็บรักษานาน 6 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ PE และ MD ในระบบปลูกแบบแปลงปลูกมีคุณภาพการยอมรับเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน แต่ผักในระบบปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ไม่เป็นยอมรับที่อายุการเก็บรักษาดังกล่าว ส่วนผักสลัดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับที่อายุการเก็บรักษานาน 6 วัน (ภาพที่ 34) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดของผักสลัดซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพการยอมรับโดยรวมของผักสลัดบัตเตอร์เฮด

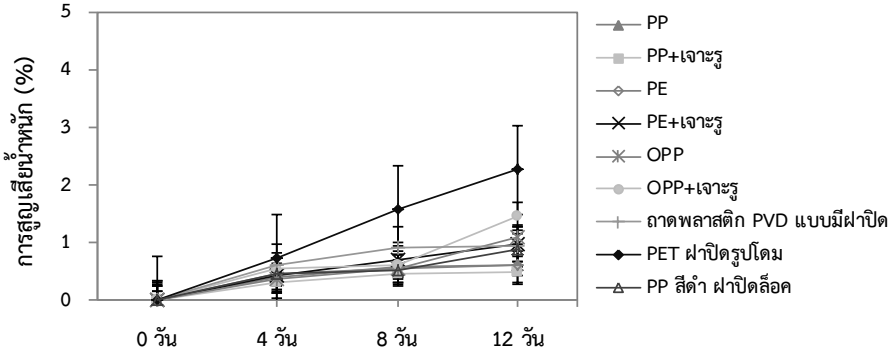


ภาพที่ 34 คะแนนการยอมรับของผักสลัดบัตเตอร์เฮดตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

6) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเก็บรักษาผักสลัดรวม 5 ชนิด

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดรวมตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันยกเว้นผักสลัดที่บรรจุในถาด PET แบบมีฝาปิดรูปโดมมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกันผักสลัดซึ่งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP และ PE มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด (ภาพที่ 35)

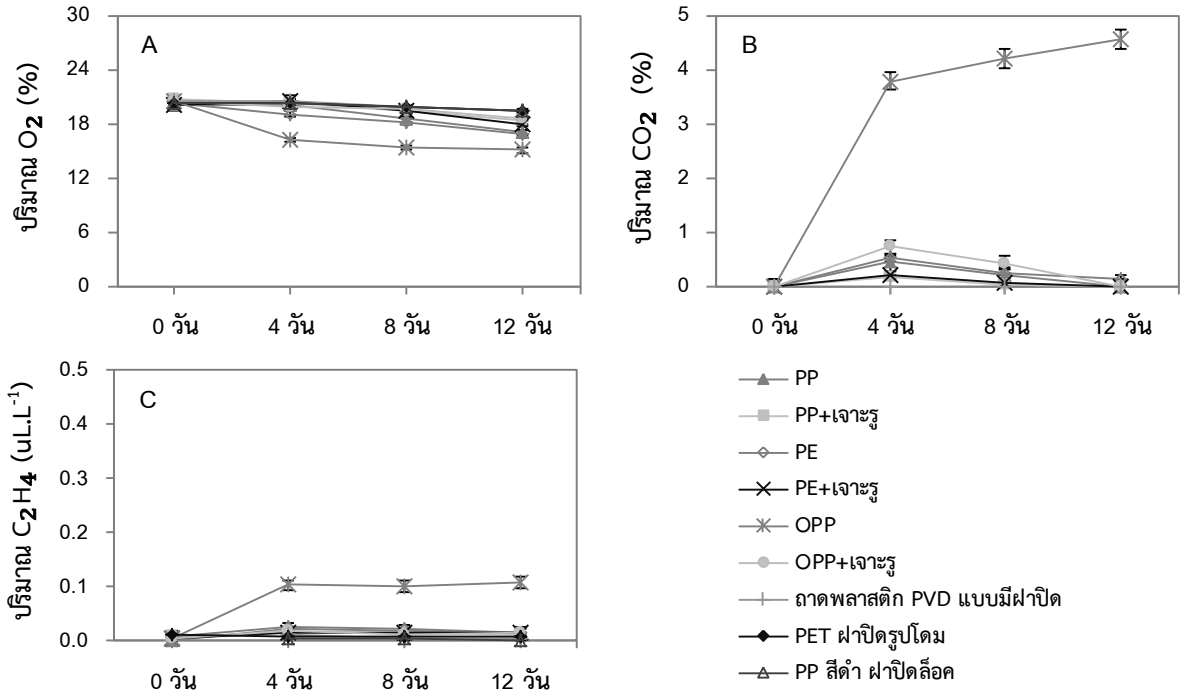


ภาพที่ 35 การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

ผัดสลัดรวมตัดแต่งทุกชนิดมีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เฉลี่ยจาก 20.5% ในวันแรกของการเก็บรักษา เป็น 18.2% หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีค่าลดลงต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 20.6% ในวันแรก

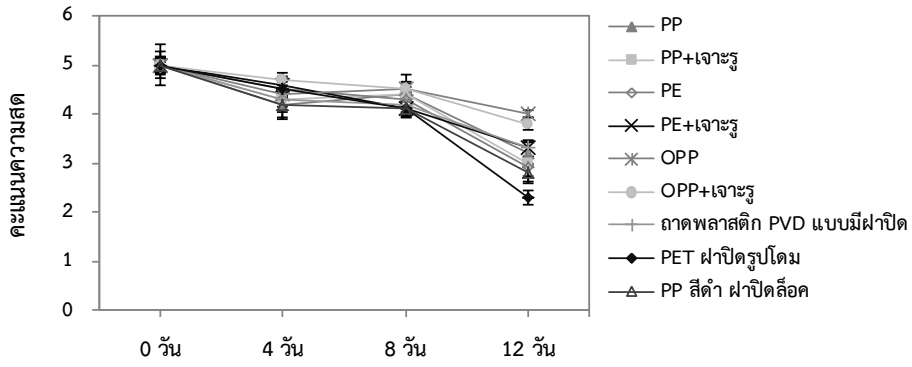
ลดลงเหลือ 15.2% เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 36A) ในทางกลับกัน ปริมาณ CO_2 และ C_2H_4 ในบรรจุภัณฑ์ OPP มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างชัดเจน หลังจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นถึง 4.6% และปริมาณ C_2H_4 เพิ่มขึ้นเป็น 0.1% หลังการเก็บรักษานาน 12 วัน (ภาพที่ 36B และ 36C) สอดคล้องกับการศึกษาของ Pirovani และคณะ (2007) ซึ่งทำการเก็บรักษาผักกาดหอมที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการบรรจุด้วยฟิล์ม 3 ชนิด ได้แก่ OPP RD106 PVC และอากาศปกติ พบว่า เมื่อเก็บผักกาดหอมเป็นเวลานาน 8 วัน ผักกาดหอมที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP มีปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ลดลงเท่ากับร้อยละ 1.5 และมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 12 ส่วนฟิล์มชนิด RD106 และ PVC มีปริมาณ O_2 และ CO_2 ใกล้เคียงกับบรรยากาศปกติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากสมบัติด้านการซึมผ่านก๊าซ O_2 (OTR) ของฟิล์ม OPP ที่ค่อนข้างต่ำกว่าฟิล์มชนิดอื่น (1,352 cc/m^2/day) ซึ่งส่งผลดีต่อการรักษาคุณภาพความสดและชะลอการเสื่อมสภาพของผักสลัด จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพราะการเก็บรักษาผักภายใต้สภาวะที่มี O_2 ต่ำและ CO_2 สูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดการเกิดสีน้ำตาลและการเกิดสารประกอบฟีนอล ชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ดี (สิริลักษณ์. 2554; Peiser *et al.,* 1988; Wills *et al*., 1981)



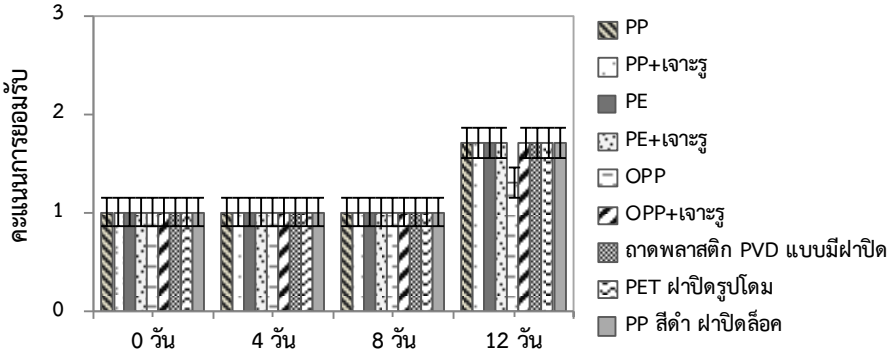
ภาพที่ 36 ปริมา ณก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ภายในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ความสด และคุณภาพการยอมรับ

ผักสลัดรวมที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ OPP ทั้งแบบเจาะรูและไม่เจาะรูมีคะแนนความสดสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งยังมีคุณภาพที่ยอมรับได้ดีกว่าหลังเก็บรักษานาน 12 วัน ส่วนบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับหลังการเก็บรักษานานเพียง 8 วัน (ภาพที่ 37 และ 38) การที่บรรจุภัณฑ์ OPP ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสลัดได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น อาจเป็นเพราะ OPP มีอัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ทำให้ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ลดต่ำลงเร็วกว่าจากการถูกนำไปใช้ในการหายใจ ขณะเดียวกันปริมาณ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ก็เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปริมาณ O_2 ที่ลดต่ำลงและ CO_2 ที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ส่งผลต่อกระบวนการหายใจของผักสลัด ทำให้ผักสลัดมีการหายใจลดลงจึงส่งผลต่อการลดการคายน้ำและชะลอการเสื่อมสภาพของผัก จึงยังคงความสดและมีคุณภาพการยอมรับที่ดีกว่า (จริงแท้, 2549)



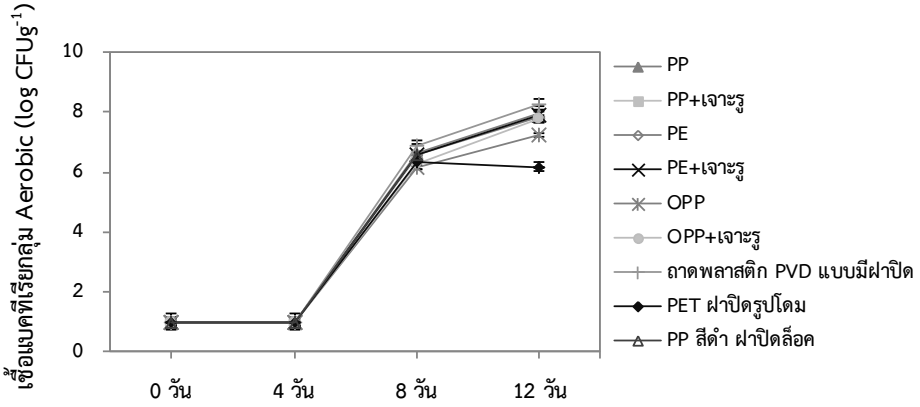
ภาพที่ 37 คะแนนความสดของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 38 คะแนนการยอมรับของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

จำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 39) ซึ่งมีผลต่อการยอมรับคุณภาพของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภค อย่างไรก็ตาม จำนวนจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์เป็นอีกปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการยอมรับคุณภาพ ซึ่งจากเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) กำหนดไว้ว่า อาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีจำพวกผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ ควรมีจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมน้อยกว่า $1x10^6$ หรือ 6.0 log $CFUg^{-1}$



ภาพที่ 39 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

ผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคมีคุณภาพการลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น โดยเฉลี่ยสามารถเก็บรักษาได้นาน 8 วัน ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกับรายงานของ Cantwell (1998) ที่ว่าผักสลัดมีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 7-14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลบริเวณก้านและขอบใบที่มีการตัดแต่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น (Lopez-Galvez *et al.*, 1996) อีกทั้งเกิดการสูญเสียสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์ในผักซึ่งอาจเกิดโดยการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน (Wills *et al*., 1981) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ผักสลัดที่บรรจุในถุง OPP แบบไม่เจาะรูยังคงมีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับหลังการเก็บรักษานาน 12 วัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ พบว่า ที่อายุการเก็บรักษานาน 12 วัน ผักสลัดมีปริมาณจุลินทรีย์เกินกว่าเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารจึงไม่สามารถยอมรับได้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการเก็บรักษามะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาที่มีรูปแบบการตัดแต่งแบบเหลือขั้วผล 1 เซนติเมตรที่บรรจุในถุง PE สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยสามารถเก็บได้นานถึง 16 วัน สำหรับผล

มะเขือเปราะที่ทำการตัดแต่งกลีบเลี้ยงและขั้วผลออกก่อนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบเดียวกัน พบว่ามีคุณภาพเป็นที่ยอมรับนานถึง 18 วัน ยกเว้นผลที่บรรจุในถุง PP เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร ผลมะเขือเปราะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าโดยมีอายุการเก็บรักษานานเพียง 13 วัน ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ PE ความหนา 25 ไมครอน ให้ผลดีและเหมาะสำหรับการบรรจุมะเขือเปราะ อีกทั้งถุง PE มีต้นทุนต่อใบในราคาที่ไม่สูงมากทำให้สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

สะตอแกะเมล็ดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE และ PP ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้นานฉลี่ยถึง 30 วัน และเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ได้นานเฉลี่ย 25 วัน ซึ่งนอกจากช่วยให้เก็บรักษาสะตอแกะเมล็ดได้นานแล้วยังมีตุ้นทุนที่ไม่สูงมาก และสามารถหาซื้อได้ง่ายจึงสามารถแนะนำให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

การเก็บรักษาพริกหวานตัดแต่ง พบว่า การบรรจุพริกหวานในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคะแนนการยอมรับที่ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ PVC PE และ PP แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ OPP มีความเหมาะสมในการใช้บรรจุพริกหวานตัดแต่งได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากยังคงให้คุณภาพความสดและการยอมรับที่ดีกว่า อีกทั้งยังมีปริมาณจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

ผักสลัดกรีนคอสที่เก็บเกี่ยวจากสองระบบการปลูก คือ ระบบไฮโดรโพนิกส์และระบบแปลงปลูก สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 12 วัน ด้วยบรรจุภัณฑ์ PE และ OPP โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ขณะที่ผักสลัดบัตเตอร์เฮดทั้งสองระบบปลูกมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผักสลัดกรีนคอส โดยเก็บรักษาได้นานเพียง 6 วัน ด้วยบรรจุภัณฑ์ OPP ส่วนการเก็บรักษาผักสลัดรวมตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดสามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 8 วัน แม้บรรจุภัณฑ์บางชนิด (OPP) จะมีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับได้นานถึง 12 วัน แต่เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบสูงเกินกว่าเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารจึงทำให้คุณภาพโดยรวมไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้น ในการเพิ่มคุณภาพผักสลัดให้เป็นที่ยอมรับ จะต้องมีวิธีการเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2558. การปลูกสะตอ. [ระบบออนไลน์]. http://www.doa.go.th/hort/index.php?option=com_content&view=article&id=152%3Aparkiaplant&catid=25%3Aplantmanagement&Itemid=70. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2558.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2. [ระบบออนไลน์]. http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/VARITY/dmscguide1.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 6 กันยายน 2558.

กิตติ สระแก้ว. 2559. สะตอ. [ระบบออนไลน์]. http://www.yala.doae.go.th/Yala/Documents/strategies/economicplant/Parkia_speciosa.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2558.

กิติพงษ์ รัตนาภรณ์ ทนง เอี่ยวศิริ อาภรณ์ เกิดสิริ และสุปราณี มนูรักษ์ชินากร. 2549. ผลของอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาฝักสะตอข้าวที่เคลือบสารเคลือบทางการค้าในห้องเย็น หน้า 226-233 ใน: *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44*, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ. กรุงเทพฯ. 766 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 6. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

นิพนธ ไชยมงคล. 2559. สลัด/ผักกาดหอม. [ระบบออนไลน์]. http://www.vegetweb.com/wp-content/download/let.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 16 มีนาคม 2559.

_____. 2547. แครอท. [ระบบออนไลน์]. http://www.vegetweb.com/wp-content/download/carrot2002.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 16 มีนาคม 2559.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์ ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เยี่ยมชัยภูมิ. 2550. ผัก 333 ชนิดคุณค่าอาหารและการกิน. สำนักพิมพ์แสงแดด. กรุงเทพฯ. 320 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ. 2548. *การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 236 หน้า.

เนตรา สมบูรณ์แก้ว สุพี วนศิรากุล และอมรา ชินภูติ. 2554. การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับมะเขือเปราะตัดขั้วเพื่อการส่งออก. [ระบบออนไลน์]. http://www.doa.go.th/pprdo/images/doc/0007.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 16 มิถุนายน 2558.

เบญจมาส รัตนชินกร คมจันทร์ สรงจันทร์ ปรางค์ทอง กวานห้อง ศิรกานต์ ศรธัญรัตน์ วิชา ธิติประเสริฐ และเฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. 2550. ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค. [ระบบออนไลน์]. http://www.doa.go.th/doaresearch/files/498_2550.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 28 พฤษภาคม 2557.

สายชล เกตุษา. 2528. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 364 หน้า

สิริลักษณ์ แสวงผล. 2554. *ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกับอัตราการหายใจของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคภายใต้สภาวะการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ.* วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. 91 น.

Bussel, J. and Z. Kenigsberger. 1975. Packaging green bell peppers in selected permeability films. *J. Food Sci.* 40: 1300-1003.

Cantwell, M., J. Rovelo, X. Nie and V. Rubatzky. 1998. Specialty salad greens: Postharvest physiology and shelf-life. *Acta Hortic*. 467: 371-378.

Diaz-Perez, J.C. 1998. Transpiration rates in eggplant fruit as affected by fruit and calyx size. *Postharvest Biol. Technol*. 13: 45-49.

Fujita, S., T. Tono and H. Kawahara. 1991. Purification and properties of polyphenol oxidase in head lettuce (*Lactuca sativa*). *J. Sci. Food Agric*. 55: 643-651.

Farber, J.N., L.J. Harris, M.E. Parish, L.R. Beuchat, T.V. Suslow, J.R. Gorney, E.H. Garrett and F.F. Busta. 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh-cut produce. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*. 2: 142-160.

Hunt, R.W.G. 1998. *Measuring color.* 3rd ed. Ellis Horwood, New York.

Jay, M.J., M.J. Loessner and D.A. Golden. 2005. *Modern food microbiology.* 7th ed. Springer Science Inc. New York, NY, USA. 782 p.

Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. p. 39-47. In: Kader A.A. (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). University of California, Agriculture & Natural Resources, Publication #3311.

Kays, S.J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. *An AVI Book*. Van Nostrand Reinhold. New York. 532 p.

Lépez-Galvez, G., M. Saltveit and M. Cantwell. 1996. Wound-induced phenylalanine ammonia lyase activity: factors affecting its induction and correlation with the quality of minimally processed lettuces. *Postharvest Biol. Technol*. 9: 223-233.

Llorach, R., A. Martínez-Sánchez, F. A. Tomás-Barberán, M. I. Gil and F. Ferreres. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chem*. 108: 1028-1038.

Luo, Y. and L.J. Mikitzel. 1996. Extension of postharvest life of bell peppers with low oxygen. *J. Sci. Food Agric*. 70: 115-119.

Marshall, M.R., J. Kim, and C.I. Wei. 2000. Enzymatic browning in fruits, vegetable and seafoods. *J. Food Agric. Organization*. 41: 259-312.

Nicolle, C., N. Cardinault, E. Gueux, L. Jaffrelo, E. Rock and A. Mazur. 2004. Health effect of vegetable-based diet: Lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clinical Nutrition*. 23: 605-614.

Passam, H.C. and I.C. Karapanos. 2008. Eggplants, peppers and tomatoes: factors affecting the quality and storage life of fresh and fresh-cut (minimally processed) produce. *Eur. J. Plant Sci. Biotechnol*. 1: 156-170.

Peiser, G., G. López-Gálvez, M. Cantwell and M.E. Saltveit. 1998. Phenylalanine ammonia lyase inhibitors control browning of cut lettuce. *Postharvest Biol. Technol*. 14: 171-177.

Pirovani, M.E., A.M. Piagentini, D.R. Guemes and J.H. Dipentima. 2007. Quality of minimally processed lettuce as influence by package and chemical treatment. *J. Food Qual*. 22: 475-484.

Sharma, K.D., S. Karki, N.S. Thakur and S. Attri. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review. *J. Food Sci. Technol*. 49: 22-32.

Sun, T., Z. Xu, C. T. Wu, M. Janes, W. Prinyawiwatkul and H.K. No. 2007. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers *(Capsicum annuum* L.). *J. Food Sci*. 72: 98-102.

University of the District of Columbia. 2015. Lettuce. [Online]. http://www.udc.edu/docs/causes/online/Lettucesm.pdf. Available from 10 December 2015.

Wills, R.B.H., T.M. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson and E.G. Hall. 1981. Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. *An AVI book*: New York. 161 p.

การทดลองที่ 2 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้รับความนิยม เนื่องจากแนวโน้มของผู้บริโภคสนใจอาหารประเภทพร้อมบริโภคเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลไม้ตัดแต่งเหล่านี้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเกิดสีน้ำตาล การเกิดกระบวนการหมัก ซึ่งการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในการบรรจุเพื่อสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายของผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ จึงทำการทดสอบการใช้บรรจุภัณฑ์รูปแบบต่างๆ สำหรับการบรรจุเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาในผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคบางชนิด ได้แก่ กล้วยหอม สับปะรดพันธุ์ภูแล ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ และมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวย ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ระหว่างเดือนกันยายน 2556 - เดือนตุลาคม 2558 โดยนำผลิตผลสดที่ผ่านการคัดคุณภาพ ล้างทำความสะอาด ตัดแต่ง และผึ่งจนแห้งแล้วมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ตามชนิดของผลไม้ ได้แก่ *กล้วยหอม* ที่ผ่านการบ่มสุกด้วยเอทิลีนแล้ว นำมาตัดแต่งเป็นซีกๆ ละ 2 หรือ 3 ผล แล้วบรรจุใน 1) ถุงชนิด polypropylene (PP) 2) ถุง PP ที่เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู 3) ถุงชนิด polyethylene (PE) 4) ถุง PE ที่เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 32 รู 5) ถุงชนิด Active M2 และ 6) ถุงชนิด Active M4 เปรียบเทียบกับสิ่งควบคุมที่ไม่บรรจุถุง ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 0 5 10 15 20 และ 25 วัน จากนั้นเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนผลสุก *สับปะรดพันธุ์ภูแล* นำมาปอกและตัดแต่งเป็นชิ้นก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ 1) บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC (สิ่งควบคุม) 2) บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PP 3) บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PP ที่เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 4 รู 4) บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PE และ 5) บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PE ที่เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 4 รู จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสำหรับการวางจำหน่าย สำหรับ*ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง* ทำการทดลองสองครั้ง ในครั้งแรกเป็นการเปรียบเทียบคุณภาพทุเรียนที่มีการหั่นและไม่หั่นเป็นชิ้น โดยนำทุเรียนที่เริ่มสุกแต่เนื้อยังแน่นมาปอกเปลือก แกะเนื้อและเมล็ด ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ 1) ทุเรียนทั้งพูบรรจุถาด PVC สีดำแบบมีฝาครอบใส 2) ทุเรียนหั่นชิ้นบรรจุถาด PVC สีดำแบบมีฝาครอบใส 3) ทุเรียนทั้งพูบรรจุถาด PVC ใสแบบมีฝาปิด และ 4) ทุเรียนหั่นชิ้นบรรจุถาด PVC ใสแบบมีฝาปิด แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ส่วนครั้งที่สอง เป็นการเปรียบเทียบคุณภาพทุเรียนในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ โดยนำทุเรียนเริ่มสุกที่ปอกเปลือก แกะเนื้อและเมล็ด

แล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ ได้แก่ 1) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มฟิล์ม PVC 2) บรรจุถาดพลาสติกแบบฝาครอบ 3) บรรจุถาดพลาสติกแบบมีฝาปิด 4) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงพลาสติกชนิด PP 5) บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงพลาสติกชนิด PE จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส การทดลอง*ในมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวย* ทำโดยนำผลิตผลมะม่วงสดที่คัดคุณภาพและทำความสะอาดแล้ว มาปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นตามยาว จากนั้นบรรจุในภาชนะบรรจุตามกรรมวิธี คือ 1) ถาดพลาสติกแล้วหุ้มฟิล์ม PVC 2) ถาดพลาสติกแบบมีฝาปิด 3) ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงพลาสติกชนิด PP 4) ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงพลาสติกชนิด oriented polypropylene (OPP) และ 5) ถาดพลาสติกแล้วหุ้มถุงพลาสติกชนิด PE จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้แช่วางจำหน่ายผักผลไม้ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 10 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองพบว่า การบรรจุ*กล้วยหอม*ผ่าซีกในบรรจุภัณฑ์มีส่วนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก คงความสด และชะลอการสุกของผลกล้วยได้ดีกว่าการไม่ใส่ในบรรจุภัณฑ์ การบรรจุผลกล้วยหอมตัดแต่งขั้วในบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ M4 ช่วยในการชะลอการสุกได้ดีที่สุด ทำให้เก็บรักษาได้นาน 29-30 วัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ ส่วน*สับปะรด*หั่นชิ้นที่บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PP หรือ PE แล้วเจาะรูขนาดรูเข็ม 4 รู ช่วยรักษาคุณภาพและยังเป็นที่ยอมรับหลังเก็บรักษานาน 6 วัน ขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ไม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับคุณภาพการเก็บรักษา*ทุเรียน* พบว่า ในการทดลองครั้งแรก ทุเรียนทุกกรรมวิธีมีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน สามารถเก็บได้นานถึง 10 วัน โดยที่เนื้อทุเรียนยังคงมีสภาพภายนอกและคุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับ แต่ทุเรียนที่ทำการหั่นเป็นชิ้น มีคุณภาพและการยอมรับภายนอกจากผู้บริโภคต่ำกว่าทุเรียนที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งพู ส่วนในการทดลองครั้งที่สอง ทุเรียนที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดให้ผลวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และการรับประทานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ และการสูญเสียน้ำหนัก โดยหลังเก็บรักษานาน 20 วัน บรรจุภัณฑ์ถุง PP และ PE มีการสะสม CO_2 เฉลี่ยสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ขณะที่ทุเรียนตัดแต่งที่บรรจุในถาดหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด และในการเก็บรักษามะม่วงดิบตัดแต่ง พบว่า การบรรจุมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเนื้อมะม่วงได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นถึง 6 วัน ขณะที่กว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นหมดสภาพการวางจำหน่ายหลังเก็บนานเพียง 3 วัน แต่การบรรจุในถุง OPP มีปัญหาในเรื่องของกลิ่นหมักและรสชาติที่ผิดปกติหลังเก็บนานกว่า 6 วัน

Abstract

Recently, fresh cut fruits and vegetables become a popular food due to the trend of consumer prefer to consume ready-to-eat products. However, these are short shelf life considering to their postharvest physiology changes such as browning and fermentation. Modified atmosphere packaging is a way of extending the shelf life of many fresh-cut fruit and vegetable products. Thus, effect of various packaging materials in protecting the contamination and extending the storage life of minimally processed fruits: banana, pineapple, durian and green mango 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. These fruits were sorted, peeled, cleaned, cut or air dried before subsequently packing in the following types of fruits in hygienic conditions. *Bananas cv. Hom* at green maturity stage which were treated with ethephon (ripening agent), were cleaned and divided into two or three fruits per branch. Then a branch of banana fruits were packed in various packages: 1) polypropylene (PP) bag, 2) PP bag with eight extraction holes of 0.5-cm diameters, 3) polyethylene (PE) bag, 4) PE bag with 32 needle-sized holes, 5) Active M2 bag and 6) Active M4 bag comparing with control (no bag). All treatments were stored at 12°C with 90% of relative humidity for 0 5 10 15 20 and 25 days and subsequently held at 25°C until the fruits were ripped. *Pineapples cv. Phulae* were peeled, cleaned, cut into pieces and packed in five different packages: 1) placed on tray and covered by polyvinyl chloride (PVC) stretch film (control), 2) placed on tray and covered by PP film, 3) placed on tray and covered by PP with 4 needle-sized holes on the top of film, 4) placed on tray and covered by PE film and 5) placed on tray and covered by PE with 4 needle-sized holes on the top of film prior to store at 10°C. For *durian cv. Mon Thong*, There were twice times of experiment. Firstly, it was tested to compare the quality of cut and un-cut durian flesh. Firmly ripe durians were opened and the pulps including the seed were removed. Then, the durian pulps without the seeds were packed in the following of treatments: 1) uncut durian pulps placed on black polystyrene (PS) tray with clear PVC lid, 2) cut (into pieces) durian pulps place on black PS tray with clear PVC lid, 3) uncut durian pulps placed on polyethylene terephthalate (PET) clamshell tray and 4) cut durian pulps placed on PET clamshell tray. All treatments were stored at 10°C. Secondly, firmly ripe durians were opened and the pulps were removed out. Then, the uncut pulps without the seeds were packed in various types of packaging: 1) PP tray and over-wrapped with PVC stretch film, 2) black polystyrene (PS) tray with clear PVC lid, 3) PET clamshell tray, 4) PP tray and placed inside PP bag and 5) PP tray and placed inside PE bag. All were stored at 10°C. In the case of *green mangoes cv. Khiaw Sawei*, the sorted fruits were cleaned, peeled and cut into long, slender pieces. After that, the flesh mangoes were packed into 1) PP tray and over-wrapped with PVC stretch film, 2) clear PVC tray with lid, 3) PP tray and covered with PP bag, 4) PP tray and covered with OPP bag and 5) PP tray and covered with PE bag prior to storing at 10°C of open fruit display refrigerator.

The results showed that packing the branches of banana with any packages could decrease weight loss, maintain freshness, and delay the ripening compare with no packaging. PP and M4 bags had storage life of 29 - 30 days which were longer in delay of the fruit ripening than other packages with acceptable qualities. For fresh-cut pineapple, the flesh were packed and covered with PP or PE films with 4 needle-sized holes had the acceptable quality at 6 days of storage while other packages were unacceptable. The durian pulps quality at first experiment were no significantly difference among the treatments. The pulps were acceptable after 10 days of storage. However, cut durian pulps had lower in sensory quality than the uncut pulps. In a second experiment, it was found that the durian pulps in all treatments had no significant difference in physical and chemical characteristics. On the other hand, weight loss and CO_2 concentration in the packages differed. The rate of accumulation of CO_2 in the headspace of PP and PE packaging were higher than others during a 20-day storage period. At the same time, durian pulps in PVC packaging had highest in weight loss. The results also showed that the sensory quality of the fresh-cut durians decreased over the storage period and were unacceptable after 15 days of storage. For the result of fresh-cut green mangoes, it presented that OPP packaging had better at delaying the flesh browning than others and could expand the shelf life of the flesh up to 6 days. Meanwhile, other packages were unacceptable after 3 days of storage. In spite of the fact that OPP packaging could increase the shelf life but this packaging influenced off-flavor development inside the packages.

บทนำ

ปัจจุบัน แนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศมีความนิยมในการบริโภคผักและผลไม้สดมากขึ้น เนื่องจากกระแสรักสุขภาพทำให้ผู้บริโภคคำนึงถึงการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพที่เน้นการบริโภคผักและผลไม้ เพื่อช่วยส่งเสริมให้ร่างกายแข็งแรงและมีภูมิคุ้มกันโรค ซึ่งผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh–cut fruit and vegetable products) เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดีเพราะมีคุณค่าทางอาหารสูง (Llorach *et al*., 2008; University of the District of Columbia, 2015) มีความสะดวกในการรับประทานและเก็บรักษาได้ง่าย นอกจากนี้การผลิตผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคยังเป็นแนวทางการลดความเสียหายและเพิ่มมูลค่าของผลิตผลสด ซึ่งมีธรรมชาติที่เน่าเสียง่ายและอายุการเก็บรักษาสั้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูกาลที่ผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก การนำมาผลิตเป็นผลิตผลพร้อมบริโภค จะเป็นช่องทางการตลาดของผลิตผลสดอีกรูปแบบหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม การทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งแม้จะมีมากขึ้น แต่งานวิจัยในผลไม้ตัดแต่งบางชนิดยังมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอ/แพร่หลาย อีกทั้งยังต้องมีการพัฒนางานวิจัยที่มีอยู่แล้วให้มีความต่อเนื่องและทันสมัยมากขึ้นเพื่อนำเสนอรูปแบบใหม่ และเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุ ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาคุณสมบัติและรูปแบบที่มีความหลากหลายมากขึ้น อีกทั้งบรรจุภัณฑ์ยังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้เป็นหนึ่งทางเลือกในการพิจารณาซื้อสินค้าแต่ละชนิดนอกเหนือจากคุณภาพของสินค้านั้นๆ การหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตผลตัดแต่งให้มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาด สามารถเก็บผลิตผลได้นานขึ้นและสามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ เป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้พร้อมบริโภค

กล้วย (*Musa* spp.) เป็นหนึ่งในผลไม้เศรษฐกิจที่มีความสำคัญและนิยมบริโภคสด นอกจากหาซื้อได้ง่ายและสะดวกในการรับประทานแล้ว กล้วยยังเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารให้พลังงาน วิตามิน B และ C รวมถึงธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียม (Aurore *et al.*, 2009) โดยกล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* AAA group ‘Gros Michel’) เป็นกล้วยพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกและจำหน่ายเพื่อรับประทานสดในประเทศไทย เนื่องจากมีขนาดผลใหญ่ รสชาติหวานอร่อย และมีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่โดดเด่น สำหรับอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายและส่งออก คือ 50 วัน ขึ้นไปหลังติดปลีขึ้นอยู่กับการดูแลรักษาทั่วไปในแปลงปลูก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 13-14 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 14-21 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

สับปะรด (*Ananas comosus* L.) พันธุ์ภูแล เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication) ของจังหวัดเชียงราย จัดเป็นสับปะรดในกลุ่มสายพันธุ์ควีน (Queen-type variety) มีขนาดผลเล็ก น้ำหนักระหว่าง 150-1,000 กรัม รูปทรงกระบอก เปลือกหนา เนื้อมีความกรอบรสชาติเป็นที่ถูกปากผู้บริโภค แม้จะเป็นผลไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงแต่มีปัญหาเรื่องอายุการเก็บรักษาสั้น (Phonyiam *et al.,* 2016) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการตัดแต่งผล ซึ่งสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคมักประสบปัญหาการเกิดสีน้ำตาล (Browning) การเกิดกลิ่นหมัก และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้กระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีเกิดช้าลง และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ เช่น ช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำหนัก ลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน (จริงแท้, 2549ก) นอกจากนี้การเก็บรักษาในภาชนะบรรจุแบบสภาพบรรยากาศดัดแปลงนิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคหลายชนิด เพราะสามารถลดการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถชะลอการเกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาได้

ทุเรียน (*Durio zibethinus* Merr.) เป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็น “ราชาของผลไม้” ในประเทศแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ซึ่งมีประสิทธิภาพเป็นแหล่งสารอาหารที่ช่วยในการบำรุงสุขภาพ เสริมสร้างโภชนาการ และมีสรรพคุณเป็นยา (Ashraf et al., 2010) แต่ในการบริโภคทุเรียนค่อนข้างมีความลำบาก เนื่องจากผลที่ใหญ่น้ำหนักมาก เปลือกมีหนามและปอกยาก ผู้บริโภคจึงนิยมซื้อทุเรียนที่ปอกเปลือกและแกะเนื้อออกแล้วเพื่อการบริโภคมากกว่าการซื้อทั้งผล

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและหลายประเทศ โดยเป็นที่นิยมทั้งในการบริโภคสดและแปรรูป การผลิตผลิตภัณฑ์มะม่วงดิบตัดแต่งเป็นอีกหนึ่งชนิดผลไม้ที่เป็นที่นิยมเพราะสะดวกและง่ายในการรับประทาน อย่างไรก็ตาม ปัญหาของการเก็บรักษาผลมะม่วงตัดแต่งคือ อายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากปัญหาเรื่องของการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเนื้อมะม่วง (Rattanpanone et al., 2001) ซึ่งการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมก็มีส่วนช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลนี้ได้เช่นกัน

การใช้บรรจุภัณฑ์ในการบรรจุผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีหลายแบบ ทั้งการใช้ถาดโฟม (Polystyrene: PS) หรือถาดพลาสติก PVC (polyvinyl chloride) แล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC หรือใช้ถาดพลาสติกชนิดอื่นๆ แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม มีการรณรงค์ให้เลิกใช้ถาดโฟมสำหรับการบรรจุอาหาร เนื่องจากถาดโฟมเป็นวัสดุที่มีสารอันตรายปนเปื้อนออกมาได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน หรืออาจเกิดปฏิกิริยาเคมีกับผลิตผลที่นำมาบรรจุได้ อีกทั้งในขั้นตอนการทำลายยังก่อให้เกิดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อมด้วย ส่วนการใช้ถาด PVC สำหรับการบรรจุนั้นยังเป็นที่ยอมรับ และปลอดภัยต่อการนำไปบรรจุอาหาร (จงกลนี และสุชัญญา, 2549; OliveGreen Marketing, 2007) สำหรับการใช้ฟิล์มยืด PVC ในการห่อหุ้มภาชนะบรรจุก็มีโอกาสในการเข้าทำลายของเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์จากอากาศได้เพราะการปิดผนึกไม่แน่นหนา จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้น การบรรจุในลักษณะที่มีการปิดผนึกแน่นหนาจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวเป็นลักษณะการเก็บรักษาแบบ Modified atmosphere packaging (MAP) ซึ่งถือเป็นเทคนิคการยืดอายุผลผลิตสดหรือผลผลิตตัดแต่งวิธีหนึ่ง โดยการปรับสภาพบรรยากาศรอบผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์ ทำาให้องค์ประกอบของแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์นั้นเปลี่ยนแปลงไป โดยการปรับขึ้นอยู่กับ ชนิดของผลิตผลสด ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษา ซึ่งมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วน CO_2 ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ O_2 มีความเข้มข้นต่ำลง สภาพบรรยากาศดัดแปรดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลผลิต การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแก๊สในบรรจุ ภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถชักนำให้ผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางสรีรวิทยาลดลง ช่วยให้มีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายยาวนานขึ้น นอกจากนี้ การใช้ MAP ที่มีผลต่อการรักษาระดับความเข้มข้นของแก๊สรอบผลผลิตที่ประกอบด้วย CO_2 สูง และ O_2 ต่ำยัง

ส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย (Farber *et al.*, 2003) อีกทั้งมีการศึกษาของ Sivakumar และ Korsten (2006) ได้รายงานว่าพลาสติก polyethylene (PE) ช่วยยืดอายุของลิ้นจี่ตัดแต่งได้นานถึง 13 วัน โดยลิ้นจี่ยังไม่เกิดสีคล้ำและมีรสชาติเป็นที่ยอมรับได้

ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

ระเบียบวิธีการวิจัย

1) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีก

1.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

1.2 นำกล้วยหอมจากแปลงเกษตรกรจังหวัดเพชรบุรีที่คัดคุณภาพและทำความสะอาดแล้วมาตัดแต่งเป็นซีกๆ ละ 3 ผล จากนั้น บรรจุผลกล้วยหอมตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (สิ่งควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุง PP

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถุง PP+เจาะรูขนาด Ø 0.5 ซม. จำนวน 8 รู

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในถุง PE

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุในถุง PE+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 32 รู

กรรมวิธีที่ 6 บรรจุในถุงชนิด M2

กรรมวิธีที่ 7 บรรจุในถุงชนิด M4

1.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°ซ. นาน 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ก่อนเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนผลสุก เช็คการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทาน

ภาพที่ 1 บรรจุภัณฑ์สำหรับกล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีก ณ วันเริ่มต้น

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภค

2.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

2.2 นำสับปะรดพันธุ์ภูแลจากแปลงเกษตรกรจังหวัดเชียงรายที่คัดคุณภาพและทำความสะอาดแล้วมาหั่นเป็นชิ้น ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PP

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PP+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 4 รู

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PE

กรรมวิธีที่ 5 บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PE+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 4 รู

2.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสำหรับการวางจำหน่าย เช็คการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทาน ทุก 3 วัน

ภาพที่ 2 การตัดแต่งและบรรจุสับปะรดพันธุ์ภูแลพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ในห้องสะอาด

3) ทดสอบผลของการแกะเมล็ดและหั่นชิ้นเนื้อทุเรียนในบรรจุภัณฑ์

3.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

3.2 เก็บเกี่ยวทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ความแก่ประมาณ 80% จากนั้นทำความสะอาดภายนอกผล แล้วป้ายขั้วด้วยสารเอทีฟอน (สารเร่งสุก) เก็บทุเรียนที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) จนทุเรียนเริ่มสุก (เนื้อเริ่มนิ่มแต่ยังแน่น มีกลิ่นหอมอ่อนๆ) ก่อนนำมาปอกเปลือก แกะเนื้อ และคว้านเมล็ดออกจากพูทุเรียน แล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี (ทำในห้องสะอาด ปลอดเชื้อ) คือ

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุถาด polystyrene (PS) สีดำ แบบมีฝาครอบ PVC ใส

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุถาด PS สีดำแบบมีฝาครอบ PVC ใส+หั่นทุเรียนเป็นชิ้น

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถาด polyethylene terephthalate (PET) ใส แบบมีฝาปิด

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถาด PET ใส แบบมีฝาปิด+หั่นทุเรียนเป็นชิ้น

3.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน เช็คผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทาน

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการปอก ตัดแต่ง แกะเนื้อและเมล็ด ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองพร้อมบริโภค

ภาพที่ 4 เนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งแกะเมล็ดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบหั่นและไม่หั่นชิ้น

4) ทดสอบผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเนื้อและเมล็ด

4.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ

4.2 นำทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ความแก่ประมาณ 80% ที่คัดคุณภาพ ล้างทำความสะอาดภายนอก ป้ายขั้วด้วยสารเร่งสุกเอทีฟอน และเก็บทุเรียนที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) จนทุเรียนเริ่มสุก มาปอกเปลือก แกะเนื้อ และคว้านเมล็ดออกจากพูทุเรียน ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถาดพลาสติก+หุ้มฟิล์ม PVC

กรรมวิธีที่ 2 ถาดพลาสติก PS สีดำแบบมีฝาครอบ PVC ใส

กรรมวิธีที่ 3 ถาดพลาสติก PET ใสแบบมีฝาปิด

กรรมวิธีที่ 4 ถาดพลาสติก PP+ถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 5 ถาดพลาสติก PP+ถุงพลาสติกชนิด PE

4.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน เช็คผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทาน

1. 2. 3. 4. 5.

ภาพที่ 5 เนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งและแกะเมล็ดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

5) ทดสอบคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

5.1 ทำการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ

5.2 นำผลิตผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยที่คัดคุณภาพแล้ว มาล้างทำความสะอาด ก่อนปอกเปลือกและตัดแต่งโดยหั่นเป็นชิ้นตามยาว จากนั้นบรรจุในภาชนะบรรจุตามกรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ถาดพลาสติก PP+หุ้มฟิล์ม PVC

กรรมวิธีที่ 2 ถาดพลาสติก PVC แบบมีฝาปิด

กรรมวิธีที่ 3 ถาดพลาสติก PP+ถุงพลาสติกชนิด PP

กรรมวิธีที่ 4 ถาดพลาสติก PP+ถุงพลาสติกชนิด OPP

กรรมวิธีที่ 5 ถุงพลาสติกชนิด PE

5.3 นำไปเก็บรักษาในตู้แช่โชว์ผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการวางจำหน่ายในแบบซุปเปอร์มาร์เก็ต เช็คผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพการรับประทาน

1. 2. 3. 4. 5.

ภาพที่ 6 มะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ณ วันเริ่มต้น

6) การบันทึกผล

บันทึกผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพการรับประทาน ได้แก่

6.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss; %)

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

6.2 ความสด

ให้เป็นคะแนนที่ ๕ ระดับคะแนน คือ 5 = สดมาก 4 = สด 3 = สดเล็กน้อย/เริ่มเหี่ยว 2 = เหี่ยว และ 1 = เหี่ยวมาก/หมดสภาพ

6.3 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

6.4 การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเนื้อ

ให้คะแนนที่ 5 ระดับคะแนน ตามเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่เกิดสีน้ำตาลจากพื้นที่ผิวทั้งหมด คือ

1 = 0-20% 2 = 21-40% 3 = 41-60% 4 = 61-80% และ 5 = >81%

6.5 อาการผิดปกติ

ให้คะแนนที่ 5 ระดับคะแนน ตามเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่เกิดอาการผิดปกติจากพื้นที่ทั้งหมด คือ

1 = 0-20% 2 = 21-40% 3 = 41-60% 4 = 61-80% และ 5 = >81%

6.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS, %)

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

6.7 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity; %)

ทำการไตเตรทน้ำคั้นผลไม้ด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH จนได้จุดยุติที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 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 acid (anhydrous) เมื่อ

- malic acid = 0.067 กรัม สำหรับกล้วย และทุเรียน
- citric acid = 0.064 กรัม สำหรับสับปะรด และมะม่วง

6.8 ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล. ของกรดแอสคอร์บิก)

ทำการไตเตรทน้ำคั้นผลไม้ด้วยสารละลาย 2,6-dichloroindophenol sodium salt จนได้จุดยุติเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู คำนวณปริมาณวิตามินซีโดยใช้ปริมาตรที่ไตเตรทได้ของน้ำคั้นผลไม้เทียบกับปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน

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

6.9 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัดค่า pH ของน้ำคั้นผลไม้โดยใช้เครื่อง pH meter

6.10 คุณภาพการยอมรับ

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

6.11 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic และยีสต์/รา)

ประเมินโดยใช้วิธีการตรวจสอบที่รวดเร็วด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (3M Petrifilm™ Plates) ชนิด Aerobic Count Plate ทำโดยชั่งตัวอย่างอาหารหนัก 25 กรัม ใส่ถุงพลาสติกตัวอย่างให้ละเอียด แล้วใส่ในขวดที่มีบัพเฟอร์ปราศจากเชื้อ (Buffered peptone water, Butterfield's phosphate-buffered) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างที่เจือจางในอัตราส่วน 1:10 จากนั้นวางแผ่น Petrifilm บนระนาบเรียบ หยดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นอาหารเลี้ยงเชื้อด้านล่าง แล้วค่อยๆ ปล่อยแผ่นฟิล์มด้านบนลงมา (ต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ) วางตัวกดพลาสติก (spreader) บนแผ่นฟิล์มด้านบนแล้วออกแรงกด รอให้เจลแข็งตัวประมาณ 1 นาที ก่อนทำการเคลื่อนย้ายแผ่น จากนั้นนำแผ่นไปบ่มที่อุณหภูมิ และระยะเวลาตามแต่ชนิดของ Petrifilm ก่อนตรวจหาจำนวนเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่าง โดยการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในพื้นที่วงกลม 20 ตารางเซนติเมตร (สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร) แล้วรายงานผลของเชื้อเป็นจำนวนที่นับได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็น Log CFU/g

7) ข้อมูลคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ความหนา (มม.)	ค่า OTR ($cc/m^2/day$) ที่ 23°C 0% RH	ค่า WVTR ($g/m^2/day$) 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 2556 สิ้นสุด กันยายน 2558

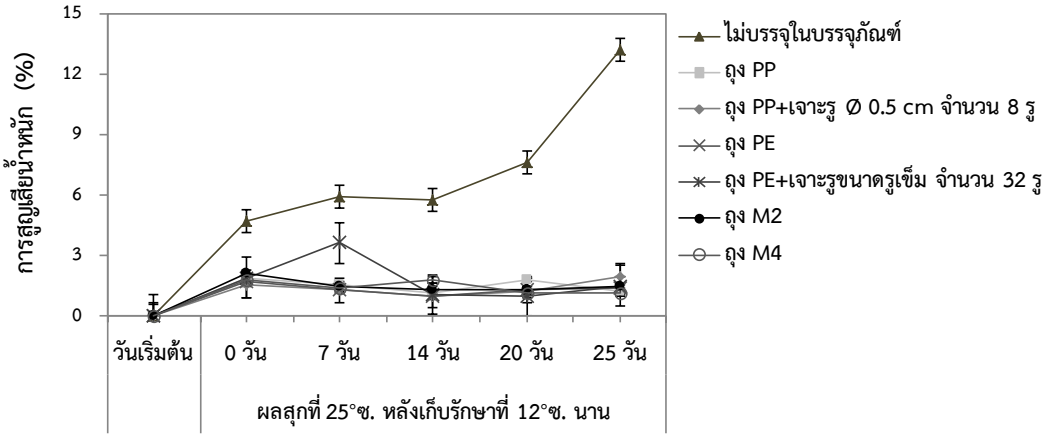
สถานที่ทำการทดลอง ตึกปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

1) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษากล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีก

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

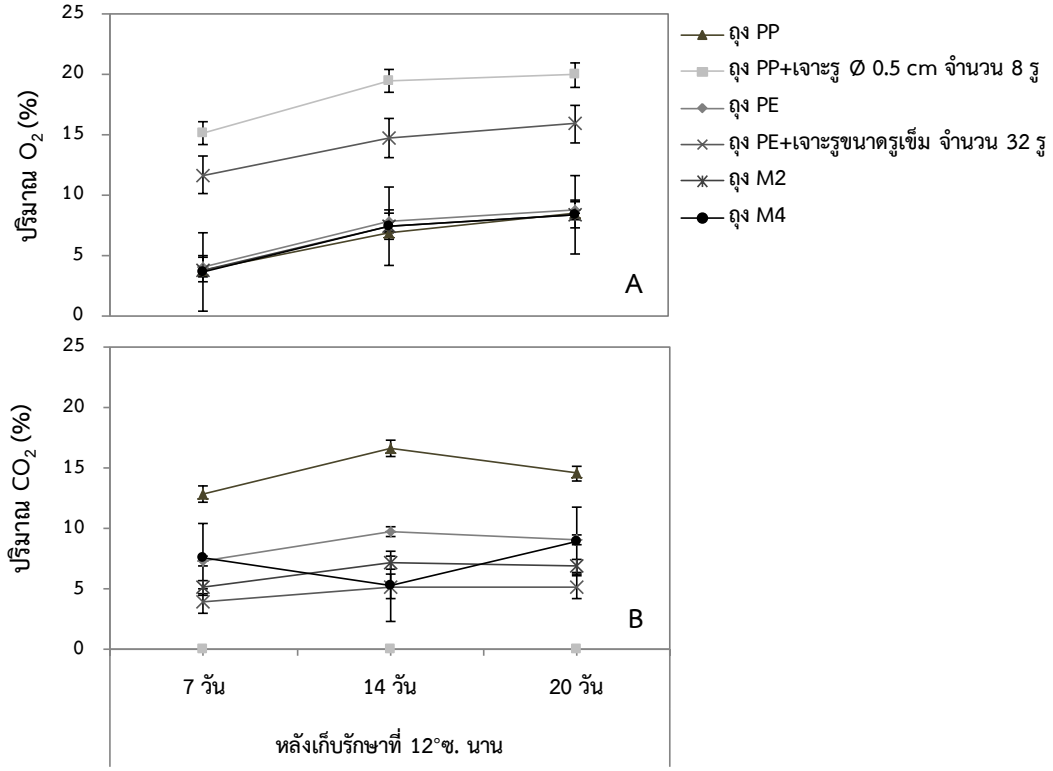
กล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีกที่ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกบรรจุกล้วยหอมผ่าซีกมีส่วนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและคงความสดของผลกล้วยได้ดีกว่าการไม่ใส่ในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากการบรรจุผลิตผลสดในบรรจุภัณฑ์ที่ชนิดต่างๆ สามารถช่วยเก็บกักความชื้นไว้ภายในบรรจุภัณฑ์และการลดพื้นที่ผิวผลที่สัมผัสอากาศ เมื่อบรรยากาศภายนอกมีความชื้นสูงจึงทำให้ผลิตผลสดมีการคายน้ำลดลง การสูญเสียความชื้นจึงลดลงและส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักลดต่ำลงด้วย (จริงแท้, 2549ก)



ภาพที่ 7 การสูญเสียน้ำหนักของกล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีกเมื่อผลสุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หลังจากการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส นาน 0 7 14 20 และ 25 วัน

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 6 ชนิด คือ PP PP+เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร 8 รู PE PE+เจาะรูขนาดรูเข็ม 32 รู M2 และ M4 มีปริมาณลดต่ำลงและมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน คือ 3.7 15.2 4.1 11.6 3.8 และ 3.6% ตามลำดับ จากนั้นปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นที่ระดับ 8.4 19.9 8.8 15.9 8.4 และ 8.3% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 20 วัน โดยบรรจุภัณฑ์ PP และ PE ที่มีการเจาะรูมีปริมาณ O_2 สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพราะการเจาะรู้ทำให้มีการซึมผ่านของ O_2 ระหว่างภายในและภายนอกบรรจุภัณฑ์ได้ ส่วนบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นที่ไม่ได้เจาะรูมีปริมาณ O_2 ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 8A) ขณะที่ปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดยกเว้นบรรจุภัณฑ์ M4 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 10 จากนั้นจึงลดลงหลังจากเก็บรักษานาน 20 วัน โดยบรรจุภัณฑ์ PP มีการสะสมของปริมาณ CO_2 สูงที่สุด รองลงมา คือ PE M2 และ PE เจาะรูขนาดรูเข็ม สำหรับ PP เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร ไม่มีการสะสมของปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์เนื่องจากถุงมีการเจาะรูจึงมีการซึมผ่านก๊าซระหว่างภายในและภายนอกได้อย่างอิสระ ส่วนบรรจุภัณฑ์ M4 ปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษานาน 7 วัน จากนั้นลดลงใน (ภาพที่ 8B) ซึ่งการที่ปริมาณ O_2 ลดลงแล้วเพิ่มขึ้น และปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นแล้วลดลงนั้น มีความสัมพันธ์กับกระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพของผลกล้วยตามลักษณะชองผลิตผลประเภท climacteric (จริงแท้, 2549ข)

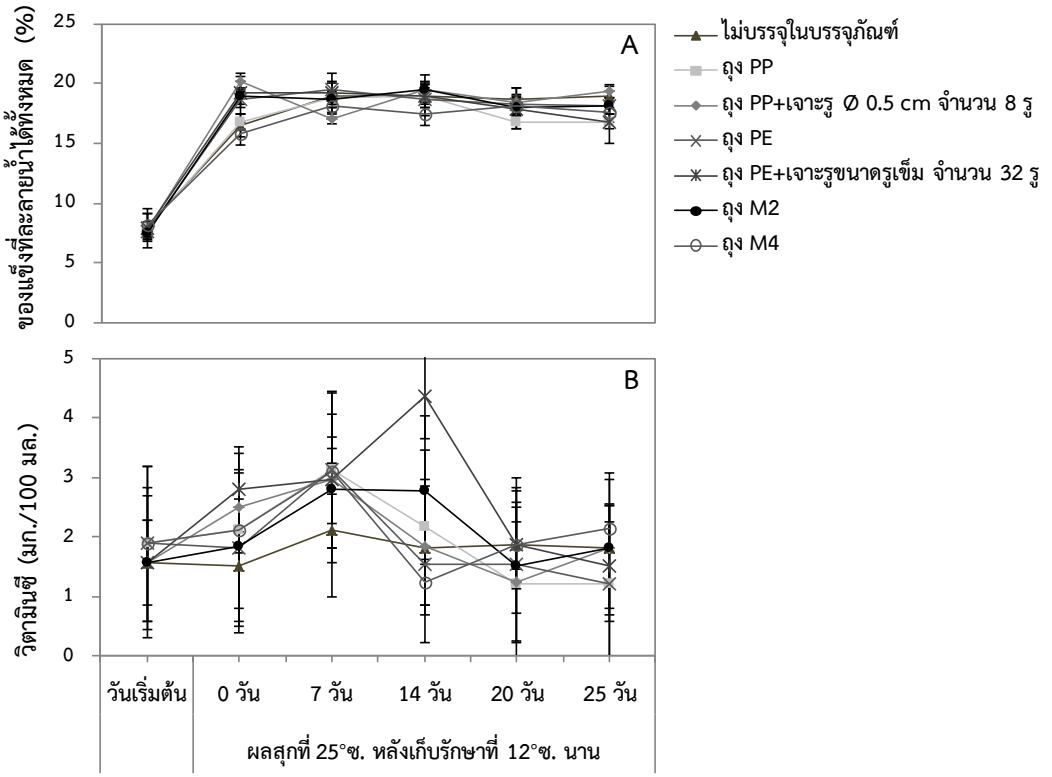


ภาพที่ 8 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) และ CO_2 (B) ภายในบรรจุภัณฑ์ของกล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีกหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

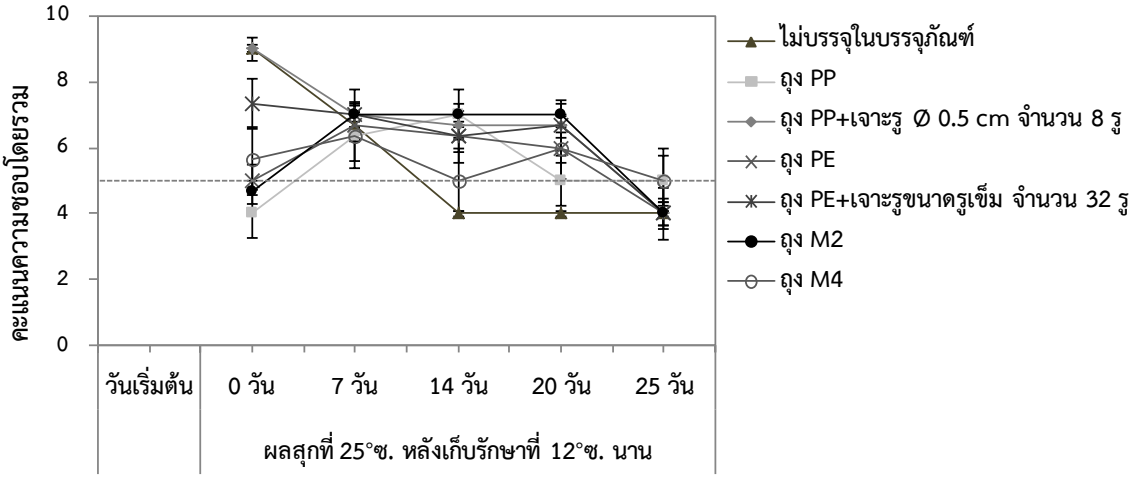
คุณภาพทางเคมี และคุณภาพการยอมรับ

ในการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของกล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีก ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณวิตามินซี พบว่า ค่า TSS ของกล้วยหอมเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.8% เพราะกล้วยหอมยังคงดิบอยู่ จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็นระหว่าง 17.9 ถึง 18.9% ระหว่างการเก็บรักษาจนผลสุก (ภาพที่ 9A) อย่างไรก็ตาม การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างชนิดกันไม่มีผลต่อค่า TSS ของกล้วยหอมหลังจากผลสุก ส่วนปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในกล้วยหอมสุกมีปริมาณไม่สูงมากและมีค่าขึ้นๆลงๆ ในแต่ละบรรจุภัณฑ์ตลอดช่วงเวลาที่ทำการเก็บรักษา แต่ปริมาณวิตามินซีของทุกบรรจุภัณฑ์มีค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.7 ถึง 2.9 มก./100 มล (ภาพที่ 9B) ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของกล้วยหอม

ในส่วนของคุณภาพการยอมรับโดยการพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมมีค่าลดลงตามอายุดารเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยกล้วยหอมที่ไม่ได้บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (control) มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่า 5 คะแนน หลังการเก็บรักษานาน 7 วัน (คะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่า 5 คะแนน ถือว่ามีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ) ขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นสามารถเก็บได้นานถึง 20 วัน โดยที่ยังคงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ส่วนการบรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ M4 และ PP ยังคงให้ผลคะแนนเฉลี่ยเป็นที่ยอมรับแม้เก็บรักษานานถึง 25 วัน (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) และปริมาณวิตามินซี (B ของกล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีกเมื่อผลสุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หลังจากการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส นาน 0 7 14 20 และ 25 วัน



ภาพที่ 10 คะแนนความชอบโดยรวมของกล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีกเมื่อผลสุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หลังจากการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส นาน 0 7 14 20 และ 25 วัน (คะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่า 5 คะแนน ถือว่ามีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ)

อายุการเก็บรักษา

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า บรรจุภัณฑ์ชนิด M4 ช่วยในการชะลอการสุก ทำให้เก็บรักษาได้นานเฉลี่ย 31 วัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม M4 มีต้นทุนค่อนข้างสูง (ใบละ 5 บาท) ซึ่งไม่คุ้มค่ากับการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์เพราะเป็นการเพิ่มต้นทุน ขณะที่การบรรจุในยรรจุภัณฑ์ PP ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 28 วัน มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์มากกว่า เนื่องจากช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานแต่มีต้นทุนที่ต่ำกว่า (ใบละ 0.50 บาท)

ตารางที่ 2 อายุการเก็บรักษาของกล้วยหอมตัดแต่งเป็นซีกหลังจากการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนผลสุก

กรรมวิธี	**อายุเก็บรักษา(วัน)**
ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (สิ่งควบคุม)	8.0 d[1/]
บรรจุในถุง PP	28.0 b
บรรจุในถุง PP+เจาะรูขนาด Ø 0.5 ซม. จำนวน 8 รู	20.0 c
บรรจุในถุง PE	22.7 c
บรรจุในถุง PE+เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 32 รู	21.0 c
บรรจุในถุงชนิด M2	23.0 c
บรรจุในถุงชนิด M4	31.0 a
% CV	**8.5**

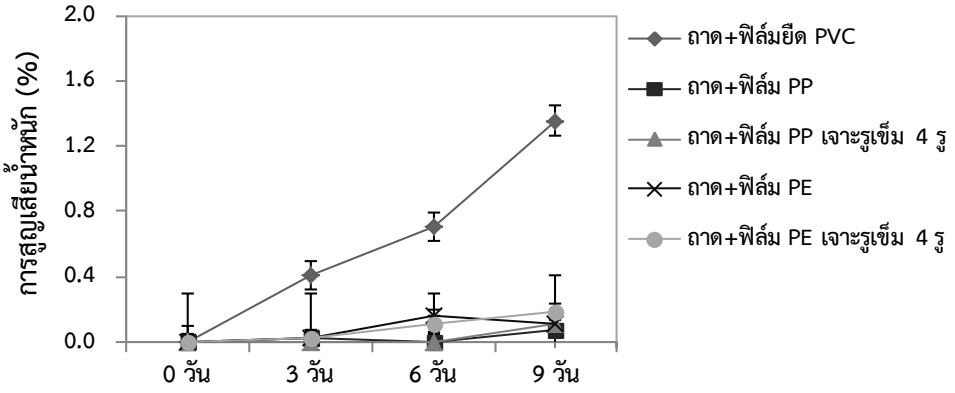
[1/]ตัวอักษร abcd ที่แตกต่างกันในตารางที่คอลัมภ์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) โดยวิธี DMRT

2) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภค

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

สับปะรดบรรจุถาดหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.4% หลังการเก็บรักษานาน 3 วัน และเพิ่มขึ้นถึง 1.4% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ขณะที่สับปะรดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 0.2% ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน (ภาพที่ 11) ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุในถาดที่มีการหุ้มด้วยฟิล์ม PP และ PE มีลักษณะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึก ประกอบกับสมบัติของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้สูงมาก (14.8 และ 18.2 g/m^2/day ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ตามลำดับ) ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวยังคงมีความชื้นสะสมอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ สับปะรดตัดแต่งจึงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำ แม้บรรจุภัณฑ์ดังกล่าวมีกรรมวิธีที่มีการเจาะรูขนาดรูเข็มทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นแต่รูที่เจาะมีขนาดเล็กทำให้

การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ขณะที่การหุ้มด้วยฟิล์ม PVC เป็นเพียงการใช้ฟิล์มปิดหุ้มบนถาดด้วยสมบัติการยืดตัวของฟิล์มไม่ได้เป็นการปิดผนึกโดยสมบูรณ์ จึงอาจทำให้มีช่องที่ไอน้ำสามารถระเหยออกมาได้ สับปะรดจึงมีโอกาสเกิดการสูญเสียความชื้นและน้ำหนักสูงกว่าสับปะรดที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์แบบอื่นๆ

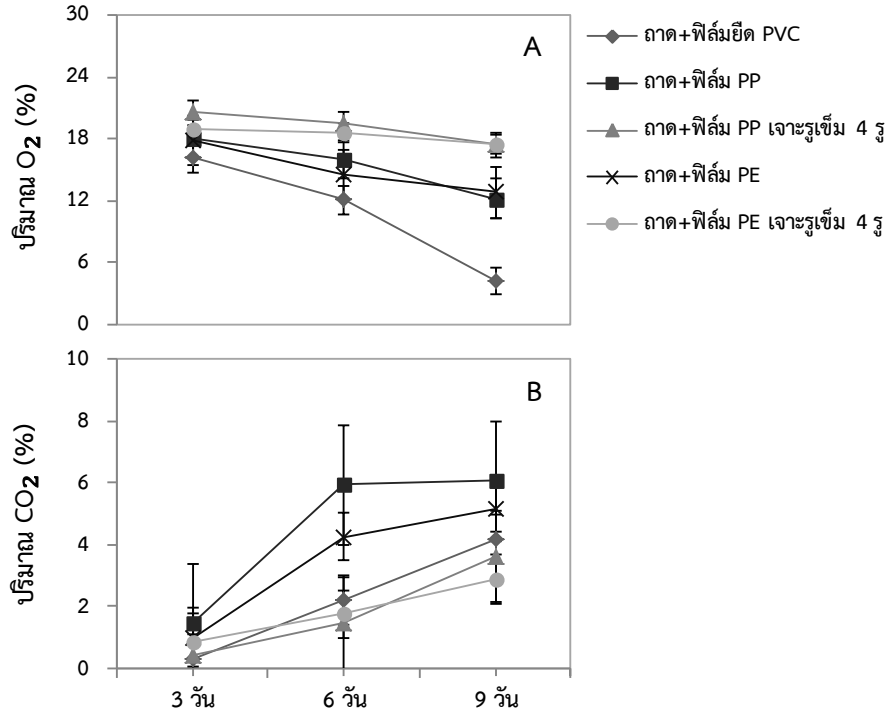


ภาพที่ 11 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

สับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีปริมาณก๊าซ O_2 ลดลงและปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันตลอดอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน (ภาพที่ 12) ในการเพิ่มขึ้นของปริมาณ O_2 พบว่า สับปะรดตัดแต่งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC มีการลดลงต่ำที่สุดจากปริมาณ 16.1% หลังการเก็บรักษานาน 3 วัน เหลือ 4.2% หลังการเก็บรักษานาน 9 วัน ส่วนบรรจุภัณฑ์ PP และ PE มีการลดลงของปริมาณ O_2 ในระดับที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก 18.0 และ 17.9% ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษานาน 3 วัน เหลือ 12.3 และ 12.8% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 9 วัน ขณะที่สับปะรดในบรรจุภัณฑ์ PP และ PE ที่มีการเจาะรูขนาดรูเข็มจำนวน 4 รู มีการลดลงของปริมาณ O_2 น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นคือ ลดลงจาก 20.6 และ 19.0% ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษานาน 3 วัน เหลือ 17.4 และ 17.5% ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 9 วัน (ภาพที่ 12A) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเจาะรูของบรรจุภัณฑ์ทำให้การซึมผ่านของก๊าซระหว่างภายในและภายนอกบรรจุภัณฑ์เกิดขึ้นได้ง่ายกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นที่ไม่มีการเจาะรู ส่วนบรรจุภัณฑ์ PVC มีปริมาณ O_2 เหลือในบรรจุภัณฑ์ต่ำที่สุดอาจเนื่องจากสมบัติของฟิล์ม PVC ที่ค่อนข้างหนากว่าฟิล์มชนิดอื่น (ความหนา 0.255 มิลลิเมตร) ขณะเดียวกันอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 ต่ำกว่าฟิล์มอีกสองชนิดด้วย (อัตราการซึมผ่านก๊าซ O_2 ของบรรจุภัณฑ์ PVC PP และ PE คือ 6,500 9,963 และ 10,262 cc/m^2/day ตามลำดับ) สำหรับปริมาณ CO_2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทางผกผันกับปริมาณ O_2 ที่ลดลง เพราะผลิตผลสดมีการนำ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์มาใช้ในการหายใจเผาผลาญอาหารสะสมจำพวกคาร์โบไฮเดรตให้เป็น CO_2 น้ำ และพลังงาน สำหรับใช้ในการดำรงชีพ (จริงแท้, 2549ก) ภายในบรรจุภัณฑ์จึงมีปริมาณ O_2 ลดลงและมี

ปริมาณ CO_2 เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งบรรจุภัณฑ์ PP มีการสะสมของปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์สูงที่สุดโดยมีระดับ CO_2 เพิ่มขึ้นจาก 1.5% หลังการเก็บรักษานาน 3 วัน เป็น 6.1% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา รองลงมาคือ PE PVC PP+เจาะรู และ PE+เจาะรู ที่ระดับ CO_2 1.0 0.3 0.4 และ 0.8% ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษานาน 3 วัน เพิ่มขึ้นเป็น 5.2 4.2 3.6 และ 2.9 ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษานาน 9 วัน (ภาพที่ 12B) ซึ่งการสะสม CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์นี้น่าจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของคุณสมบัติด้านความหนาและอัตราการซึมผ่านก๊าซของบรรจุภัณฑ์ (ตารางที่ 1)

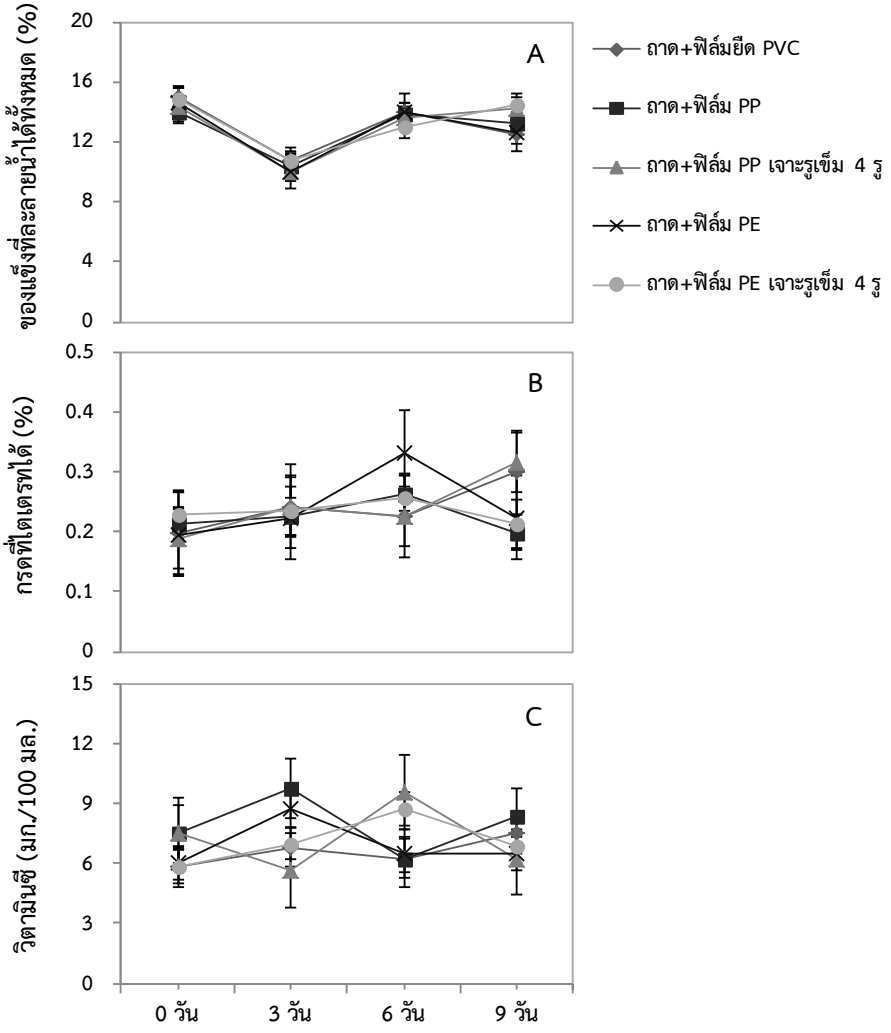


ภาพที่ 12 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) และ CO_2 (B) ภายในบรรจุภัณฑ์ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภค หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

คุณภาพทางเคมี และคุณภาพการยอมรับ

ในการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และปริมาณวิตามินซี พบว่า การบรรจุสับปะรดตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TSS โดยทุกกรรมวิธีมีปริมาณ TSS ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 13A) ขณะที่ปริมาณ TA และวิตามินซีของสับปะรดมีค่าขึ้นๆ ลงๆ ระหว่างการเก็บรักษานาน 9 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณ TA และวิตามินซีในทุกบรรจุภัณฑ์ที่ระดับ 0.2% และ 6.5 มก./100 มล. ตามลำดับ ในวันแรกของการทดลอง และมีค่าเฉลี่ยที่ระดับ 0.3% และ 7.1 มก./100 มล. ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 13B และ 13C) ที่เป็นเช่นนี้

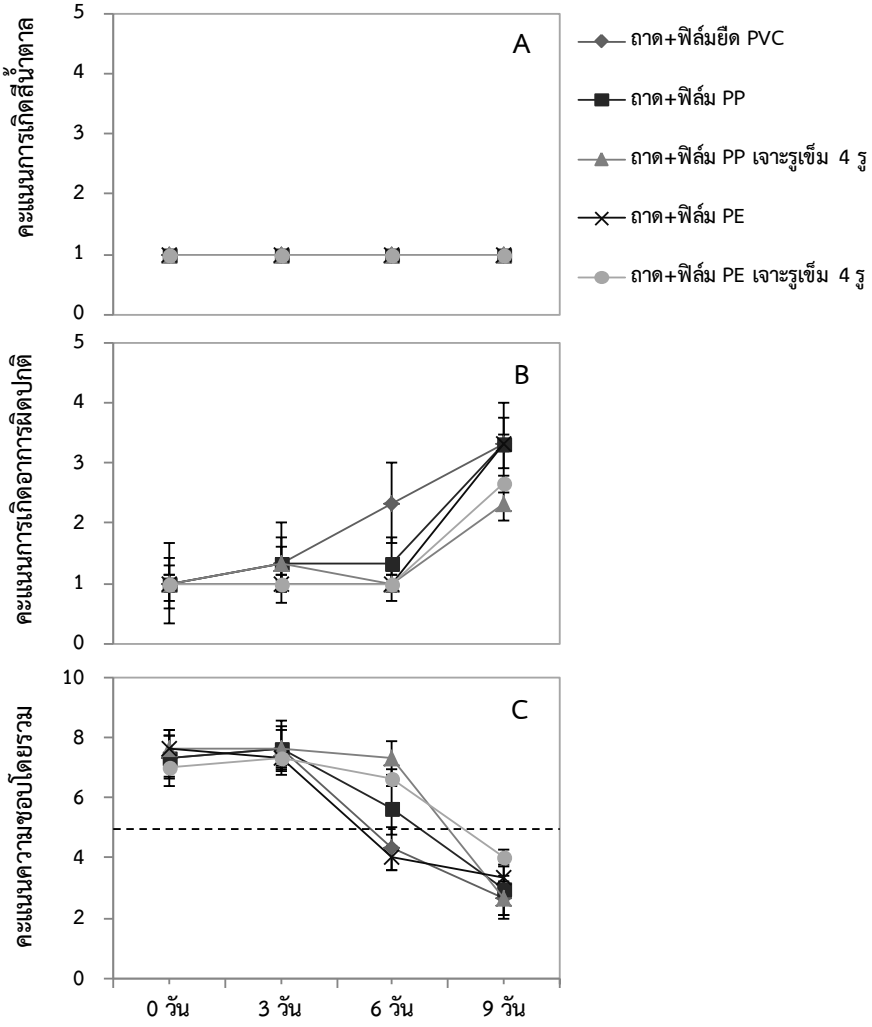
อาจเกิดจากคุณลักษณะตามธรรมชาติของผลิตผลสดทำให้คุณภาพทางเคมีไม่สม่ำเสมอกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณของคุณภาพทางเคมีเหล่านี้อยู่ในระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าแตกต่างกันระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มากนัก ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค สอดคล้องกับการศึกษาของจิราพร (2554) และ Montero-Calderon (2008) ซึ่งรายงานว่า สับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่า TSS และTA เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 13 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (B) และปริมาณวิตามินซี (C) ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ในส่วนของคุณภาพภายนอกและคุณภาพการรับประทานของสับปะรดตัดแต่ง พบว่า การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเนื้อสับปะรดในระดับ 1 คะแนน ตลอดอายุการเก็บรักษานาน

9 วัน (ภาพที่ 14A) แสดงให้เห็นว่า สับปะรดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเนื้อไม่เกิน 20% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด โดยอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ในสภาพที่มีการปิดผนึกทำให้เกิดการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ทำให้มีปริมาณ O_2 ลดลงในระดับหนึ่งซึ่งมีส่วนช่วยชะลอการเกิดสารสีน้ำตาลที่ผิวเนื้อและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งได้นานขึ้น (นิรมลและเนตรา, 2551) ทั้งนี้ การที่ปริมาณ O_2 ลดต่ำลงนั้นส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการเปลี่ยนสารประกอบ phenol ไปเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ PPO ทำปฏิกิริยาออกซิไดส์สารประกอบ phenol ได้จะต้องมี O_2 ในการช่วยทำปฏิกิริยา เมื่อปริมาณ O_2 ต่ำ จึงทำให้การทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ช้าและการเกิดสารสีน้ำตาลเกิดขึ้นช้าลงด้วย (จริงแท้, 2549 ข) สำหรับคะแนนการเกิดอาการผิดปกติของสับปะรดพิจารณาจากอาการฉ่ำน้ำ กลิ่นและรสชาติของสับปะรดที่ผิดไปจากปกติ พบทุกกรรมวิธีมีคะแนนในระดับ 1 คะแนน จนถึงอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน สับปะรดที่บรรจุถาดแล้วหุ้มฟิล์ม PVC มีคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 2 คะแนน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ยังอยู่ที่ระดับ 1 คะแนน แต่หลังการเก็บรักษานาน 9 วัน ทุกกรรมวิธีมีคะแนนอาการผิดปกติสูงขึ้น (ภาพที่ 14B) ซึ่งจากคะแนนการเกิดสีน้ำตาลและอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้ ถูกนำไปพิจารณาร่วมกับคุณภาพการรับประทานในการประเมินคุณภาพการยอมรับโดยให้เป็นคะแนนความชอบโดยรวม ดังแสดงในภาพที่ 14C พบว่า ที่อายุการเก็บรักษานาน 9 วัน สับปะรดตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ ขณะที่อายุการเก็บรักษานาน 6 วัน บรรจุภัณฑ์ PP เจาะรูเข็มมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ บรรจุภัณฑ์ PE เจาะรูเข็ม PP PVC และ PE ตามลำดับ โดยที่อายุการเก็บรักษานาน 6 วัน มีเพียงสับปะรดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PP เจาะรูเข็ม PE เจาะรูเข็ม และ PP เท่านั้นที่ยังคงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ (มีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงกว่า 5 คะแนน)



ภาพที่ 14 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเนื้อ (A) อาการผิดปกติ (B) และความชอบโดยรวม (C) ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

สับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์ภูแลที่บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PP หรือ PE แล้วเจาะรูขนาดรูเข็ม 4 รู มีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ยนานที่สุด โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน โดยยังคงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ รองลงมา คือ บรรจุภัณฑ์ PP และ PVC มีอายุการเก็บรักษานาน 5 วัน ส่วนสับปะรดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PE มีอายุการเก็บรักษาต่ำที่สุด คือ 3 วัน (ตารางที่ 3) ซึ่งการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดคุณลักษณะแบบสภาพบรรยากาศดัดแปลงนี้จัดเป็นวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาอย่างหนึ่ง โดยจะไปดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุให้มีปริมาณออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าในอากาศปกติ ซึ่งมีผลทำให้สามารถลดอัตราการหายใจ ชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายของผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ (Rico *et al*., 2007) แต่การที่บรรจุภัณฑ์ PE มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าบรรจุภัณฑ์

ชนิดอื่นอาจมีสาเหตุมาจากทั้งคุณสมบัติของตัวบรรจุภัณฑ์หรือความไม่สม่ำเสมอตามธรรมชาติของผลสับปะรดที่นำมาทำการทดลอง อย่างไรก็ตาม จากการทดลองครั้งนี้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับการบรรจุสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ บรรจภัณฑ์ที่มีการเจาะรูขนาดรูเข็ม เนื่องจากการเจาะรูมีส่วนช่วยปรับคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลได้

ตารางที่ 3 อายุการเก็บรักษาของของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

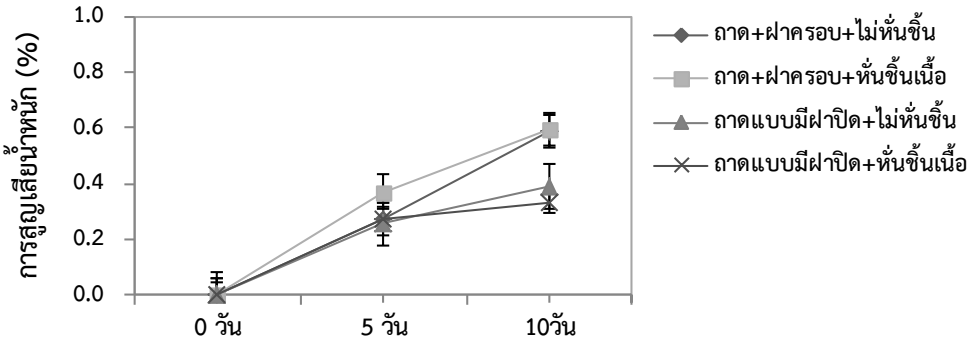
กรรมวิธี	**อายุเก็บรักษา(วัน)**
บรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC (สิ่งควบคุม)	5.0 ab[1/]
บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PP	5.0 ab
บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PP+เจาะรูขนาดรูเข็ม 4 รู	6.0 a
บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PE	3.0 b
บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์มชนิด PE+เจาะรูขนาดรูเข็ม 4 รู	6.0 a
% CV	**21.9**

[1/] ตัวอักษร ab ที่แตกต่างกันในตารางที่คอลัมภ์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) โดยวิธี DMRT

3) ทดสอบผลของการแกะเมล็ดและหั่นชิ้นเนื้อทุเรียนในบรรจุภัณฑ์

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

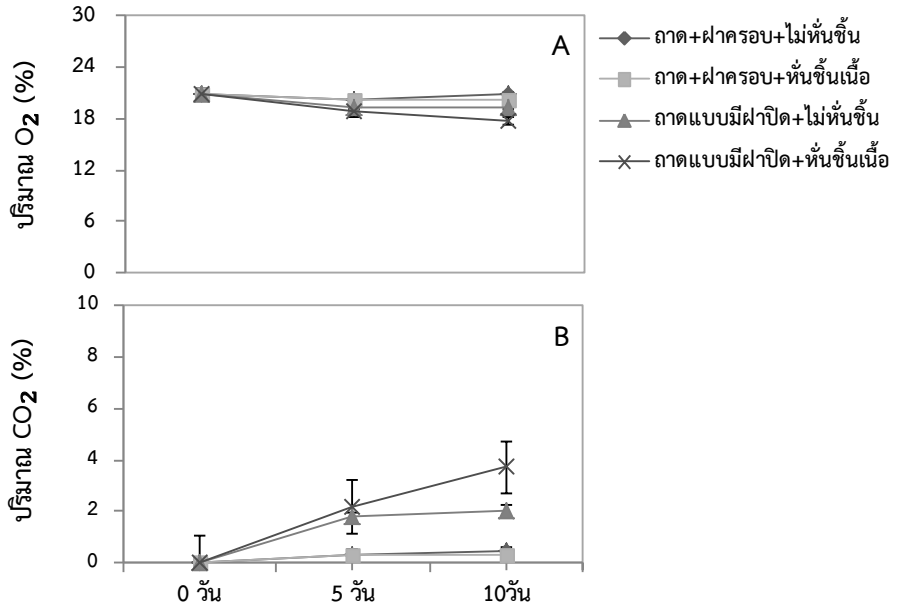
เนื้อทุเรียนในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยที่การหั่นชิ้นของเนื้อทุเรียนไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำหนักแต่การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกันมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อทุเรียนตัดแต่ง การบรรจุเนื้อทุเรียนในถาด PET แบบมีฝาปิดช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการบรรจุในถาด PS แบบมีฝาครอบใส โดยเฉพาะหลังการเก็บรักษานาน 10 วัน การสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 11 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

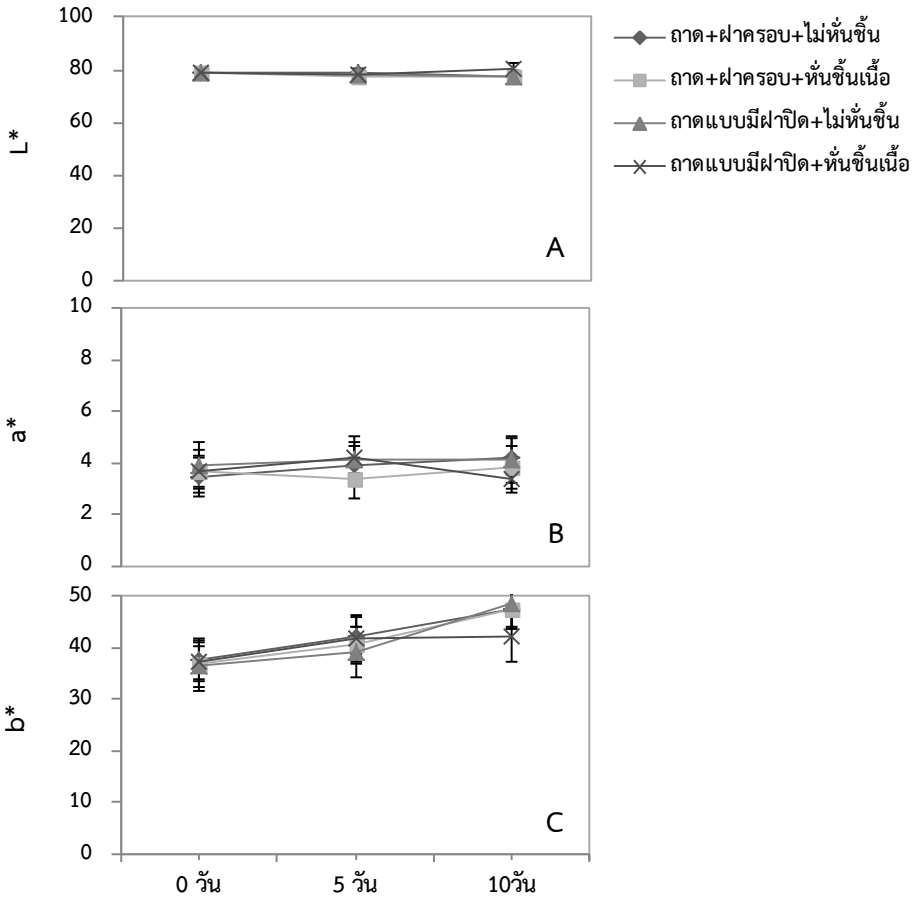
ปริมาณ O_2 ที่สะสมในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีการลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา เนื่องจากทุเรียนยังคงมีการหายใจตลอดเวลา เมื่อ O_2 ถูกนำไปใช้เพื่อการหายใจจึงทำให้มีปริมาณลดลง (จริงแท้, 2549ก) โดยที่ทุเรียนทั้งแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบมีฝาครอบมีปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากปริมาณเฉลี่ย 21.0 และ 21.0% ตามลำดับ ในวันแรกของการเก็บรักษา ลดลงเหลือ 20.3 และ 20.8% หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 12A) ส่วนทุเรียนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบมีฝาปิดทั้งแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นมีการลดลงของ O_2 ต่ำกว่าการบรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดฝาครอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณ O_2 ลดลงจาก 21.0 และ 21.0% ตามลำดับ ในวันแรกของการเก็บรักษาเหลือ 17.8 และ 19.3% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 12A) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ ทุเรียนที่มีหั่นเป็นชิ้นมีปริมาณ O_2 ลดลงต่ำกว่าทุเรียนที่ไม่หั่นชิ้น แสดงให้เห็นว่าการหั่นทุเรียนเป็นชิ้นส่งผลกระทบในการเพิ่มอัตราการหายใจของทุเรียน สอดคล้องกับการศึกษาของ Rico และคณะ (2007) ที่พบว่า การเกิดบาดแผลจากการปอกและตัดแต่งส่งผลให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นได้ การที่อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นนี้เกิดเพราะบาดแผลจากการปอกและตัดแต่งไปกระตุ้นการสังเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจแบบใช้ O_2 ของผลิตผลสดตัดแต่ง (Hodges and Toivonen, 2008) สำหรับปริมาณ CO_2 พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสะสม CO_2 เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ เพราะผลิตผลสดมีการนำ O_2 มาใช้ในการหายใจเผาผลาญอาหารสะสมจำพวกคาร์โบไฮเดรตให้เป็น CO_2 น้ำ และพลังงาน (จริงแท้, 2549ก) โดยบรรจุภัณฑ์แบบฝาปิดมีการสะสมของ CO_2 สูงกว่าแบบฝาครอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทุเรียนที่ทำการหั่นชิ้นบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบฝาครอบมีปริมาณ O_2 เพิ่มขึ้นสูงที่สุดตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 10 วัน คือ จาก 0.0% ในวันแรกของการเก็บรักษา เพิ่มเป็น 3.7% หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 12B)



ภาพที่ 12 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) และ CO_2 (B) ภายในบรรจุภัณฑ์ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงสี และคุณภาพทางเคมี

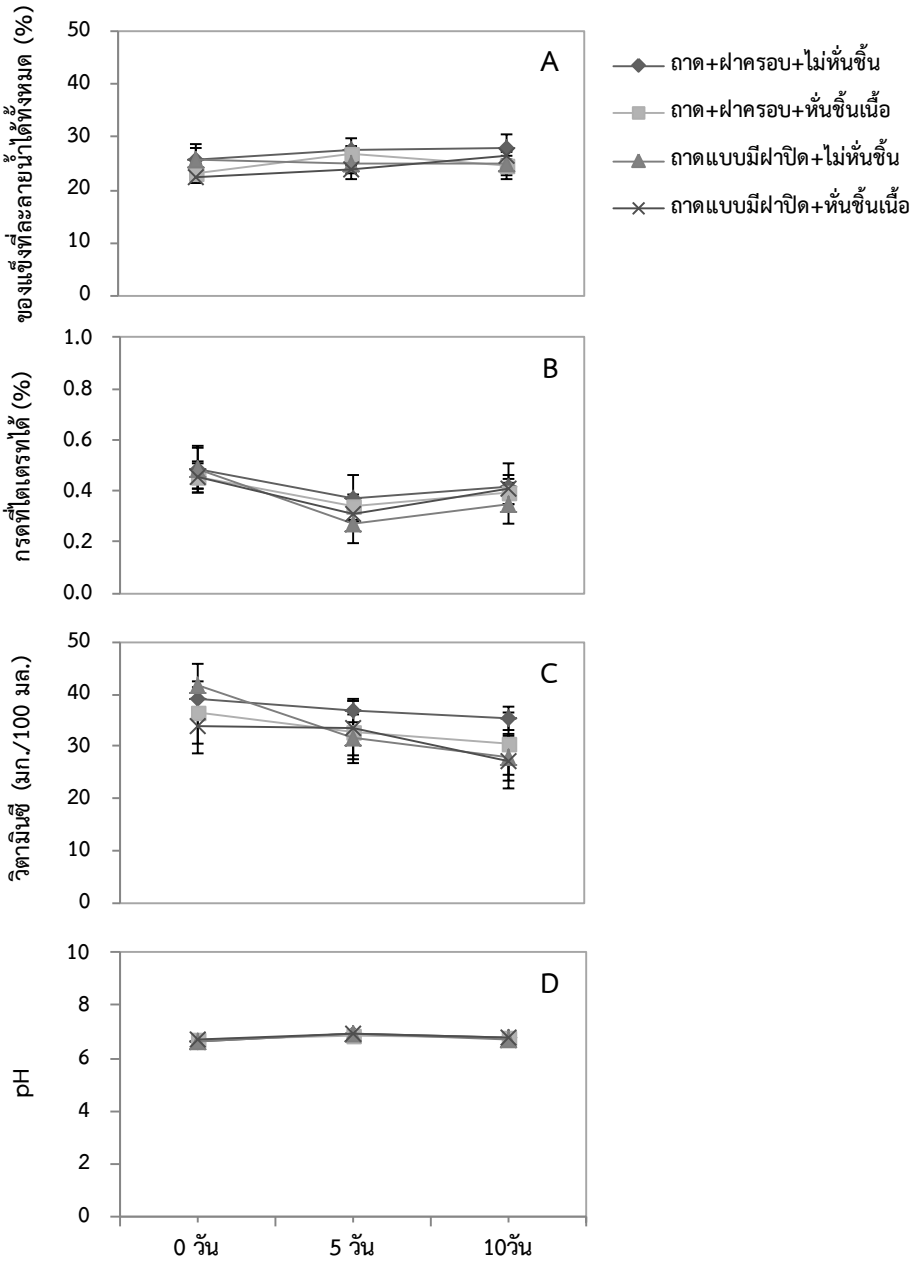
ค่าการวัดสี (L* a* และ b*) ของเนื้อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 13A 13B และ 13C) โดยที่ค่า L* หรือค่าความสว่างของเนื้อทุเรียนในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีค่า L* เฉลี่ย 78.7 ในวันแรกของการเก็บรักษา และ 78.1 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 13A) ส่วนค่า a* ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงและเขียว พบว่า ค่า a* มีค่าเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษาที่ 3.8 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนมาทางลบ (ภาพที่ 13B) บ่งบอกว่าเนื้อทุเรียนแสดงความเป็นสีเขียวมากกว่าสีแดง สำหรับค่า b* หรือค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน จากภาพที่ 13C แสดงให้เห็นว่า ค่า b* ของเนื้อทุเรียนมีค่าเฉลี่ย 36.9 ในวันแรกของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นเป็น 46.4 หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า b* นี้บ่งบอกว่า เนื้อทุเรียนแสดงความเป็นสีเหลืองมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตาม จากการที่ค่า L* a* และ b* ของเนื้อทุเรียนในทุกบรรจุภัณฑ์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อทุเรียน



ภาพที่ 13 ค่าวัดสี L* (A) a* (B) และ b* (C) ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) ปริมาณวิตามินซี และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า การบรรจุทุเรียนตัดแต่งทั้งแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TSS TA วิตามินซี และค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา โดยปริมาณ TSS โดยเฉลี่ยของทุกบรรจุภัณฑ์มีค่า 24.3% ในวันแรกของการเก็บรักษา แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 26.1% หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 14A) ส่วนปริมาณโดยเฉลี่ยของ TA และวิตามินซีมีแนวโน้มลดลงจาก 0.5% และ 37.7 มก./100 มล. ตามลำดับ ในวันแรก เป็น 0.4% และ 30.2 มก./100 มล. ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 14B และ 14C) ขณะที่ค่า pH ของเนื้อทุเรียนโดยเฉลี่ยมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 6.7 ในวันแรก เป็น 6.8 ในวันสุดท้ายของการทดลอง (ภาพที่ 14D) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อทุเรียน คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค สอดคล้องกับการทดลองการบรรจุทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคในถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC ถุงพลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ถุง linear low density polyethylene

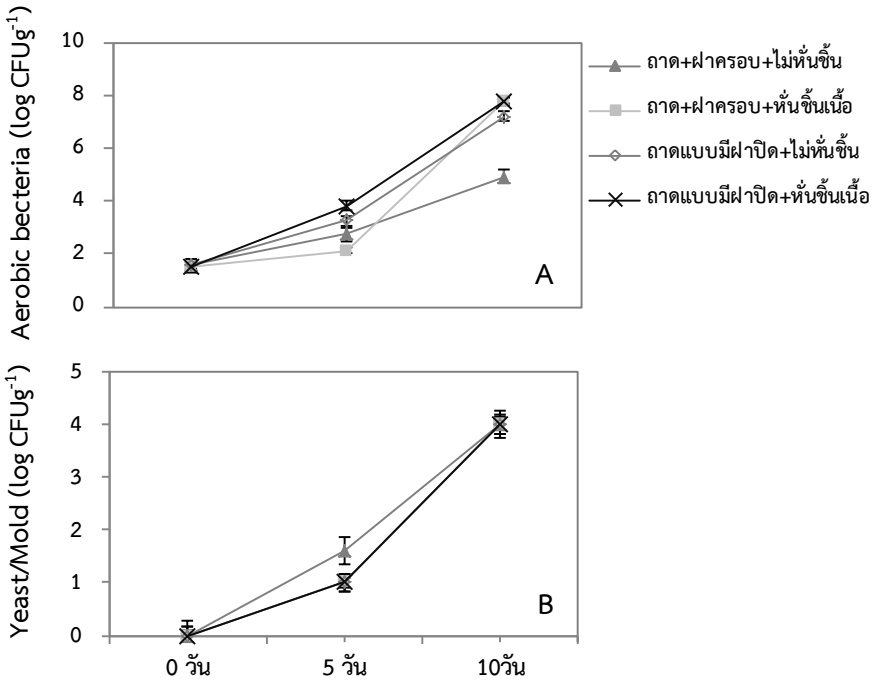
(LLDPE) ถุง active M4 หรือถุง active M5 ซึ่งพบว่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ TSS TA ปริมาณวิตามินซี และ pH มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ปรางค์ทอง และเบญจมาส, 2553)



ภาพที่ 14 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (B) ปริมาณวิตามินซี (C) และค่า pH (D) ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

ในการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic และยีสต์/รา) ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาเนื้อทุเรียนตัดแต่งเป็นเวลานานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาจากปริมาณเชื้อแบคทีเรีย Aerobic เนื้อทุเรียนที่ไม่หั่นชิ้นแล้วบรรจุในถาดแบบมีฝาครอบมีปริมาณน้อยที่สุดหลังการเก็บรักษานาน 10 วัน (ภาพที่ 15) โดยปริมาณจุลินทรีย์ที่พบนี้ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ซึ่งกำหนดไว้ว่าอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันทีจำพวกผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ ควรมีจำนวนจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด) ต่อกรัมน้อยกว่า $1x10^6$ หรือ 6.0 log $CFUg^{-1}$ ขณะที่เนื้อทุเรียนจากกรรมวิธีอื่นๆ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนปริมาณยีสต์/ราที่ตรวจสอบได้ในแต่ละกรรมวิธีมีการเพิ่มขึ้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา และปริมาณยีสต์/ราที่เพิ่มขึ้นมีปริมาณน้อยกว่า 4.0 log $CFUg^{-1}$ หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ภาพที่ 15)

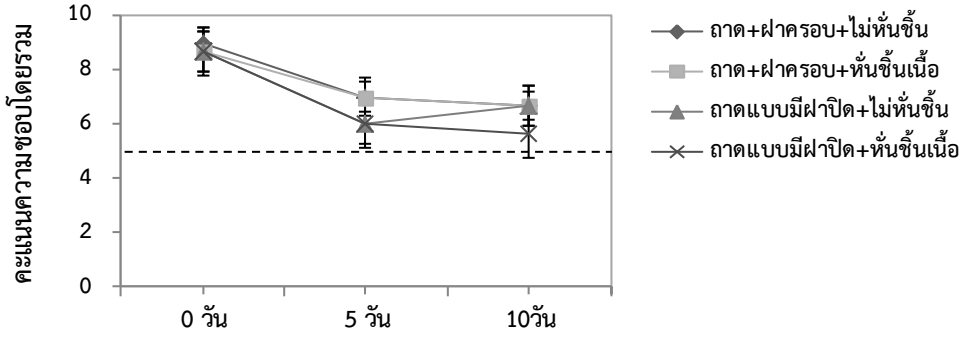


ภาพที่ 15 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic (A) และปริมาณยีสต์/รา (B) ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

คุณภาพการยอมรับ และอายุการเก็บรักษา

ทุเรียนทุกกรรมวิธีมีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน คือ สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 10 วัน เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวม ซึ่งทุกกรรมวิธีมีคะแนนสูงกว่า 5 คะแนน ตลอดอายุการเก็บรักษา

(ภาพที่ 16) แสดงให้เห็นว่า เนื้อทุเรียนยังคงมีสภาพภายนอกและคุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม คะแนนความชอบโดยรวมของเนื้อทุเรียนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยหลังการเก็บรักษานาน 10 วัน เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ทำการหั่นเป็นชิ้นแล้วบรรจุในถาดแบบมีฝาปิดมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 5.7 คะแนน) ขณะที่เนื้อทุเรียนที่ไม่หั่นชิ้นก่อนบรรจุในถาดแบบฝาปิด และเนื้อทุเรียนบรรจุในถาดแบบมีฝาครอบทั้งหั่นและไม่หั่นชิ้นมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าด้วยระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน คือ 6.7 คะแนน (ภาพที่ 16) เมื่อพิจารณาร่วมกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจสอบได้ (ภาพที่ 15) พบว่า เนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่หั่นชิ้นแล้วบรรจุในถาดแบบมีฝาครอบมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับสูงที่สุดในการทดลองครั้งนี้

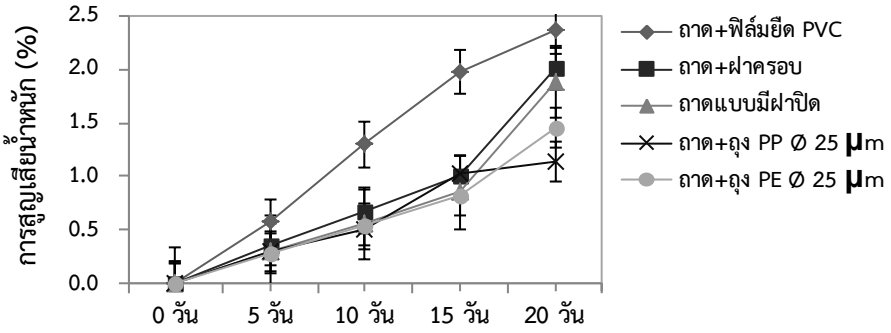


ภาพที่ 16 คะแนนความชอบโดยรวมของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคแบบหั่นและไม่หั่นชิ้นหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

4) ทดสอบผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเนื้อและเมล็ด

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

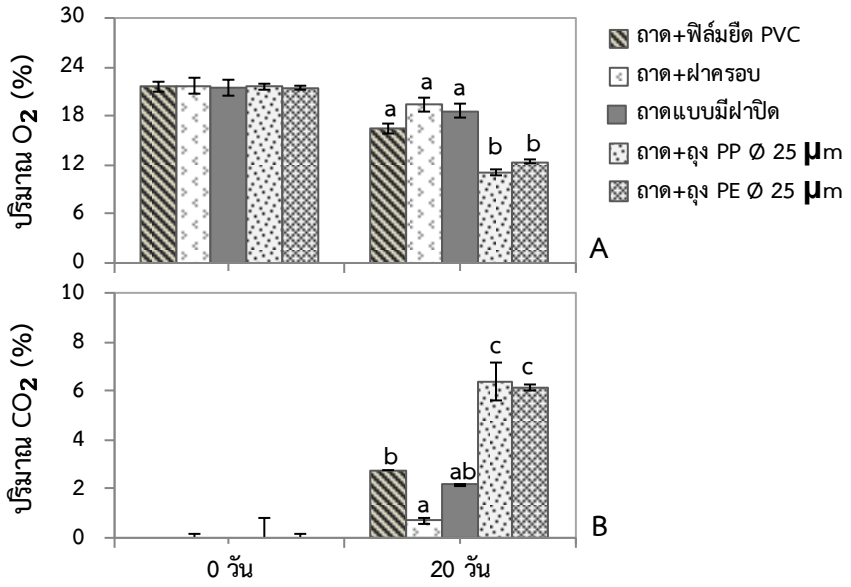
ทุเรียนแกะเมล็ดและตัดแต่งที่บรรจุในถาดหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษามากที่สุด คือ 2.4% หลังการเก็บรักษานาน 20 วัน รองลงมาคือ ถาดแบบฝาครอบ ถาดแบบมีฝาปิด ถุง PE และถุง PP (2.0% 1.9% 1.4% และ 1.1%) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุเนื้อทุเรียนตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด (ยกเว้น PVC) เป็นการบรรจุแบบปิดผนึกสนิท จึงมีส่วนช่วยลดการคายน้ำของผลิตผลสดทำให้ช่วยรักษาความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์และชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดี ขณะที่การหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีช่องที่ไอน้ำสามารถระเหยออกมาได้จึงทำให้การสูญเสียความชื้นและน้ำหนักเกิดขึ้นสูงกว่า



ภาพที่ 17 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

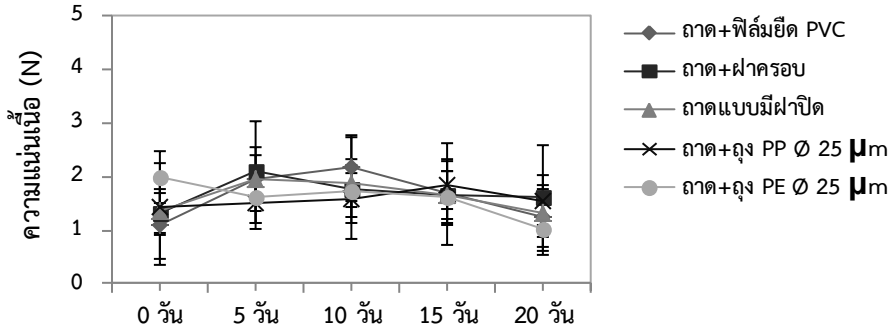
หลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน ปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีค่าลดลง ขณะที่ปริมาณ CO_2 มีค่าพิ่มขึ้น (ภาพที่ 18) เนื้อทุเรียนตัดแต่งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุง PP และ PE มีปริมาณ O_2 หลังการเก็บรักษานาน 20 วัน (11.1 และ 12.4% ตามลำดับ) ลดลงต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกแบบมีฝาครอบ แบบฝาปิด และถาดหุ้มฟิล์ม PVC (19.4 18.6 และ 16.4% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 18A) ส่วนปริมาณ CO_2 พบว่า การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุง PP และ PE มีการสะสมของ CO_2 หลังการเก็บรักษานาน 20 วัน สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน คือมีระดับ CO_2 เฉลี่ย 6.4 และ 6.1% ตามลำดับ ส่วนการบรรจุในถาดหุ้มฟิล์ม PVC ถาดแบบมีฝาปิด และถาดแบบฝาครอบ มีการสะสม CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์เพียง 2.7 2.1 และ 0.7% ตามลำดับ (ภาพที่ 18B) ทั้งนี้อาจเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ถุง PP และ PE เป็นการบรรจุแบบปิดผนึกสนิททำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ไม่เป็นอิสระโดยขึ้นอยู่กับสมบัติด้านการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (OTR) ของฟิล์ม (9,963 และ 10,262 cc/m^2/day ตามลำดับ) ขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเป็นลักษณะการปิดผนึกแบบห่อหุ้มหรือฝาครอบ/ปิด ซึ่งมีช่องว่างที่ก๊าซสามารถผ่านเข้าออกได้



ภาพที่ 18 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) และ CO_2 (B) ภายในบรรจุภัณฑ์ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตัวอักษร abc ที่แตกต่างกันบนแผนภูมิเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) โดยวิธี DMRT)

ความแน่นเนื้อ

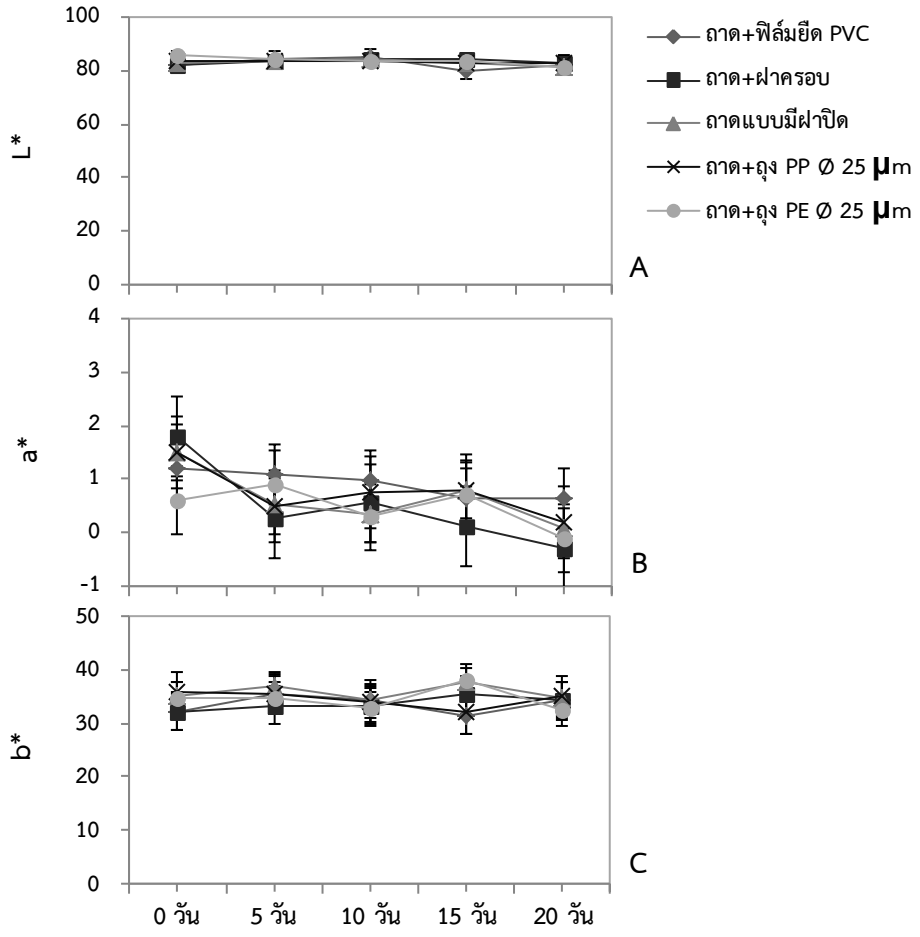
ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ คือ ถาดหุ้มฟิล์ม PVC ถาดพลาสติกแบบมีฝาครอบ ถาดพลาสติกแบบฝาปิด ถุง PP และถุง PE มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.0 ถึง 2.2 นิวตัน (ภาพที่ 19) แสดงให้เห็นว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของทุเรียน



ภาพที่ 19 ความแน่นเนื้อของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

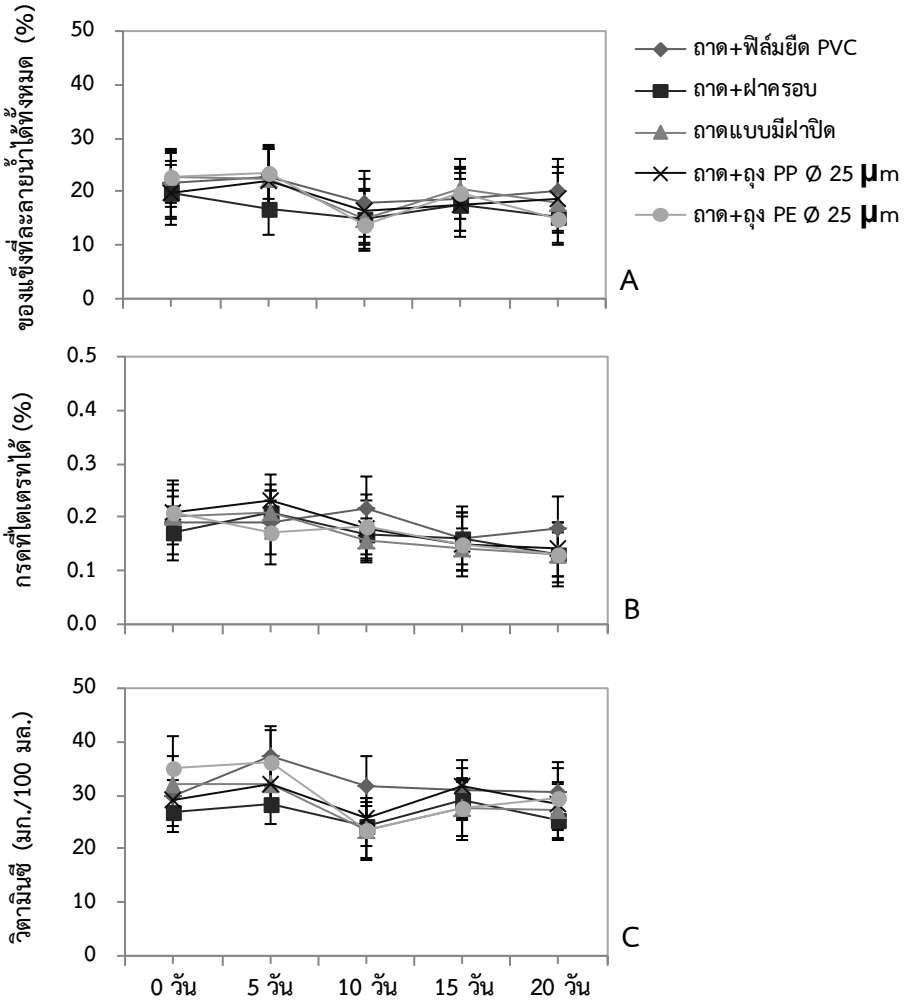
การเปลี่ยนแปลงสี คุณภาพทางเคมี และคุณภาพการยอมรับ

แนวโน้มโดยรวมของค่าการวัดสี (L* a* และ b*) ของเนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษานาน 20 วัน (ภาพที่ 20) เป็นการบ่งบอกว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อทุเรียน โดยที่ค่า L* หรือค่าความสว่างของเนื้อทุเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 79.9 ถึง 85.6 (ภาพที่ 20A) แสดงว่าเนื้อทุเรียนมีความสว่างสูงเพราะมีค่าเข้าใกล้ 100 ส่วนค่า a* เฉลี่ยอยู่ระหว่าง -0.3 ถึง 1.8 ซึ่งมีค่าค่อนมาทางค่าลบ (ภาพที่ 20B) บ่งบอกว่าเนื้อทุเรียนแสดงความเป็นสีเขียวมากกว่าสีแดง สำหรับค่า b* หรือค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 31.4 ถึง 38.1 (ภาพที่ 20C) ซึ่งค่า b* นี้มีค่าในทางบวกแสดงว่าเนื้อทุเรียนค่อนมาทางความเป็นสีเหลือง



ภาพที่ 20 ค่าวัดสี L* a* และ b* ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

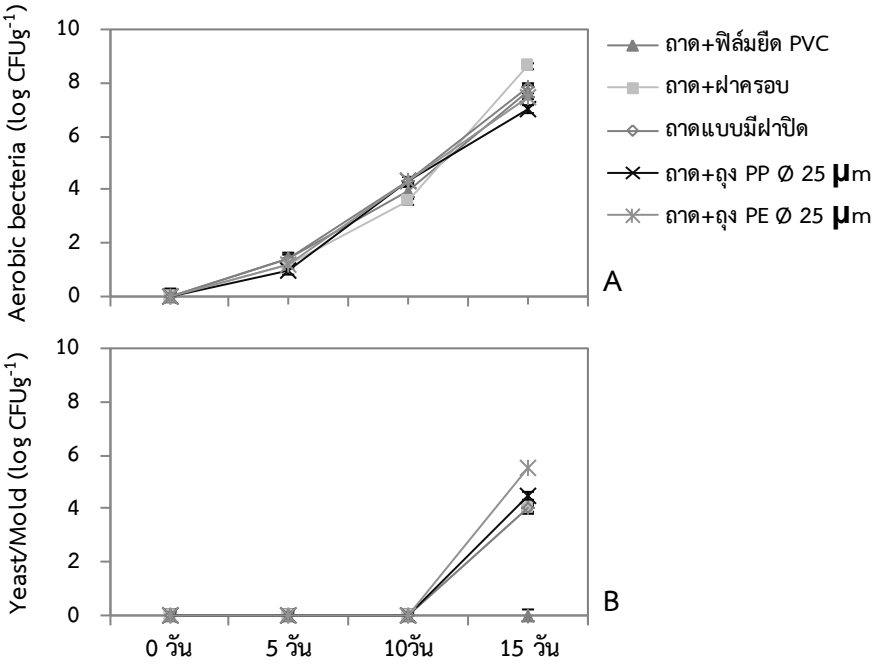
การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และปริมาณวิตามินซีของเนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดมีแนวโน้มลดลงจากวันแรกถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 21) โดยปริมาณ TSS ของเนื้อทุเรียนตัดแต่งในทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยลดลงจากจาก 21.3% ในวันแรกของการเก็บรักษา เป็น 17.4% หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน (ภาพที่ 21A) ขณะที่ปริมาณ TA มีค่าเฉลี่ยจาก 0.2% เหลือ 0.1% (ภาพที่ 21B) และปริมาณวิตามินซีมีค่าจาก 30.6 มก./100มล. เป็น 28.2 มก./100มล. (ภาพที่ 21C) อย่างไรก็ตาม คุณภาพทางเคมีเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางเคมีของเนื้อทุเรียน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Karichiappan และคณะ (2000) Ketsa และ Pangkool (1994) และ Voon และคณะ (2006) ที่รายงานว่า ปริมาณ TSS และ TA ของเนื้อทุเรียนมีค่าระหว่าง 17.5 ถึง 36.9% และ 0.1 ถึง 0.4% ตามลำดับ โดยค่าที่วัดได้ขึ้นอยู่กับระยะการสุกของเนื้อทุเรียนเป็นสำคัญ



ภาพที่ 21 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (B) และปริมาณวิตามินซี (C) ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณจุลินทรีย์

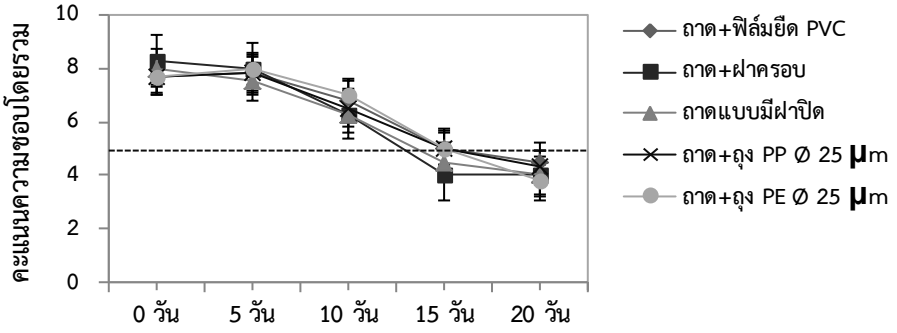
ในการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ (เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic และยีสต์/รา) ระหว่างการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 15 วัน พบว่า เมื่อเก็บรักษาเนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่งเป็นเวลานานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น แต่ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 22) โดยเมื่อพิจารณาจากปริมาณเชื้อแบคทีเรีย Aerobic ของเนื้อทุเรียนตัดแต่งหลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในระดับที่ยอมรับได้ หรือน้อยกว่า 6.0 log CFUg^{-1} ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารสำหรับอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) แต่เมื่อเก็บรักษานานถึง 15 วัน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 6.0 log CFUg^{-1} (ภาพที่ 22A) เช่นเดียวกับปริมาณยีสต์/ราที่ตรวจพบ ที่ยังคงมีปริมาณน้อยกว่า 1.0 log CFUg^{-1} หลังการเก็บรักษานาน 10 วัน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่า ปริมาณยีสต์/ราสูงขึ้นกว่า 3.0 log CFUg^{-1} (ภาพที่ 22B) ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ณภาพมาตรฐานที่ยอมรับได้ ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ เนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับที่อายุการเก็บรักษานาน 10 วัน



ภาพที่ 22 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic (A) และปริมาณยีสต์/รา (B) ที่พบในบรรจุภัณฑ์ของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส ที่ทำการตรวจสอบ พบว่าบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดให้ผลวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และการรับประทานที่ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษายกเว้นการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณ O_2 และ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ ในแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอายุการเก็บรักษาในงานทดลองครั้งนี้ แม้ว่าจากผลคะแนนความชอบโดยรวมแสดงให้เห็นว่ามีเนื้อทุเรียนแกะเมล็ดพร้อมบริโภคที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ PVC PP และ PE มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หลังการเก็บรักษานาน 15 วัน (ภาพที่ 23) แต่จากผลการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของเนื้อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เหมาะสม คือ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เนื้อทุเรียนหมอนทองพร้อมบริโภคบรรจุถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 8 และ 12 องศาเซลเซียส ได้นาน 24 16 และ 12 วัน ตามลำดับ (ปวีณา, 2535) ส่วนการใช้ UV sterilized Cfine® tub แล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ขนาด 0.13 ไมโครเมตร ก่อนใส่ในภาชนะ PVC แบบมีฝาปิดและเจาะรูขนาด 6 มม. 4 รู ช่วยให้เก็บรักษาเนื้อทุเรียนได้นาน 2 สัปดาห์ ที่ 2 และ 5 องศาเซลเซียส (Chudhangkura et al., 2009) ขณะที่เนื้อทุเรียนที่บรรจุในถาดพลาสติก PVC แบบมีฝาปิดและแบบฝาครอบสามารถเก็บรักษาทุเรียนได้นาน 17-19 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ปรางค์ทอง และคณะ, 2552) แสดงให้เห็นว่า ในการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อทุเรียน และมีความจำเป็นต้องให้ความสำคัญในเรื่องด้านความสะอาดปราศจากเชื้อโรคในขั้นตอนการเตรียม เพื่อช่วยลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และทำให้ทุเรียนเป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นได้

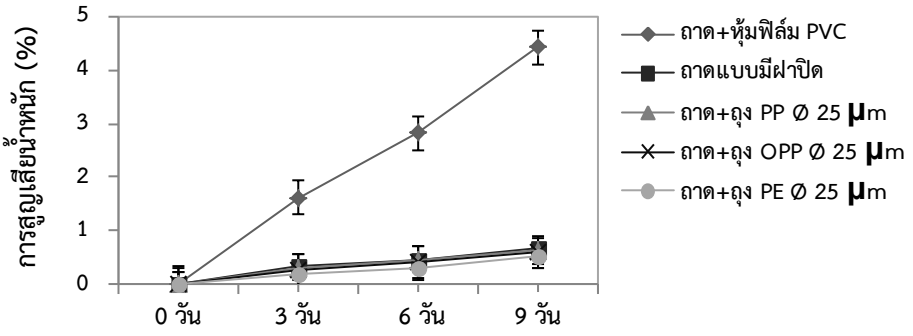


ภาพที่ 23 คะแนนความชอบโดยรวมของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแกะเมล็ดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

5) ทดสอบคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลสด

มะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งแบบหั่นชิ้นบรรจุถาดหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 4.4% หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน ขณะที่มะม่วงตัดแต่งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 0.7% ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน (ภาพที่ 24) ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุถาดแล้วใช้ฟิล์ม PVC ปิดหุ้มบนถาดนั้นเป็นการปิดผนึกโดยใช้สมบัติการยืดตัวของฟิล์มแล้วปิดแนบไว้กับถาดซึ่งไม่ได้เป็นการปิดผนึกแบบสนิทโดยสมบูรณ์จึงอาจทำให้มีช่องที่ไอน้ำสามารถระเหยออกมาได้ สับปะรดมีโอกาสเกิดการสูญเสียความชื้นและน้ำหนักสูงกว่าสับปะรดที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์แบบอื่นๆ ที่เป็นลักษณะปิดผนึกแบบสนิท

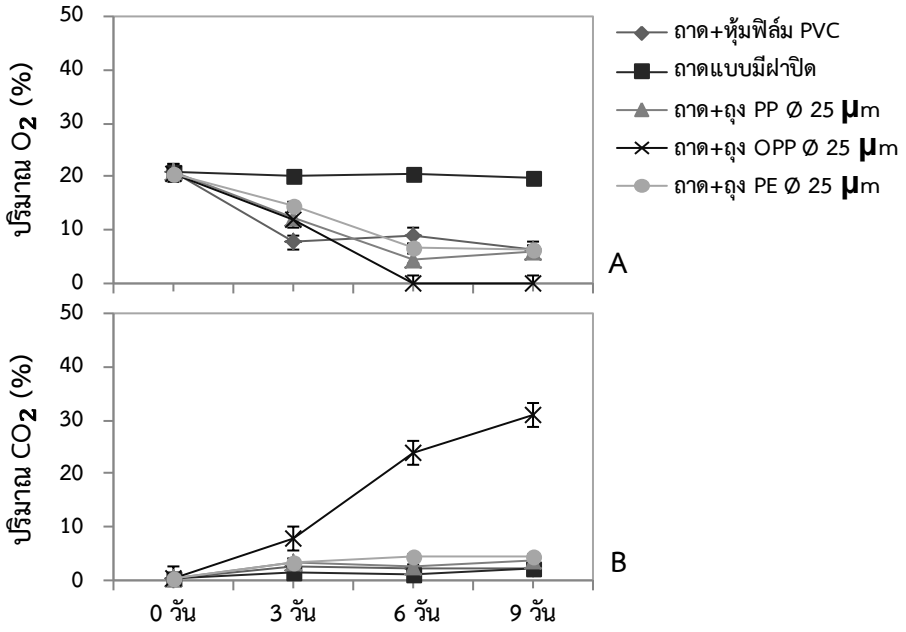


ภาพที่ 24 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาในตู้แช่โชว์ผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณก๊าซสะสมภายในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณก๊าซ O_2 ในทุกบรรจุภัณฑ์มีระดับที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยมะม่วงตัดแต่งบรรจุในถาดแบบมีฝาปิดมีการลดลงในระดับต่ำ (จาก 21.0% ในวันแรกของการเก็บรักษา เป็น 19.9% หลังการเก็บรักษานาน 9 วัน) ขณะที่ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ลดต่ำลงกว่า 7% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ถุง OPP ที่ปริมาณ O_2 ลดต่ำลงถึงระดับ 0% หลังการเก็บรักษานาน 6 วัน (ภาพที่ 25A) สอดคล้องกับปริมาณ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการนำ O_2 ไปใช้ในกระบวนการหายใจได้เป็น CO_2 (จริงแท้, 2549ก) โดยบรรจุภัณฑ์ OPP มีการสะสมของปริมาณ CO_2 สูงที่สุดตลอด

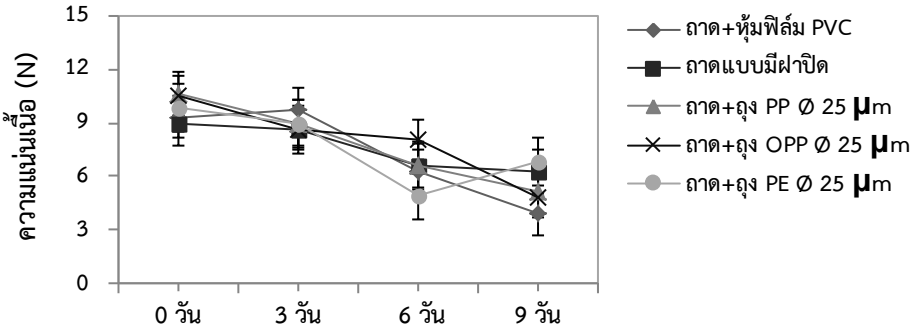
ระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ จากระดับ 0.3% ในวันแรกของการเก็บรักษา เพิ่มเป็น 30.9% หลังการเก็บรักษานาน 9 วัน ส่วนบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มีปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นเช่นกันแต่น้อยกว่า 4.5% หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน (ภาพที่ 25B) ทั้งนี้ด้วยสมบัติการซึมผ่านก๊าซ O_2 ของ OPP ที่ค่อนข้างต่ำ (1,352 cc/m^2/day) ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างภายในและภายนอกเกิดขึ้นได้ช้า ปริมาณ O_2 ในบรรจุภัณฑ์จึงลดต่ำลงและปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา



ภาพที่ 25 ปริมาณก๊าซ O_2 (A) และ CO_2 (B) ภายในบรรจุภัณฑ์ของมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาในตู้แช่โชว์ผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ความแน่นเนื้อ

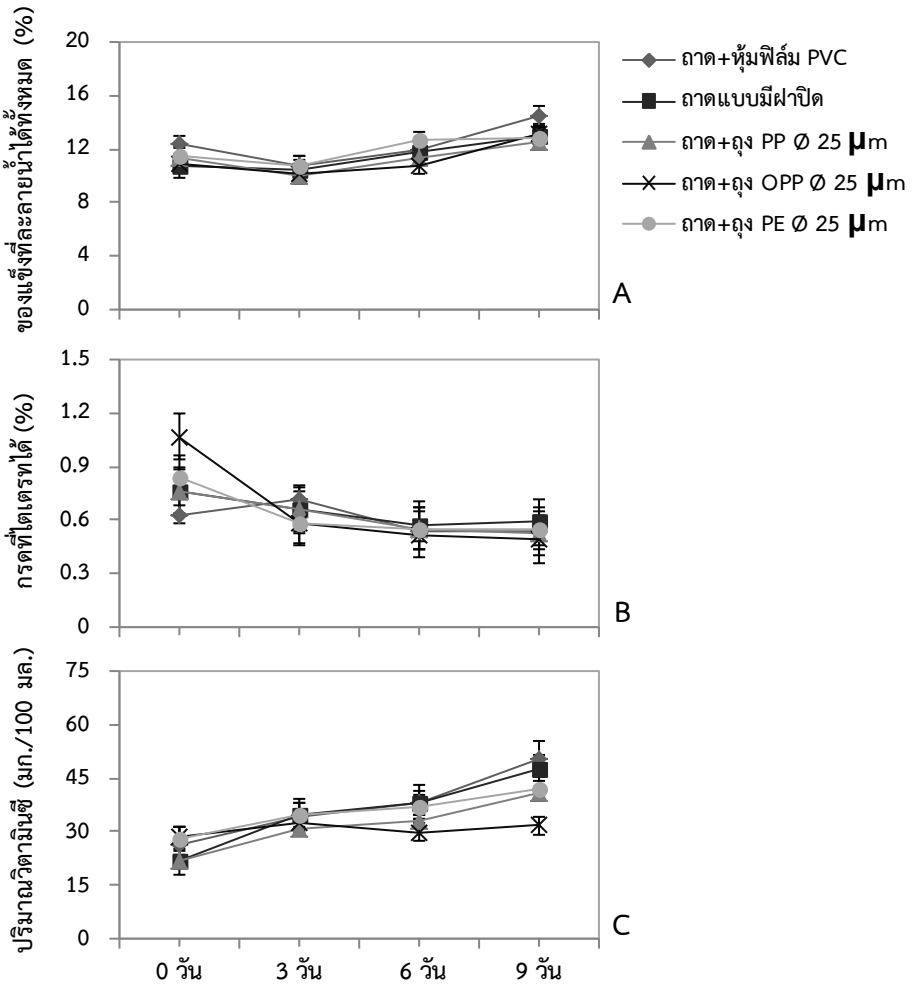
มะม่วงตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อ (ความกรอบ) ลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา จากค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ย 9.9 นิวตัน ในวันแรกของการเก็บรักษา ลดลงเหลือ 5.4 นิวตัน หลังการเก็บรักษานาน 9 วัน (ภาพที่ 26) อย่างไรก็ตาม ทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างชนิดกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วง



ภาพที่ 26 ความแน่นเนื้อของมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาในตู้แช่โชว์ผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

คุณภาพทางเคมี

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของมะม่วงดิบตัดแต่ง ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และปริมาณวิตามินซี พบว่า เนื้อมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น จากปริมาณเฉลี่ย 11.4% ในวันแรกของการเก็บรักษา เป็น 13.2% หลังการเก็บรักษานาน 9 วัน (ภาพที่ 27A) ขณะที่ปริมาณ TA มีค่าลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาที่ค่าเฉลี่ย 0.8% เป็น 0.5% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 27B) ส่วนปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากระหว่างการเก็บรักษายกเว้นเนื้อมะม่วงตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP ที่มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นไม่มากระหว่างการเก็บรักษา คือมีค่าระหว่าง 28.7 ถึง 32.5 มก./100 มล. (ภาพที่ 27C)



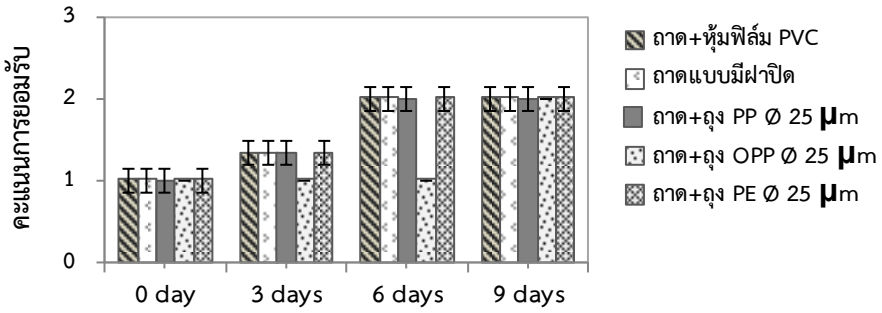
ภาพที่ 27 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (A) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (B) และปริมาณวิตามินซี (C) ของมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาในตู้แช่โชว์ผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

อายุการเก็บรักษา

การบรรจุมะม่วงดิบตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเนื้อมะม่วงได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นถึง 6 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นหมดสภาพการวางจำหน่ายหลังเก็บนานเพียง 3 วัน (ภาพที่ 28 และ 29) อาจเพราะภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 สูง โดยเฉพาะก๊าซ CO_2 ในปริมาณสูง มีส่วนช่วยลดการเกิดสารสีน้ำตาลที่ผิวเนื้อ โดยการลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดสารสีน้ำตาล ได้แก่ polyphenol oxidase และยังช่วยลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย (ปรางค์ทอง และเบญจมาส, 2552; Marrero and Kader, 2006) อย่างไรก็ตาม การ

บรรจุในถุง OPP มีปัญหาในเรื่องของกลิ่นหมักและรสชาติที่ผิดปกติหลังเก็บนานกว่า 6 วัน ทั้งนี้อาจเกิดจากมีการสะสมก๊าซ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ภาพที่ 28 ลักษณะปรากฏของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภค ณ วันแรกของการเก็บรักษาเปรียบเทียบกับหลังเก็บรักษาในตู้แช่โชว์ผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 29 คะแนนการยอมรับของมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคหลังการเก็บรักษาในตู้แช่โชว์ผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการเก็บรักษากล้วยหอมตัดแต่งแบบผ่าซีก บรรจุภัณฑ์ชนิด PP เหมาะสำหรับการเก็บรักษามากที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ เพราะช่วยชะลอการสุก ทำให้เก็บรักษาได้นานเฉลี่ย 28 วัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ อีกทั้งต้นทุนยังต่ำจึงเหมาะสำหรับการเก็บรักษาในเชิงพาณิชย์

สำหรับการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์ภูแล พบว่า สับปะรดตัดแต่งที่บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PP หรือ PE แล้วเจาะรูขนาดรูเข็ม 4 รู มีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ยนานที่สุด โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน โดยยังคงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

ในการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนแกะเมล็ดตัดแต่ง พบว่า การหั่นชิ้นเนื้อทุเรียนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและอายุการเก็บรักษาของเนื้อทุเรียน แต่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยกว่าทุเรียนที่แกะเมล็ดแล้วบรรจุทั้งพู โดยที่บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุทุเรียนในการศึกษาครั้งนี้ให้คุณภาพการเก็บรักษาที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติและสามารถเก็บได้นาน 15 วัน แต่เมื่อพิจารณาจากการตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ พบว่าคุณภาพการเก็บรักษาของเนื้อทุเรียน คือ 10 วัน ดังนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเตรียมผลิตผลคือเรื่องของความสะอาดและการลดปริมาณจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์

ส่วนการบรรจุมะม่วงดิบตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุง OPP ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเนื้อมะม่วงได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นหมดสภาพการวางจำหน่ายหลังเก็บนานเพียง 3 วัน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2554. กล้วยหอมทอง. หน้า 4-5 ใน: *การเก็บรักษาผลไม้และผัก*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 40 หน้า.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2. [ระบบออนไลน์]. http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/VARITY/dmscguide1.pdf. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 6 กันยายน 2558.

จงกลนี วิทยารุ่งเรืองศรี และสุชัญญา พลเพชร. 2549. พลาสติกบรรจุอาหารและกล่องโฟม ใช้อย่างไรให้ปลอดภัย. ศูนย์ปฏิบัติการความปลอดภัยด้านอาหาร. [ระบบออนไลน์]. http://www.fda.moph.go.th/project/foodsafety/foodbackhome/news/ภัยร้ายจากกล่องโฟม.doc. เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 16 มิถุนายน 2551.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549ก. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. พิมพ์ครั้งที่ 6. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 396 หน้า.

_____. 2549ข. *ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช*. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 543 หน้า.

จิราพร ไร่พุทธา สุทธิวัลย์ สีทา เสาวภา ไชยวงศ์ และพันธ์สิริ สุทธิลักษณ์. 2554. ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ทีต่อคุณภาพของสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูแล. *ว. วิทย. กษ.* 42: 673-676.

นิรมล สันติภาพวิวัฒนา และเนตรา สมบูรณ์แก้ว. 2551. ผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุแบบสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่ออายุการวางจำหน่ายสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค. *ว. วิทย. กษ.* 39: 311-314.

ปรางค์ทอง กวานห้อง เบญจมาส รัตนชินกร ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ และคมจันทร์ สรงจันทร์. 2552. ผลของภาชนะบรรจุและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่ออายุการเก็บรักษาของทุเรียนพร้อมบริโภค. หน้า 81-92 ใน: *รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตผักและผลไม้พร้อมบริโภค ประจำปี 2549-50*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 179 หน้า.

_____ และ เบญจมาส รัตนชินกร. 2552. ผลของกรดแอสคอร์บิกและการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อคุณภาพสับปะรดตัดแต่ง. *ว. วิทย. กษ.* 40: 601-604.

_____. 2553. ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนพร้อมบริโภค. *ว. วิทย. กษ.* 41: 785-788.

ปวีณา ปาณะวร. 2535. *การเก็บรักษาเนื้อของทุเรียนพันธ์หมอนทอง.* ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 11 หน้า.

Ashraf, M.A., M.J. Maah, and I. Yusoff. 2010. Estimation of antioxidant phytochemicals in four different varieties of durian (*Durio Zibethinus* Murray) fruit. *Middle East Journal of Scientific Research*. 6: 465-471.

Aurore, G., B. Parfait, and L. Fahrasmane. 2009. Banana, raw materials for making processed food products. *Trends Food Sci. Tech.* 20: 78-91.

Chudhangkura A., S. Maneepun, W. Varanyanond, S. Satonsaovapak, P. Anantraksakul, L. Wattanasiritham, S. Saiyudthong and J. Japakaset. 2009. Quality of mimimally processed durian. [online] http://www.ifrpd.ku.ac.th/staff/cc/cc243.pdf. Available from 6 March 2010.

Farber, J.N., L.J. Harris, M.E. Parish, L.R. Beuchat, T.V. Suslow, J.R. Gorney, E.H. Garrett and F.F. Busta. 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh-cut produce. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*. 2: 142-160.

Hodges, D.M. and P.M.A. Toivonen. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biol. Technol*. 48: 155-162.

Hunt, R.W.G. 1998. *Measuring color*. 3rd ed. Ellis Horwood, New York.

Jay, M.J., M.J. Loessner and D.A. Golden. 2005. *Modern food microbiology.* 7th ed. Springer Science Inc. New York, NY, USA. 782 p.

Karichiappan, K., L.C. Huat and C.S. Thai. 2000. Minimally processed fruits in Singapore. Pp 123-128. In: Johnson, G.L., To, L.V., Duc, N.D. and Webb, M.C. (Eds.). Quality assurance in agricultural produce, ACIAR Proceedings 100, MARDI, Kuala Lumpur, Malaysia.

Ketsa, S. and S. Pangkool. 1994. The effect of humidity on ripening of durians. *Postharvest Biol. Technol*. 4 (1-2): 159-165.

Llorach, R., A. Martínez-Sánchez, F. A. Tomás-Barberán, M. I. Gil and F. Ferreres. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chem*. 108: 1028-1038.

Merrero, A and A.A. Kader. 2006. Optimal temperature and modified atmosphere for keeping quality of fresh-cut pineapples. *Postharvest Biol Technol*. 39: 163-168.

Montero-Calderon, M., M.A. Rojas-Gras and O. Martin-Belloso. 2008. Effect of packaging condition on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biol Technol.* 50: 182-189.

OliveGreen Marketing. 2007. http://www.olivegreen.com.sg/pdf/Styrofoam%20Report%20-%20OliveGreen%20Marketing.pdf . Available from 16 June 2008.

Peryam, D.R. and N.F. Girardot. 1952. Advanced taste test method. *Food Eng.* 24: 58-61.

Phonyiam, O., A. Kongsuwan, and S. Setha. 2016. Effect of short-term anoxic treatment on internal browning and antioxidant ability in pineapple cv. Phulae. *International Food Research Journal.* 23: 521-527.

Rattanpanone, N., Y. Lee, T. Wu and A.E. Watada. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. Hortscience 36: 1091-1095.

Rico, D., A.B. Martin-Diana, J.M. Barat and C. Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Trends Food Sci. Technol*. 18: 373-386.

Sivakumar, D. and L. Korsten. 2006. Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention of litchi cv. Mauritius. Postharvest Biol. Technol. 41: 135-142.

University of the District of Columbia. 2015. Lettuce. [Online]. http://www.udc.edu/docs/causes/online/Lettucesm.pdf. Available from 10 December 2015.

Voon, Y.Y., N.S.A. Hamid, G. Rusul, A. Osman and S.Y. Quek. 2006. Physicochemical, microbial and sensory changes of minimally processed durian (Durio zibethinus cv. D24) during storage at 4 and 28°C. *Postharvest Biol. Technol*. 42: 168-175.

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพผลิตผลสดให้ใกล้เคียงกับวันเก็บเกี่ยวมากที่สุดเพื่อให้ผู้บริโภคได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี ดังนี้จึงต้องมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในกระบวนการจัดการดังกล่าว เช่น การจัดการอุณหภูมิที่เหมาะสม การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง การใช้เคลือบผิว การใช้สารดูดซับเอทิลีน การใช้สารยับยั้งเอทิลีน การจัดการระบบการขนส่ง การควบคุมสภาพบรรยากาศ การประเมินการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างการเก็บรักษา การบรรจุภัณฑ์ การประเมินคุณภาพโดยการไม่ทำลายตัวอย่าง และการผลิตผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เป็นต้น

กิจกรรมงานวิจัย 1 ผลของ Modified atmosphere packaging และอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผัก

การใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ PE สามารถทดแทนการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE เพื่อลดต้นทุนในการบรรจุภัณฑ์ผัก 4 ชนิด ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะเพรา ในโหระพา และสะระแหน่ ส่วนการเก็บรักษาในสภาพที่เหมาะสมในการส่งออกนั้น พบว่า ผักชีฝรั่งและสะระแหน่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 18 วัน ในขณะที่กะเพราและโหระพาสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส นาน 6 และ 9 วัน ตามลำดับแต่เมื่อวิเคราะห์ถึงสภาพในการขนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศซึ่งต้องใช้อุณหภูมิเดียวกันกับผักในแต่ละชนิดจึงแนะนำให้ทำการขนส่งผักทั้ง 4 ชนิด ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษากะเพราได้นาน 6 วัน โหระพาได้นาน 9 วัน ผักชีฝรั่งและสะระแหน่ได้นานถึง 18 วัน โดยที่ผักทั้ง 4 ชนิดยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กิจกรรมงานวิจัย 2 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อใช้ในการยืดอายุผลิตผลสด

สารเคลือบผิวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การสุก และการเกิดโรคของมะม่วงได้ โดยสารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20 และ 25% สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้นาน 20 วัน ที่ 12 องศาเซลเซียส และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง มะม่วงสามารถสุกได้ปกติ กลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้สารเคลือบผิว OPE 25% ยังเป็นสารเคลือบผิวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง โดยเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ได้นาน 15 วัน และคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กิจกรรมงานวิจัย 3 การใช้เทคโนโลยีควบคุมบรรยากาศด้วย CO_2 ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุผลิตผลสด

มะม่วงที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อ และคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างทางสถิติกับผลมะม่วงที่

ไม่ได้รับ CO_2 โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จะสุกภายใน 4 วัน และเมื่อนำการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงแก่ผลมะม่วงร่วมกับการเก็บรักษาในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน และใช้ระยะเวลาสุกที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) นาน 4 วัน แต่การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีผลชัดเจนในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง

ผลลองกองที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลลองกองที่ไม่ได้รับ CO_2 แต่อย่างไรก็ตาม การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงทำให้ผลลองกองเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น และเมื่อนำการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงยังไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาลองกองได้ โดยผลลองกองบรรจุในฟิล์มพลาสติกทุกกรรมวิธีมีผลหลุดร่วงเกือบทั้งหมดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา

กิจกรรมงานวิจัย 4 การใช้ 1 – Methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

การรมผลมะม่วงด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มในการช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงให้ช้าลงกว่าผลที่ไม่รมสารเฉลี่ยนาน 3 วัน หลังการเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยผลมะม่วงที่รมด้วยสาร 1-MCP 1.5 หรือ 2.0 $\mu l \cdot L^{-1}$ นาน 6 หรือ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์บางชนิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วง โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการนิ่มและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และช่วยให้ผลมะม่วงสุกช้ากว่าการไม่รมสาร ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยมะม่วงยังคงสุกได้ตามปกติ การรมมะม่วงด้วย 1-MCP 2.0 $\mu l \cdot L^{-1}$ ก่อนห่อด้วยโฟมตาข่ายช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้ดีกว่าความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเก็บได้นานสูงสุดถึง 34 วัน ขณะที่มะม่วงที่ไม่รมสารและห่อด้วยโฟมตาข่ายเก็บรักษาได้นานเพียง 26 วัน และเมื่อใช้ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุมะม่วงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC หรือถุง PE เจาะรู สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 37 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ

กิจกรรมงานวิจัย 5 การจัดทำฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผลิตผลสด

ศึกษาอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลิตผลสด โดยทำการทดลองในผลไม้ และผัก รวม 22 ชนิด ผลไม้ได้แก่ แก้วมังกรพันธุ์ไทย(เนื้อสีขาว) กล้วยไข่ กล้วยหอม ฝรั่งพันธุ์กิมจู มะม่วง มังคุด ลองกอง กระท้อน สละสับปะรด ส้มเขียวหวานและส้มโอ ในผักได้แก่ กะเพรา ชะพลู ต้นหอม ตะไคร้ ถั่วฝักยาว ใบบัวบก ผักชีไทย ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งจีน พริกขี้หนู แมงลัก และโหระพา พบว่า กล้วยไข่ กล้วยหอม มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทองมี

อัตราการหายใจในช่วงแรกต่ำ จากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลเริ่มสุก ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตเอทิลีนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง สำหรับผลไม้กลุ่มที่อัตราการหายใจจะสูงในช่วงแรก และค่อยๆ ลดลงจนคงที่ หรือผลิตผลเสื่อมสภาพ ได้แก่ ฝรั่งพันธุ์กิมจู ลองกอง สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง กระท้อนพันธุ์ปุยฝ้าย ส้มเขียวหวาน และสละพันธุ์สุมาลี ซึ่งมีอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-60 มล.CO_2/กก./ชม. เช่นเดียวกับการผลิตเอทิลีนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นมังคุดระยะสายเลือด และระยะสีชมพูเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนสูงถึง 250 และ 350 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับในขณะที่มังคุดมีการเปลี่ยนแปลงสีผล (ผลมังคุดเริ่มสุก) ส่วนอัตราการหายใจของผักทุกชนิดที่ทำการทดลองพบว่าแนวโน้มของอัตราการหายใจเป็นในไปในทิศทางเดียวกันคือ อัตราการหายใจจะสูงในช่วง 1-2 วันของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง จนคงที่ หรือผลิตผลเสื่อมสภาพ ซึ่งผักในกลุ่มกะเพรา แมงลัก และโหระพาจะมีอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 100-250 มล.CO_2/กก./ชม. ซึ่งสูงกว่าผักชนิดอื่นที่มีอัตราการหายใจเฉลี่ยไม่เกิน 100 มล.CO_2/กก./ชม. และยังสอดคล้องกับแนวโน้มการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

กิจกรรมงานวิจัย 6 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกผักและผลไม้บางชนิด

การจัดการคุณภาพและอุณหภูมิของมังคุดที่ขนส่งทางอากาศไปประเทศออสเตรเลีย พบว่าการบรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูกโดยตรงทำให้กล่องกระดาษลูกฟูกเปียกชื้นและภายในตู้โหลดพบไอน้ำเกาะรอบๆตู้ ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่มังคุดบรรจุในถุง PE ก่อนบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกนั้นกล่องกระดาษลูกฟูกอยู่ในสภาพปกติไม่ชุ่มน้ำ ภายในตู้โหลดสินค้ามีความชื้นเล็กน้อยและภายในถุง PE มีความชื้นสูง มังคุดมีความสดและไม่พบการเกิดโรค เมื่อนำมาเก็บต่อที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มังคุดที่เก็บในถุง PE มีขั้วผลและกลีบเลี้ยงสดกว่ามังคุดที่ไม่บรรจุถุง แต่เมื่อเก็บนานขึ้นพบการเกิดโรคซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวบริเวณขั้วผล โดยมังคุดที่เก็บในถุง PE เจาะรูและไม่เจาะรูรักษาความสดของมังคุดได้ดีกว่ามังคุดที่ไม่บรรจุถุง เมื่อทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5-15 องศาเซลเซียส ตามอุณหภูมิท้องถิ่นที่เมืองเมลเบิร์น พบว่า เก็บได้นานประมาณ 7 วัน โดยการเก็บมังคุดในถุง PE หรือ PP เจาะรู จะช่วยรักษาความสดของมังคุดได้

กิจกรรมงานวิจัย 7 การพัฒนาการใช้ Near Infrared Spectroscopy (NIR) ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา

การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์4 มะม่วงพันธุ์มหาชนก ฝรั่งพันธุ์กิมจู ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง โดยใช้เครื่องวัดNIR แบบพกพาวัดการสะท้อนของแสงช่วงคลื่นสั้นระหว่าง 700-1100 นาโนเมตรกับผลไม้ พบว่า สมการที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวัดของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรด และน้ำหนักแห้งของมะม่วงทั้งสองพันธุ์ มีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์สูงกว่า

0.90 และมีค่าผิดพลาดมาตรฐานในการสร้างสมการและการทำนายค่าที่จะวัดและค่าความผิดพลาดต่ำ ซึ่งสามารถนำมาเทคนิค NIR มาใช้ในการทำนายคุณภาพได้

กิจกรรมงานวิจัย 8 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

ทดสอบการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักตัดแต่งพร้อมบริโภคบางชนิด พบว่า มะเขือเปราะ ที่ตัดแต่งเหลือกลีบเลี้ยงและก้านผลยาว 1 เซนติเมตร ในบรรจุภัณฑ์ชนิด PE สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ส่วนการบรรจุเมล็ดสะตอในบรรจุภัณฑ์ OPP มีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยมีคะแนนความสดสูงกว่าและยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้มากกว่าเมื่อเก็บรักษานานถึง 10 วัน ขณะที่การเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอส และบัตเตอร์เฮดในบรรจุภัณฑ์ OPP ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสและบัตเตอร์เฮดนาน 12 วัน

ทดสอบการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคบางชนิด ได้แก่ กล้วยหอม สับปะรดพันธุ์ภูแล ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ และมะม่วงดิบพันธุ์เขียวเสวย พบว่า การบรรจุกล้วยหอมผ่าซีกในบรรจุภัณฑ์มีส่วนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก คงความสด และชะลอการสุกของผลกล้วยได้ดีกว่าการไม่ใส่ในบรรจุภัณฑ์ การบรรจุผลกล้วยหอมตัดแต่งขั้วในบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ M4 ช่วยในการชะลอการสุกได้ดีที่สุด ทำให้เก็บรักษาได้นาน 29-30 วัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ ส่วนสับปะรดหั่นชิ้นที่บรรจุถาดแล้วปิดถาดด้วยฟิล์ม PP หรือ PE แล้วเจาะรูขนาดรูเข็ม 4 รู ช่วยรักษาคุณภาพและยังเป็นที่ยอมรับหลังเก็บรักษานาน 6 วัน ขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ไม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับคุณภาพการเก็บรักษาทุเรียน พบว่า ทุเรียนที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดให้ผลวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และการรับประทานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ และการสูญเสียน้ำหนัก โดยหลังเก็บรักษานาน 20 วัน บรรจุภัณฑ์ถุง PP และ PE มีการสะสม CO_2 เฉลี่ยสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ขณะที่ทุเรียนตัดแต่งที่บรรจุในถาดหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด และในการเก็บรักษามะม่วงดิบตัดแต่ง พบว่า การบรรจุมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเนื้อมะม่วงได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นถึง 6 วัน ขณะที่กว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นหมดสภาพการวางจำหน่ายหลังเก็บนานเพียง 3 วัน แต่การบรรจุในถุง OPP มีปัญหาในเรื่องของกลิ่นหมักและรสชาติที่ผิดปกติหลังเก็บนานกว่า 6 วัน