

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร
2. โครงการวิจัย : เทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อรักษาคุณภาพเงาะพันธุ์โรงเรียน
3. ชื่อการทดลอง : ทดสอบเทคโนโลยีเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน
: Technology Validation to Reduce Postharvest Losses During Transportation and Storage of ‘Rong-Rien’ Rambutan

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	: นางศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์	กวป. กรมวิชาการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	: นางสาวบุญญวดี จิระวุฒิ	กวป. กรมวิชาการเกษตร
	นางสาวเนตรา สมบูรณ์แก้ว	กวป. กรมวิชาการเกษตร
	นางสาวคมจันทร์ สรงจันทร์	กวป. กรมวิชาการเกษตร
	นางสาวประไพ หงษา	สวพ. 6 กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ

เงาะ (*Nephilium lappaceum* L.) เป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากมีการสูญเสียอย่างรวดเร็วทำให้สีเปลือกและขนเงาะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบการเกิดโรคผลเน่าได้ง่ายระหว่างการเก็บรักษาส่งผลให้ไม่สามารถส่งออกเงาะไปยังประเทศปลายทางที่อยู่ไกลได้ การทดสอบเทคโนโลยีเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและการขนส่งเงาะพันธุ์โรงเรียนเพื่อการส่งออก โดยดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2562 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร การทดลองประกอบด้วย 3 การทดลองย่อย คือ การทดลองย่อยที่ 1 การศึกษาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม โดยเก็บเกี่ยวเงาะจากสวนเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี ในระยะที่เปลือกเป็นสีแดงอ่อนหรือระยะสามสีที่ขนเงาะยังเป็นสีเขียว คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลงมาตัดแต่งขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.2 เซนติเมตร จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและน้ำสบู่อ่อน แล้วผึ่งให้หมาดก่อนบรรจุผลเงาะในบรรจุภัณฑ์ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม คือ 1) บรรจุในตะกร้าพลาสติก 2) บรรจุในถุง MAP (ความหนา 25 ไมครอน และค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน) 3) บรรจุในถุง LDPE เงาะรู (เส้นผ่าศูนย์กลาง

0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู) และ 4) บรรจุในกล่องโฟมปิดทับด้วยน้ำแข็ง เก็บรักษาเงาะที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน จากการศึกษาพบว่า ผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลน้อยที่สุด รวมทั้งพบการเกิดโรคน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น และสามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลเงาะบรรจุในถุง LDPE เงาะจะรู้ตะกร้าพลาสติก และกล่องโฟมสามารถเก็บรักษาได้นาน 10 6 และ 4 วัน ตามลำดับ การทดลองย่อยที่ 2 ทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม โดยบรรจุผลเงาะในบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด คือ 1) บรรจุในกล่องโฟมปิดทับด้วยน้ำแข็ง 2) บรรจุในตะกร้าพลาสติก 3) บรรจุในถุง MAP และ 4) แช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะ *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 ก่อนบรรจุในถุง MAP เก็บรักษาเงาะที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ และนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน พบว่าการบรรจุเงาะในถุง MAP สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกและขนเงาะได้ และการแช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะแล้วบรรจุในถุง MAP สามารถลดการเกิดโรคผลเน่าของเงาะในระหว่างการเก็บรักษาได้ ผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนบรรจุในถุง MAP สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 และ 10 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมและตะกร้าพลาสติกสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน การทดลองย่อยที่ 3 การทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม โดยบรรจุผลเงาะในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด คือ 1) บรรจุในตะกร้าพลาสติก 2) บรรจุในถุง MAP (ความหนา 25 ไมครอน และมีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน) และ 3) แช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะ *B. amyloliquefaciens* DL9 ก่อนบรรจุในถุง MAP เก็บรักษาเงาะที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน พบว่า การบรรจุเงาะในถุง MAP สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะได้ และการแช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนบรรจุในถุง MAP สามารถช่วยลดการเกิดโรคผลเน่าของเงาะในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนบรรจุในถุง MAP สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วนผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน จากการทดลองนี้สามารถนำชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะ *B. amyloliquefaciens* DL9 ไปใช้ควบคุมโรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวร่วมกับการใช้ถุงพลาสติกดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) สำหรับการบรรจุผลเงาะเพื่อการส่งออก ซึ่งสามารถพัฒนาและนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

Abstract:

Rambutan (*Nephilium lappaceum* L.) has short storage life because of rapid water loss and skin browning. Due to this problem it is difficult to export rambutan. Present technology validation to reduce postharvest losses during transportation and storage of 'Rong-Rien' rambutan. The first experiment was to study of packaging for keeping the quality and prolong storage life of rambutan. The fruit (approximately 1 kg) were packed in plastic baskets, active packaging bags (MAP bag; 0.025 mm thick, 12,000 cc/m²/d OTR), perforated LDPE bags (5 mm hole diameter, 8 holes/bags) and foam boxes with crushed ice, stored in cold room at 13°C,

90-95% RH for 16 days. All treatment was randomly opened for check the quality every 2 days. It was found that active packaging bags could delay browning and prolong storage life of the fruit by 14 days. Fruits packed in perforated LDPE bags, plastic baskets and foam boxes had 10, 6 and 4 days storage life, respectively. Further experiment was to determine the effect of packaging for prolong storage life of rambutan (packing size 8 kg). The fruit (approximately 8 kg) were packed in foam boxes with crushed ice, plastic baskets, active packaging bags (MAP bag; 0.025 mm thick, 12,000 cc/m²/d OTR), and the fruit were dipped in bio-formulation of the biological control agent, *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 for 5 minuits before packed in active packaging bags (MAP bag; 0.025 mm thick, 12,000 cc/m²/d OTR) and then stored at 13°C, 90-95% RH. for 14 days and all treatment was randomly opened for check the quality every 2 days. It was found that biocontrol agent could reduce fruit rot disease and prolong storage life of the fruit by 12 days. Active packaging bags could delay browning of the fruit and prolong storage life of the fruit by 10 days. The fruit packed in foam boxes and plastic baskets had 6 days storage life. Afterward, the effect of suitable packaging for transportation and storage of rambutan (packing size 18 kg). The fruit (approximately 18 kg) were packed in plastic baskets, active packaging bags (MAP bag; 0.025 mm thick, OTR 12,000 cc/m²/day) and fruits were dipped in bio-formulation of the biological control agent, *B. amyloliquefaciens* DL9 for 5 minuits before packed in active packaging bags (MAP bag; 0.025 mm thick, OTR 12,000 cc/m²/d), stored at 13°C, 90-95% RH. for 14 days. All treatment was randomly opened for check the quality every 2 days. It was found that biocontrol agent could reduce fruit rot disease and prolong storage life of the fruit by 12 days. Active packaging bags could delay browning of the fruit and prolong storage life of the fruit by 10 days. The fruit packed in foam boxes with crushed ice and plastic baskets had 6 days storage life. The results suggest that biocontrol agent based on DL9 *B. amyloliquefaciens* could be a potential source to reduce fruit rot disease and active packaging bags could delay discoloration of skin and spintern of rambutan, which could be further commercial development.

6. คำนำ

เงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกอยู่ทางภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศ ในปี 2561 มีปริมาณการผลิตเงาะรวมทั้งประเทศ 272,353 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) แต่สามารถส่งออกเงาะสดไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ไม่ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ของเงาะที่ผลิตได้ โดยเงาะส่วนใหญ่จะบริโภคภายในประเทศเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากเงาะมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายสั้น สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้อง (26-30 องศาเซลเซียส) ได้เพียง 3 วัน เท่านั้น (อรรถพล, 2548)

เนื่องจากบริเวณขนเงามีปากใบจำนวนมากและที่ปลายขนยังมีขนเล็ก ๆ (trichome) ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการคายน้ำ ส่งผลให้เงามีอัตราการสูญเสียน้ำสูงและมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีขนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว (เฉลิมชัยและศิริชัย, 2555; Yingsanga *et al.*, 2008) การยืดอายุการเก็บรักษาเงาทำได้โดยการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เงาเกิดความเสียหายจากความเย็นหรือที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเงาคือ 12-13 องศาเซลเซียส จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลเงาได้ (Sripong *et al.*, 1998)

การเก็บรักษาเงาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงหรือในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลให้นานขึ้น ซึ่งการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง เป็นการปรับส่วนประกอบของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปกติในบรรยากาศมีก๊าซออกซิเจนประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพดังกล่าวจะมีออกซิเจนมากพอในการหายใจ การลดปริมาณออกซิเจนลงจะทำให้การหายใจของผักและผลไม้รวมทั้งจุลินทรีย์ลดลง และการเพิ่มของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลให้การหายใจของผลิตผลลดลงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้การเก็บรักษาผลิตผลในบรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพบรรยากาศเหมาะสมจะช่วยลดอาการผิวดก การเกิดสีน้ำตาล (browning) และลดการเกิดอาการสะท้อนหนาวได้ (Devon and Kader, 1988) อย่างไรก็ตาม การตอบสนองต่อปริมาณของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละพืชไม่เท่ากัน หากปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปกว่าที่ผลิตผลจะทนทานได้ จะทำให้เกิดความเสียหายที่เรียกว่า carbon dioxide injury ผลิตผลจะเกิดลักษณะมีรสเปรี้ยว มีความอ่อนตัว มีสีผิวและกลิ่นที่เปลี่ยนไป ในผลไม้บางประเภทมีการสุกที่ผิวดก ดังนั้น จึงไม่ควรให้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปในขณะการเก็บรักษา (Kader, 1995)

บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (polyethylene: PE) เป็นพลาสติกที่มีการใช้มากในอุตสาหกรรมบรรจุ เนื่องจากมีราคาต่ำและมีสมบัติทางการบรรจุที่ดี เช่น มีความยืดหยุ่นสูง ทนทานต่อการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ดี (งามทิพย์, 2550) สำหรับประเทศไทยมีการพัฒนาฟิล์มพลาสติกชนิดแอคทีฟ (active film) หรือฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำให้ฟิล์มพลาสติกมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate: OTR) ครอบคลุมตั้งแต่ช่วง 6,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน แผ่นฟิล์มมีลักษณะใส เกิดฝ้าน้อย และมีความหนาน้อยกว่าฟิล์มพลาสติกทั่วไปประมาณร้อยละ 25 แต่คงความแข็งแรงเท่าฟิล์มพลาสติกที่จำหน่ายในท้องตลาด (บุญรักษ์, 2559) และมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถให้ก๊าซที่ใช้ในกระบวนการหายใจซึมผ่านเข้าออกได้ดีและสอดคล้องกับอัตราการใช้และการสร้างก๊าซในกระบวนการหายใจทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (equilibrium modified atmosphere: EMA) ขึ้นในถุงบรรจุภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 2-15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้เกิดการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้นานขึ้น 2-5 เท่า และยังสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ให้อยู่ระหว่าง 95-99 เปอร์เซ็นต์ (ศรีธัญญา, 2552) สำหรับการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเงาพันธุ์โรงเรียน ศิรگانต์และเบญจมาศ (2553)

ได้ศึกษาการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนระยะสามสี ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ ขนาด 30.5x38.0 เซนติเมตร พบว่า ถุงพลาสติกที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีความหนา 25 ไมครอน และมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate: OTR) 12,000-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเงาะได้ และรักษาคุณภาพเงาะได้นาน 16 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยเก็บใน LDPE ไม่เจาะรู และเจาะรู 1 2 และ 3 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า เงาะที่เก็บในถุง LDPE ไม่เจาะรู เก็บรักษาได้นาน 16 วัน โดยมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ 7 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ส่วนเงาะที่บรรจุในถุง LDPE เจาะรู เก็บรักษาได้นาน 12 วัน (Sri-laong *et al.*, 2002)

สำหรับการส่งออกเงาะสดไปจำหน่ายยังต่างประเทศของไทย ในปัจจุบันมีการส่งไปจำหน่ายยังประเทศเพื่อนบ้านที่มีระยะทางการขนส่งไม่ไกล เช่น เวียดนาม พม่า และกัมพูชา โดยจะขนส่งด้วยรถบรรทุกคลุมด้วยผ้าใบโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและส่วนใหญ่จะขนส่งในช่วงเวลากลางคืน เมื่อถึงตลาดปลายทางต้องรับนำเงาะออกจำหน่ายเนื่องจากผลเงาะจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็ว โดยจะแสดงอาการผลเหี่ยวและสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งการวิจัยเพื่อหาวิธีการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกและขนเงาะ เป็นสิ่งสำคัญที่จะสามารถเพิ่มปริมาณการส่งออกเงาะสดไปยังต่างประเทศได้ ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา รวมถึงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาให้คงที่ ช่วยลดการสูญเสีย น้ำ ส่งผลให้สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีขนของเงาะได้

นอกจากนี้ การเข้าทำลายของเชื้อราทำให้เกิดอาการผลเน่าของเงาะก็เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา เชื้อราสาเหตุของโรคมียหลายชนิด คือ *Lasiodiplodia theobromae*, *Gliocephalotrichum* spp., *Greeneria* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Pestalotiopsis* sp., *Phomopsis* sp. ที่เป็นสาเหตุทำให้ผลิตผลเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (บุญญวดีและสุภา, 2552) จึงมีความจำเป็นต้องหาแนวทางในการควบคุมโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวร่วมด้วย แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ต้องคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ รวมถึงประเทศคู่ค้าทั้งยุโรปและสหรัฐอเมริกา มักนำเรื่องความปลอดภัยของอาหารมาเป็นเครื่องมือกีดกันทางการค้า จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่มีอันตรายแล้วหาวิธีการอื่นมาใช้ทดแทน ได้แก่ การใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา ลดการเกิดโรคผลเน่า และยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะได้นานขึ้น การศึกษาของ บุญญวดีและคณะ (2559) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะ พบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ สายพันธุ์ DL9 PN10 และ DL7 สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคผลเน่าของเงาะที่ปลูกเชื้อรา *L. theobromae* ได้ 57.82 55.82 และ 52.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ดีกว่าอิมิซาลิล 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อนำแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ มาพัฒนาชีวภัณฑ์ในรูปแบบผง หลังจากเก็บชีวภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า สูตรชีวภัณฑ์ที่มีส่วนผสมแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม น้ำมันถั่วเหลือง 1 มิลลิลิตร และซูโครส 10 กรัม มีอัตราการอยู่รอดของแบคทีเรียปฏิปักษ์ PN10 DL7 และ DL9 สูง เท่ากับ 8.05×10^8 3.73×10^8 และ 8.53×10^7 cfu/g ตามลำดับ ซึ่งชีวภัณฑ์

ของแบคทีเรียปฏิปักษ์ PN10 DL7 และ DL9 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะที่ปลูกเชื้อรา *L. theobromae* ได้ดีเช่นเดียวกับการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์โดยตรง

ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงได้ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุผลเงาะพันธุ์โรงเรียนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในขนาดบรรจุสำหรับการส่งออกเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน รวมถึงทดสอบการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อลดการเกิดโรคผลเน่าและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะสำหรับการส่งออก

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เงาะพันธุ์โรงเรียน
2. ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* DL9
3. ถุงพลาสติกดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) ความหนา 25 ไมครอน อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate: OTR) 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR) 19.3 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน
4. ถุงพลาสติก LDPE เงาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู
5. ตะกร้าพลาสติก
6. กล่องโฟม
7. แผ่นฟองน้ำ
8. กระดาษรองผลไม้
9. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N
10. น้ำกลั่น
11. น้ำแข็งบด
12. data logger
13. ห้องเย็น
14. เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพ
 - เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง
 - เครื่องวัดสีแบบพกพา ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-10
 - เครื่องวัดความแน่นเนื้อ ยี่ห้อ LLOYD Instrument รุ่น LF plus
 - เครื่อง digital refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PR-101
 - เครื่อง auto titration acidity ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น DL53 Titrator

วิธีการ

สำรวจวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเงาะพันธุ์โรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวในแปลงปลูก การจัดการที่จุดรวบรวมผลผลิตหรือโรงคัดบรรจุ และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการขนส่งเพื่อการส่งออก เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการดำเนินงานวิจัย การทดลองในครั้งนี้แบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย คือ

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม

1.1 เก็บเกี่ยวผลเงาะจากสวนเกษตรกร ในจังหวัดจันทบุรี ในระยะที่เปลือกเป็นสีแดงอ่อนหรือระยะสามสีที่ขนเงาะยังเป็นสีเขียว คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง ตัดแต่งขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.2 เซนติเมตร จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและน้ำสบู่อ่อน แล้วผึ่งให้หมาด ก่อนบรรจุผลเงาะในบรรจุภัณฑ์

1.2 วางแผนการทดลองแบบ split plot design จำนวน 5 ซ้ำ โดยมี

main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุเงาะ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุผลเงาะในตะกร้าพลาสติก โดยใช้ฟองน้ำรองตะกร้าก่อนบรรจุผลเงาะ แล้วปิดทับด้วยกระดาษด้านบนก่อนปิดฝาตะกร้า ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุผลเงาะในถุง MAP ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม รัดปากถุงก่อนบรรจุในตะกร้าพลาสติก

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุผลเงาะในถุง LDPE เงาะรู (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เงาะรูจำนวน 8 รู) ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม รัดปากถุงก่อนบรรจุในตะกร้าพลาสติก

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุผลเงาะ จำนวน 1 กิโลกรัม ในกล่องโฟมที่เงาะรูบริเวณก้นกล่องจำนวน 2 รู วางแผนฟองน้ำรองด้านบน ปิดทับด้วยน้ำแข็งบดแล้วปิดฝากล่องโฟมและปิดกล่องให้สนิทด้วยเทปกาว

subplot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน เป็นเวลา 16 วัน

1.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ แล้วสุ่มมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน

1.4 การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก = $\frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก วัดบริเวณส่วนกลางของผลเงาะผลละ 2 จุด ด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-10 แล้วบันทึกค่าในระบบ CIE LAB โดยดูค่าความสว่างของสีหรือค่า L-value ซึ่งค่า L-value มีค่า 0 ถึง 100 ถ้าค่า L-value มาก แสดงว่าสีสว่างมาก โดยที่ระดับ L-value เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ
- ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่อง texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD Instrument รุ่น LF plus โดยใช้ Load cell ขนาด 20 นิวตัน หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร กดด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตร ต่อนาที กดลึกลงไป 10 มิลลิเมตร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น นิวตัน

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids: TSS) โดยนำน้ำคั้นของเงาะ มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย digital refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PR-101 ค่าที่ได้มี หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์
- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) โดยไทเทรตน้ำคั้นของเงาะกับ NaOH 0.1 N ด้วยเครื่อง auto titrator acidity ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น DL53 Titrator ค่าที่ได้คำนวณเป็น เปอร์เซ็นต์ของกรดซิตริก
- เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของเงาะ โดยคำนวณจากผลเงาะที่เกิดโรคเทียบกับปริมาณเงาะ ทั้งหมดในบรรจุภัณฑ์แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค
- การให้ค่าคะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความชำนาญจำนวน 5 คน ได้แก่
 - ค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาะ 1-4 คะแนน คือ 1= ไม่เหี่ยว 2= เหี่ยวเล็กน้อย 3= เหี่ยวปานกลาง 4= เหี่ยวมาก
 - ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะ 1-5 คะแนน คือ 1= ไม่เกิดสีน้ำตาล 2= เกิดสีน้ำตาล 1-20 เปอร์เซ็นต์ 3= เกิดสีน้ำตาล 21-40 เปอร์เซ็นต์ 4= เกิดสีน้ำตาล 41-60 เปอร์เซ็นต์ 5= เกิดสีน้ำตาลมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์
 - ค่าคะแนนกลิ่นผิดปกติ 1-4 คะแนน คือ 1= ปกติ 2= ผิดปกติเล็กน้อย 3= ผิดปกติ ปานกลาง 4= ผิดปกติมาก
 - ค่าคะแนนความชอบโดยรวม โดยการให้ค่าคะแนน 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2= ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= เฉย ๆ (ยอมรับ) 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

2. ทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม

- 2.1 เตรียมชีวภัณฑ์แบบที่เรียกปฏิบัติ DL9 โดยใช้ชีวภัณฑ์อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร
- 2.2 เก็บเกี่ยวเงาะในระยะสามสัปดาห์ที่ขนเงาะยังเป็นสีเขียว จากสวนเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง มาตัดแต่งขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.2 เซนติเมตร จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและน้ำสบู่อ่อนแล้วผึ่งให้หมาด ก่อนบรรจุผลเงาะในบรรจุภัณฑ์
- 2.3 วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 5 ซ้ำ โดยมี
 - main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุผลเงาะ ได้แก่
 - กรรมวิธีที่ 1 บรรจุผลเงาะในกล่องโฟมที่เจาะรูบริเวณก้นกล่องจำนวน 4 รู ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม แล้ววางแผนพองน้ำปิดด้านบนปิดทับด้วยน้ำแข็งบด แล้วปิดฝากล่องโฟมและปิดกล่องให้สนิทด้วย เทปกาว
 - กรรมวิธีที่ 2 บรรจุผลเงาะในตะกร้าพลาสติก โดยใช้กระดาษกรุตะกร้าก่อนบรรจุผลเงาะ ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม แล้วปิดทับด้วยกระดาษด้านบนของตะกร้า

กรรมวิธีที่ 3 บุตะกร้าพลาสติกด้วยถุง MAP แล้วบรรจุผลเงาะลงในถุงขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม รัดปากถุงให้สนิท

กรรมวิธีที่ 4 แช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัณช์ DL9 โดยใช้ชีวภัณฑ์อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร นาน 5 นาที ผึ่งเงาะให้หมาด แล้วนำเงาะมาบรรจุในตะกร้าที่บุด้วยถุง MAP ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม รัดปากถุงให้สนิท

subplot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน

2.4 เก็บรักษาเงาะที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1

3. ทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งและเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม

3.1 เตรียมชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัณช์ DL9 โดยใช้ชีวภัณฑ์อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร

3.2 เก็บเกี่ยวเงาะในระยะสามสีที่ขนเงาะยังเป็นสีเขียว จากสวนเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง มาตัดแต่งขั้วให้มีความยาวประมาณ 0.2 เซนติเมตร จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและน้ำสบู่อ่อนแล้วผึ่งให้หมาดก่อนบรรจุผลเงาะในบรรจุภัณฑ์

3.3 วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 5 ซ้ำ โดยมี

main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุผลเงาะ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 บรรจุผลเงาะในตะกร้าพลาสติก โดยใช้กระดาษกรุตะกร้าก่อนบรรจุผลเงาะ ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม แล้วปิดทับด้วยกระดาษด้านบนของตะกร้า

กรรมวิธีที่ 2 บุตะกร้าพลาสติกด้วยถุง MAP แล้วบรรจุผลเงาะลงในถุง ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม และรัดปากถุงให้สนิท

กรรมวิธีที่ 3 แช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัณช์ DL9 โดยใช้ชีวภัณฑ์อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร นาน 5 นาที ผึ่งผลเงาะให้หมาด แล้วนำผลเงาะมาบรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม และรัดปากถุงให้สนิท

subplot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยนำมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน

3.4 เก็บรักษาเงาะที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ สุ่มมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) : ตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2562

สถานที่ดำเนินการ : อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการสำรวจวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเงาะพันธุ์โรงเรียนที่จังหวัดจันทบุรีของเกษตรกรและผู้ประกอบการ พบว่า การเก็บเกี่ยวเงาะจะเก็บเกี่ยวในช่วงเช้า เกษตรกรจะใช้ตาข่ายสีฟ้าปูรองใต้ต้นเงาะ สำหรับเงาะต้นใหญ่จะใช้เคียวเกี่ยวกิ่งเงาะที่ต้องการให้ตกลงมายังตาข่ายหรือใช้บันไดปีนขึ้นไปบนต้นแล้วใช้มือหักกิ่งเงาะให้ตกลงมายังตาข่ายสีฟ้าที่ปูไว้ สำหรับเงาะต้นเตี้ยจะใช้มือหักกิ่งแล้ววางไว้ที่พื้น เมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จแล้วจะใช้มือบิดผลใส่ในตะกร้าพลาสติกหรือเชิงพลาสติก ซึ่งจะคัดผลเงาะที่ไม่ได้ขนาด ขนสั้น หรือมีโรคและแมลงออกไปพร้อมด้วย (Figure 1) จากนั้นขนส่งเงาะโดยรถกระบะหรือรถมอเตอร์ไซด์พ่วงข้างไปยังจุดรวบรวมผลผลิตหรือโรงคัดบรรจุ (Figure 2) เมื่อซั้่น้ำหนักผลผลิตที่เกษตรกรนำมาจำหน่ายเรียบร้อยแล้ว ล้างผลเงาะในอ่างน้ำขนาดใหญ่ที่ผสมน้ำยาล้างจาน (Figure 3) แล้วนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์สำหรับการส่งออก ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบคือ บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่เป็นหูเหล็กที่ตะกร้าสามารถเรียงซ้อนกันได้ ตะกร้าจะกรุด้วยกระดาษทั้งตะกร้ารวมถึงใช้กระดาษปิดด้านบนของตะกร้าด้วย (Figure 4A) ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม หรือการบรรจุเงาะในกล่องโฟมที่เจาะรูเพื่อระบายน้ำที่ก้นกล่อง ปิดด้านบนด้วยฟองน้ำแล้วปิดทับด้วยน้ำแข็งบดแล้วปิดฝากล่องด้วยเทปใสให้ (Figure 4B) สำหรับการส่งออกจะส่งออกไปประเทศเพื่อนบ้าน คือ ประเทศเวียดนาม พม่า และกัมพูชาที่ใช้ระยะเวลาการขนส่งไม่นาน ขนส่งโดยใช้รถกระบะหรือรถสิบล้อคลุมด้วยผ้าใบและจะขนส่งในช่วงเวลากลางวัน (Figure 5) ใช้ระยะเวลาการจัดการตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงตลาดปลายทางประมาณ 2-3 วัน



Figure 1 Harvesting and trimming at the rambutan orchard



Figure 2 Transport from the orchard to packing house



Figure 3 Wash the fruit before packing at the packing house



(A) Plastic basket (packing size 18 kg)



(B) Packed in foam box cover with crushed ice (packing size 15 kg)

Figure 4 Rambutan packaging for export to neighboring countries



Figure 5 Transport to neighboring countries: Vietnam, Myanmar, Cambodia

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

1. การศึกษาบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม

การศึกษารวบรวมข้อมูลเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม มี 4 กรรมวิธี คือ 1) บรรจุผลเงาะในตะกร้าพลาสติก 2) บรรจุผลเงาะในถุง MAP ก่อนบรรจุลงในตะกร้าพลาสติก 3) บรรจุผลเงาะในถุง LDPE เงาะสุก ก่อนบรรจุในตะกร้าพลาสติก และ 4) บรรจุผลเงาะในกล่องโฟมแล้วปิดทับด้วยน้ำแข็งบด (Figure 6) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน พบว่า

การสูญเสียน้ำหนัก การเก็บรักษาผลเงาะในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดเพียง 0.21 เปอร์เซ็นต์ และผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP และถุง LDPE เงาะสุก มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 0.52 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ส่วนผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 5.85 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุเกิดจากผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่มีช่องระบายอากาศทั่วทั้งตะกร้าทำให้ผลเงาะสัมผัสกับอากาศได้โดยตรงถึงแม้จะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำก็ตาม ส่งผลให้ผลเงาะเกิดการสูญเสียน้ำได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของผิวเปลือกเงาะด้านนอกที่คล้ายกับ trichome เรียกว่า spintern เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการคายน้ำ และขนเงาะยังมีปากใบ (stomata) มากกว่าบนผิวของผลถึง 5 เท่า ดังนั้นจึงทำให้เงาะสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว (สายชล, 2537)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก สำหรับสีเปลือกและขนของผลเงาะระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เมื่อวัดค่า L-value หรือค่าความสว่างของสี ผลเงาะที่เก็บในถุง MAP ที่มีค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน มีค่า L-value เฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษาสูงที่สุด 34.47 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสีเปลือกของเงาะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการให้ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่พบว่า ผลเงาะที่เก็บในถุง MAP มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด (Table 3) สำหรับผลเงาะที่เก็บรักษาในกล่องโฟม ตะกร้าพลาสติก และถุง LDPE เงาะสุก มีค่า L-value และค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเงาะนาน 4 วัน (Figure 7) ผลเงาะที่เก็บรักษาในถุง MAP และถุง LDPE เงาะสุก สีเปลือกและขนเงาะมีการเกิดสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าคะแนน 1.17 และ 2.41 คะแนน ตามลำดับ ส่วนผลเงาะที่เก็บในตะกร้าพลาสติกสีเปลือกและขนมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลซึ่งเป็นผลจากการที่เงาะมีการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา (Landrigan et al., 1994) โดยมีค่าคะแนน 3.08 คะแนน ซึ่งหมายถึง ผลเงาะมีสีน้ำตาล 21-40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว สำหรับผลเงาะที่เก็บในกล่องโฟมปิดทับด้วยน้ำแข็งด้านบนจะสังเกตพบว่า ผลเงาะที่อยู่ส่วนบนของกล่องเกิดความเสียหายจากน้ำแข็งทำให้เปลือกเงาะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว (Figure 8)

ความแน่นเนื้อ ความแน่นเนื้อของผลเงาะในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่เก็บในตะกร้าพลาสติก เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ผลเงาะมีอาการเหี่ยวจากการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่ากรรมวิธีอื่นถึง 10 เท่า ทำให้เปลือกแห้งและมีความแน่นเนื้อหรือความแข็งของเปลือกเพิ่มมากขึ้นกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 10.09 นิวตัน (Table 4) ส่วนผลเงาะที่เก็บรักษาในถุง MAP ถุง LDPE เงาะสุก และกล่องโฟม มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากับ 9.49 9.71 และ 9.52 นิวตัน

ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลเงาที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงซึ่งมีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำสามารถช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ pectin methylesterase และ polygalacturonase ที่เข้ามาย่อยสลายเพกตินหรือส่วนประกอบอื่นของผนังเซลล์ ทำให้ความแน่นเนื้อของผลเปลี่ยนแปลงช้าลง (O'Hare *et al.*, 1994)

การให้ค่าคะแนน การให้ค่าคะแนนความเหี่ยว การเกิดกลิ่นผิดปกติ และความชอบโดยรวมของผลเงาระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาทุกกรรมวิธีมีอาการเหี่ยวมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Figure 9) ซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามผลเงาที่เก็บในถุง MAP มีค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งการเก็บรักษาสีผลสดในบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี โดยในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงผลิตผลจะมีอัตราการหายใจต่ำ ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง นอกจากนี้ฟิล์มพลาสติกยังช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้อีกด้วย (Zagory and Kader, 1988) สำหรับการเกิดกลิ่นผิดปกติของผลเงา พบว่า ผลเงาที่เก็บรักษาในกล่องโฟมพบการเกิดกลิ่นผิดปกติเร็วที่สุด เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ซึ่งสาเหตุเกิดมาจากกล่องโฟมที่บรรจุผลเงาเป็นกล่องทึบ ก๊าซไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ จึงเกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไปเป็นสาเหตุให้ผลเงาเกิดกลิ่นผิดปกติ ส่วนผลเงาที่เก็บในตะกร้าพลาสติกและถุง LDPE เงาจะเกิดกลิ่นผิดปกติเมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน ซึ่งเป็นกลิ่นผิดปกติจากโรคผลเน่าของเงาที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ส่วนผลเงาที่บรรจุในถุง MAP พบการเกิดกลิ่นผิดปกติเมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน และค่าคะแนนความชอบโดยรวม โดยการชิมของผลเงาระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผลเงาที่เก็บรักษาในถุง MAP มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 14 วัน โดยมีค่าคะแนนความชอบ 5.77 คะแนน (Table 5) ในขณะที่ผลเงาที่เก็บใน ถุง LDPE เงาจะ ทุกระยะพลาสติก และกล่องโฟม เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษานานไม่เกิน 8 และ 4 วัน ตามลำดับ

การเกิดโรค การเกิดโรคของผลเงาระหว่างการเก็บรักษานั้นพบว่า ผลเงาที่เก็บรักษาในกล่องโฟมเกิดโรคเร็วที่สุด เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน พบการเกิดโรค 9.33 เปอร์เซ็นต์ (Table 6) ผลเงาที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกพบการเกิดโรค 4.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บนาน 6 วัน ส่วนผลเงาที่เก็บรักษาในถุง MAP พบการเกิดโรคช้าที่สุด โดยพบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน 5.33 เปอร์เซ็นต์

คุณภาพทางเคมี เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลเงาพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลเงาในระหว่างการเก็บรักษามีค่าประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ (Table 7) โดยผลเงาที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 19.39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลเงาที่บรรจุในกล่องโฟมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุดเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 18.77 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี (Table 8)

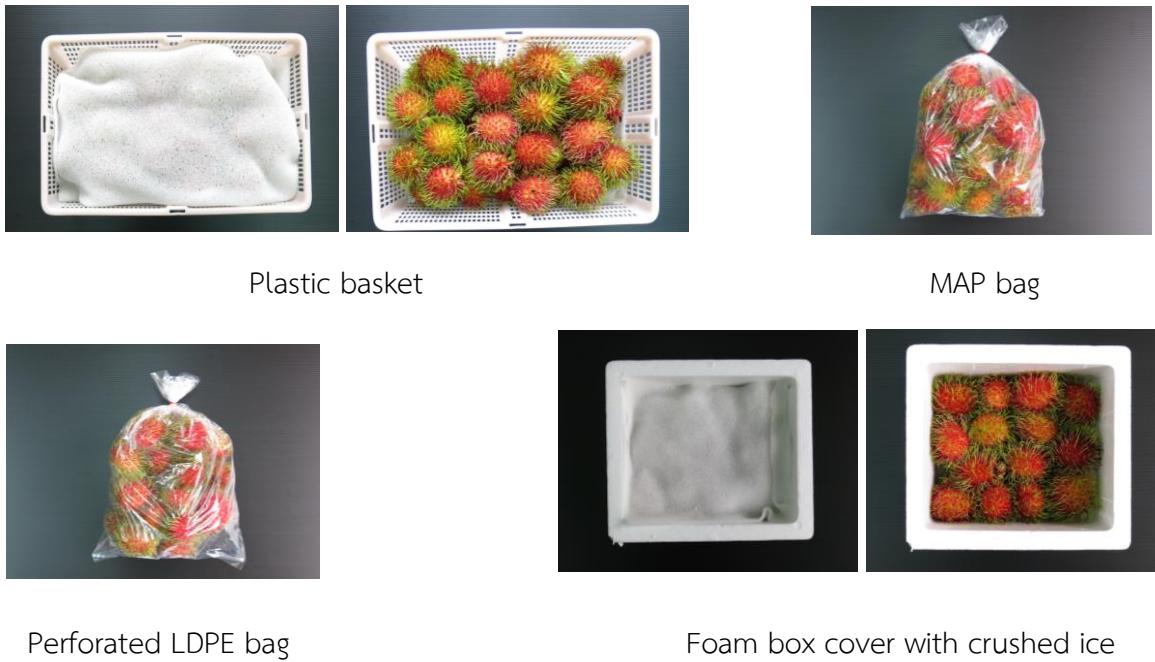


Figure 6 Treatment of rambutan packed in different packaging (packing size 1 kg)

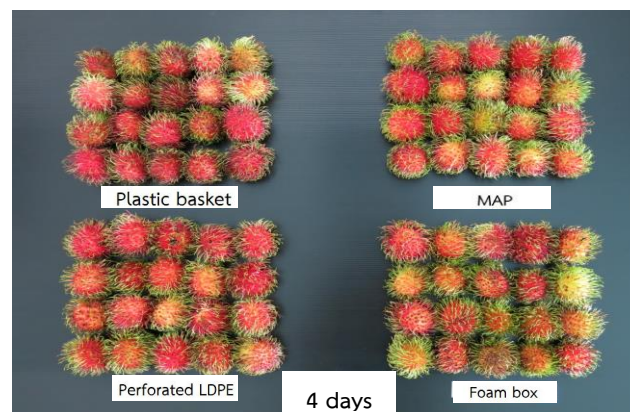


Figure 7 Rambutan (1 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 4 days



Figure 8 Browning skin of rambutan packed in foam box cover with crushed ice stored at 13°C for 4 days



Figure 9 Rambutan (1 kg) packed in different packaging during stored at 13°C

Table 1 Weight loss (%) of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								Average of treatment
	2	4	6	8	10	12	14	16	
Plastic basket	1.08	2.42	3.99	5.38	7.49	8.29	8.92	9.21	5.85 c
MAP bag	0.14	0.31	0.34	0.41	0.54	0.70	0.80	0.88	0.52 ab
Perforated LDPE bag	0.20	0.48	0.42	0.70	0.92	0.92	1.06	1.28	0.75 b
Foam box with crushed ice	0.07	0.08	0.14	0.16	0.16	0.23	0.36	0.50	0.21 a
Average of storage time	0.37 A	0.82 AB	1.22 B	1.66 B	2.28 BC	2.54 C	2.79 C	2.97 C	

CV (treatment) = 11.7% CV (storage time) = 15.1%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 2 L-value of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)									Average of treatment
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	
Plastic basket	39.86	33.55	31.45	31.15	30.78	29.51	28.17	26.96	25.35	30.75 b
MAP bag	39.41	37.95	38.05	35.39	33.18	32.94	31.77	31.22	30.33	34.47 a
Perforated LDPE bag	39.65	34.82	35.14	32.72	30.96	28.06	27.91	26.92	25.08	31.25 b
Foam box with crushed ice	39.78	35.48	35.88	33.06	29.59	29.42	27.60	27.35	26.48	31.63 b
Average of storage time	39.67 A	35.45 B	35.13 B	33.08 C	31.13 D	29.98 DE	28.86 EF	28.11 FG	26.81 G	

CV (treatment) = 2.6% CV (storage time) = 5.0%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 3 Skin browning score of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Plastic basket	1.00 a A	1.40 ab B	3.08 d B	4.03 c C	4.05 b C	5.00 c D	5.00 b D	5.00 b D	5.00 b D
MAP bag	1.00 a A	1.05 a A	1.17 a A	1.61 a B	1.68 a B	2.21 a C	2.48 a CD	2.76 a D	3.10 a E
Perforated LDPE bag	1.00 a A	1.36 ab B	2.41 b C	3.55 b D	4.45 c E	5.00 c F	5.00 b F	5.00 b F	5.00 b F
Foam box with crushed ice	1.00 a A	1.62 b B	2.73 c C	3.92 c D	4.43 c E	4.63 b E	5.00 b F	5.00 b F	5.00 b F

CV (treatment) = 7.1% CV (storage time) = 6.6%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Skin browning score 1-5 : 1= none, 2= browning 1-20%, 3= browning 21-40% , 4= browning 41-60%, 5= browning more than 60%

Table 4 Firmness (N) of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)									Average of treatment
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	
Plastic basket	9.31	9.86	10.00	10.07	10.11	10.16	10.29	10.45	10.56	10.09 a
MAP bag	8.94	9.39	9.63	9.76	9.62	9.39	9.68	9.45	9.55	9.49 a
Perforated LDPE bag	9.38	9.68	9.76	9.62	9.94	9.72	9.74	9.78	9.75	9.71 a
Foam box with crushed ice	9.03	9.48	9.75	9.84	9.51	9.45	9.48	9.52	9.61	9.52 a
Average of storage time	9.17 A	9.60 B	9.78 B	9.82 B	9.80 B	9.68 B	9.80 B	9.80 B	9.87 B	

CV (treatment) = 2.5% CV (storage time) = 3.2%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 5 Overall preference scores of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Plastic basket	7.55 a A	7.55 a B	6.50 b B	5.44 b C	4.44 b D	4.55 b D	3.66 c E	2.66 c F	2.66 c F
MAP bag	7.22 a AB	7.66 a A	7.33 a AB	6.77 a B	5.89 a BC	6.00 a BC	5.55 a C	5.77 a BC	4.78 a D
Perforated LDPE bag	7.66 a A	7.33 a A	7.17 ab A	6.22 ab B	5.44 a C	4.66 b D	4.55 b DE	4.22 b DE	3.78 b E
Foam box with crushed ice	7.66 a A	7.33 a A	5.89 b C	4.44 c C	4.66 b C	4.66 b C	4.22 bc C	4.11 b C	3.22 bc D

CV (treatment) = 9.6% CV (storage time) = 8.9%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Overall preference score according to 9-point hedonic scale from: 1= dislike extremely 2= dislike very much 3= dislike moderately 4= dislike slightly 5= neither like nor dislike 6= like slightly 7= like moderately 8= like very much 9= like extremely

Table 6 Disease (%) of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Plastic basket	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	4.00 a B	17.33 b B	25.33 c B	57.33 c C	84.00 b D	100.00 b E
MAP bag	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	5.33 a AB	10.67 a B	16.00 a B
Perforated LDPE bag	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	10.67 b B	32.00 b C	93.33 bc D	100.00 b E
Foam box with crushed ice	0.00 a A	0.00 a A	9.33 b B	23.33 b C	28.33 c C	33.33 c C	100.00 d D	100.00 c D	100.00 b D

CV (treatment) = 20.0% CV storage time) = 16.8%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 7 Total soluble solids (%) of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)									Average of treatment
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	
Plastic basket	19.27	19.83	19.77	19.70	19.70	19.50	19.37	18.77	18.63	19.39 a
MAP bag	19.57	19.60	18.83	18.67	18.53	18.90	18.33	18.87	18.87	18.91 ab
Perforated LDPE bag	19.93	19.23	19.23	19.00	19.23	18.87	18.90	19.30	18.47	19.13 ab
Foam box with crushed ice	18.80	19.77	18.90	18.63	18.83	18.60	18.07	18.53	18.80	18.77 b
Average of storage time	19.39 B	19.61 AB	19.18 BC	19.00 BC	19.08 BC	19.97 A	18.67 C	18.87 BC	18.69 C	

CV (treatment) = 4.0% CV (storage time) = 2.7%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 8 Titratable acidity (%) of rambutan (1 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)									Average of treatment
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	
Plastic basket	0.49	0.48	0.46	0.43	0.54	0.51	0.50	0.50	0.44	0.48 a
MAP bag	0.50	0.50	0.43	0.48	0.51	0.50	0.51	0.47	0.47	0.49 a
Perforated LDPE bag	0.48	0.53	0.42	0.47	0.52	0.51	0.48	0.45	0.46	0.48 a
Foam box with crushed ice	0.48	0.44	0.45	0.46	0.50	0.51	0.50	0.47	0.49	0.48 a
Average of storage time	0.49 AB	0.49 AB	0.44 C	0.46 BC	0.52 A	0.51 A	0.50 AB	0.47 B	0.46 BC	

CV (treatment) = 8.9% CV (storage time) = 7.6%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

2. ทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม

การทดสอบบรรจุภัณฑ์สำหรับการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 8 กิโลกรัม มี 4 กรรมวิธี คือ 1) บรรจุผลเงาะในกล่องโฟมปิดทับด้วยน้ำแข็งแล้วปิดฝาให้สนิท 2) บรรจุผลเงาะในตะกร้าพลาสติก 3) บรรจุผลเงาะในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP และ 4) แช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรีย DL9 ผึ่งให้แห้งแล้วบรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP เก็บรักษาเงาะที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ผลการทดสอบพบว่า

การสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะในบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 4.78 เปอร์เซ็นต์ (Table 9) ผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันเฉลี่ย 0.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมไม่มีการสูญเสียน้ำหนักซึ่งเป็นเพราะผลเงาะบรรจุในกล่องโฟมที่ปิดสนิทและมีความชื้นสูงจากน้ำแข็งที่ละลาย

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ค่า L-value ในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมมีค่าความสว่างของสีต่ำที่สุดหรือสีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่ากรรมวิธีอื่น จากการที่เงาะได้รับความเย็นโดยตรงจากน้ำแข็งทำให้สีเปลือกของเงาะที่สัมผัสกับน้ำแข็งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล รวมถึงผลเงาะบรรจุอยู่ในกล่องโฟมที่เป็นภาชนะปิด ก๊าซผ่านเข้าออกได้ยาก ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจ ทำให้สีเปลือกของเงาะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้เร็วกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่า L-value เฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 23.84 (Table 10) ส่วนผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีอาการเหี่ยวและมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วเช่นกัน มีค่า L-value เฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 25.31 สำหรับผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธีมีค่า L-value สูงกว่ากรรมวิธีอื่น โดยผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบั้ก่อนบรรจุในถุง MAP มีค่า L-value เฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 31.67 และ 32.75 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการให้ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะที่พบว่า ผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบั้ก่อนบรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 11) เช่นเดียวกับการทดลองของ Srithanyarat and Kwanhong (2018) ที่พบว่าถุงพลาสติก LDPE ที่ปรับสภาพบรรยากาศให้มี OTR 12,000-15,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกและขนเงาะ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะให้นานขึ้นได้ ส่วนผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมและในตะกร้าพลาสติกมีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ความแน่นเนื้อ ผลเงาะทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในระยะแรกของการเก็บรักษาผลเงาะทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เริ่มพบความแตกต่างเมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน โดยผลเงาะที่เก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกมีความแน่นเนื้อต่ำที่สุด 9.83 นิวตัน เมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน (Table 12) ส่วนผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบั้ก่อนบรรจุในถุง MAP และผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟม มีค่าความแน่นเนื้อ 11.02 11.01 และ 10.59 นิวตัน ตามลำดับ

ค่าคะแนน การให้ค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาะ พบว่า อาการเหี่ยวของผลและขนเงาะเริ่มมีความแตกต่างกันชัดเจนเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน โดยเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีอาการเหี่ยวมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าคะแนน 2.00 คะแนน หมายถึง ผลเงาะมีอาการเหี่ยวเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากตะกร้าพลาสติกมีช่องสำหรับ

ระบายอากาศทั่วทั้งตะกร้าทำให้เกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำสูงถึง 3.44 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ผลเงาะมีอาการเหี่ยวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่กรรมวิธีอื่นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำไม่เกิน 0.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัฏ์บรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาะน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น สำหรับค่าคะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติของผลเงาะ พบว่า ผลเงาะบรรจุในกล่องโฟมพบการเกิดกลิ่นผิดปกติเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน สาเหตุเกิดจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมภายในกล่องโฟมสูงและมีผลเงาะเน่าเสีย ผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกพบกลิ่นผิดปกติเมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน จากการที่มีปริมาณผลเงาะเน่าภายในตะกร้าเพิ่มมากขึ้น สำหรับค่าคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า ผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัฏ์ก่อนบรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน โดยมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 5.13 คะแนน หมายถึง เฉย ๆ หรือยอมรับ ส่วนผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP สามารถเก็บรักษาได้นาน 10 วัน (Table 13) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีค่าคะแนนลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากสีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและพบการเกิดโรคมามากขึ้น สำหรับผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมและตะกร้าพลาสติกเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 6 วัน เนื่องจากสีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและพบการเกิดโรคสูงมาก

การเกิดโรค การแช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัฏ์ช่วยลดการเกิดโรคผลเงาะในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยระหว่างการเก็บรักษาโรคเน่าของเงาะเริ่มแสดงอาการในผลเงาะที่เก็บรักษาในกล่องโฟม ตะกร้าพลาสติก และถุง MAP เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ซึ่งพบการเกิดโรค 1.79 1.41 และ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 14) ส่วนผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัฏ์ เริ่มพบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน เท่ากับ 1.39 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบว่า ผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัฏ์ก่อนบรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยที่สุด 9.92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลเงาะบรรจุในถุง MAP มีการเกิดโรคมามากกว่าประมาณ 2 เท่า ของเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิบัฏ์ สำหรับผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมและตะกร้าพลาสติกมีการเกิดโรคสูงถึง 35.26 และ 31.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีรายงานว่า แบคทีเรียปฏิบัฏ์สายพันธุ์ DL9 PN10 และ DL7 มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคผลเงาะของเงาะ โดยเปรียบเทียบกับขนาดแผลบริเวณที่เชื้อรา *L. theobromae* เข้าทำลายมีขนาดแผล 3.40 3.56 และ 3.77 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ การพ่นด้วยน้ำและอิมัลชัน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีขนาดแผล 8.04 และ 6.62 เซนติเมตร แบคทีเรียปฏิบัฏ์สายพันธุ์ DL9 PN10 และ DL7 สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 57.82 55.82 และ 52.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (บุญวาทย์และคณะ, 2559) และการใช้แบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* ที่มีคุณสมบัติในการสร้างสารต้านเชื้อรา สามารถควบคุมโรคผลเงาะหลังเก็บเกี่ยวกับผลไม้หลายชนิด เช่น การใช้แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* PPCB004 ร่วมกับน้ำมันตะไคร้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MAP) สามารถควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลพีชได้ดี (Arrebola et al., 2010)

คุณภาพทางเคมี สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด 18.86 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน (Table 15) ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่จะพบว่า ผลเงาะที่บรรจุในกล่องโฟมและตะกร้าพลาสติกมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธี (Table 16)

Table 9 Weight loss (%) of rambutan (8 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							Average of treatment
	2	4	6	8	10	12	14	
Foam box with crushed ice	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 a
Plastic basket	1.96	2.22	3.44	5.58	6.04	6.85	7.40	4.78 b
MAP bag	0.00	0.00	0.14	0.73	0.95	1.14	1.48	0.63 a
Biocontrol agent + MAP bag	0.00	0.00	0.21	0.56	0.87	1.00	1.58	0.60 a
Average of storage time	0.49 A	0.56 A	0.95 AB	1.72 B	1.96 B	2.25 BC	2.61 C	

CV (treatment) = 34.6% CV (storage time) = 37.2%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 10 L-value of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								Average of treatment
	0	2	4	6	8	10	12	14	
Foam box with crushed ice	37.09	30.55	27.87	27.41	22.99	20.55	13.16	11.08	23.84 b
Plastic basket	36.79	31.18	28.16	28.95	26.15	22.68	15.33	13.23	25.31 b
MAP bag	36.56	35.31	32.96	33.89	30.97	32.31	30.55	29.46	32.75 a
Biocontrol agent + MAP bag	36.83	34.67	32.97	31.59	29.50	30.31	29.87	27.64	31.67 a
Average of storage time	36.82 A	32.93 B	30.49 C	30.46 C	27.40 D	26.46 D	22.23 E	20.35 E	

CV (treatment) = 6.5% CV (storage time) = 4.7%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 11 Skin browning score of rambutan (8 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Foam box with crushed ice	1.00 a A	1.33 a AB	1.83 ab B	2.67 b C	4.00 b C	4.00 b C	4.00 b C	4.00 b C
Plastic basket	1.00 a A	1.67 b B	2.00 b BC	2.33 b C	3.17 b D	4.00 b E	4.00 b E	4.00 b E
MAP bag	1.00 a A	1.00 a A	1.33 a AB	1.33 a AB	1.60 a B	1.38 a AB	1.67 a B	2.67 a C
Biocontrol agent + MAP bag	1.00 a A	1.00 a A	1.50 ab AB	1.44 a AB	1.31 a AB	1.33 a AB	1.67 a B	2.67 a C

CV (treatment) = 19.0% CV (storage time) = 15.9%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Skin browning score 1-5 : 1= none, 2= 1-20%, 3= 21-40% , 4= 41-60%, 5= more than 60%

Table 12 Firmness (N) of rambutan (8 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Foam box with crushed ice	12.03 a A	11.45 a AB	10.94 a B	10.78 a BC	10.59 ab BC	10.26 a BC	9.94 a C	9.33 a C
Plastic basket	12.18 a A	10.96 a B	10.74 a B	10.33 a B	9.83 b BC	8.84 b C	8.81 b C	7.22 b D
MAP bag	12.16 a A	11.31 a A	10.88 a B	10.95 a B	11.01 a B	10.84 a B	10.30 a B	9.95 a B
Biocontrol agent + MAP bag	12.11 a A	11.21 a A	11.19 a B	10.88 a B	11.02 a B	11.03 a B	10.49 a BC	10.07 a C

CV (treatment) = 7.3% CV (storage time) = 5.4%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 13 Overall preference score of rambutan (8 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Foam box with crushed ice	8.67 a A	7.83 a B	7.83 a B	6.67 b C	3.00 c D	2.50 d EF	2.83 c DE	2.17 b F
Plastic basket	8.34 a A	8.00 a AB	7.83 a B	6.83 b C	4.00 b D	3.33 c E	2.50 c F	2.17 b F
MAP bag	8.50 a A	7.83 a B	7.67 a B	7.00 ab C	6.50 a D	5.50 b E	4.50 b F	3.67 a G
Biocontrol agent + MAP bag	8.67 a A	7.67 a B	7.83 a B	7.34 a C	6.83 a D	6.34 a E	5.33 a F	3.67 a G

CV (treatment) = 3.3% CV (storage time) = 4.5%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Overall preference score according to 9-point hedonic scale from: 1= dislike extremely 2= dislike very much 3= dislike moderately 4= dislike slightly 5= neither like nor dislike 6= like slightly 7= like moderately 8= like very much 9= like extremely

Table 14 Disease (%) of rambutan (8 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Foam box with crushed ice	0.00 a A	0.00 a A	1.79 b B	2.43 ab B	9.57 c C	11.24 d D	27.62 d E	35.26 d F
Plastic basket	0.00 a A	0.00 a A	1.41 ab A	3.37 b B	7.10 b C	9.38 c D	25.21 c E	31.80 c E
MAP bag	0.00 a A	0.00 a A	0.19 a A	2.86 b B	2.96 a C	3.82 b D	6.89 b E	17.19 b F
Biocontrol agent + MAP bag	0.00 a A	0.00 a A	0.00 a A	1.39 a B	1.72 a B	1.35 a B	3.32 a C	9.92 a D

CV (treatment) = 8.0% CV (storage time) = 12.1%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 15 Total soluble solids (%) of rambutan (8 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Foam box with crushed ice	18.63 a A	19.31 a A	19.30 a A	19.33 a A	18.73 a A	18.57 a A	19.16 a A	18.54 ab A
Plastic basket	17.82 b B	18.69 ab A	18.90 a A	19.13 a A	18.94 a A	19.03 a A	18.87 a A	18.86 a A
MAP bag	18.87 a A	18.32 b A	18.83 a A	18.80 ab A	18.43 a A	18.53 a A	18.63 a A	18.67 a A
Biocontrol agent + MAP bag	18.93 a AB	18.05 b C	19.43 a A	18.33 b B	18.20 a C	19.10 a B	18.57 a B	17.84 b C

CV (treatment) = 3.5% CV (storage time) = 2.3%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 16 Titratable acidity (%) of rambutan (8 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)								Average of treatment
	0	2	4	6	8	10	12	14	
Foam box with crushed ice	0.45	0.45	0.42	0.41	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43 a
Plastic basket	0.41	0.40	0.44	0.46	0.44	0.45	0.44	0.44	0.43 a
MAP bag	0.42	0.40	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.42	0.39 b
Biocontrol agent + MAP bag	0.42	0.38	0.39	0.43	0.38	0.39	0.38	0.42	0.40 b
Average of storage time	0.42 A	0.41 A	0.41 A	0.42 A	0.41 A	0.42 A	0.41 A	0.42 A	

CV (treatment) = 5.5% CV (storage time) = 6.9%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

3. ทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งและเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม

การทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งและเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาดบรรจุ 18 กิโลกรัม มี 3 กรรมวิธี คือ 1) บรรจุเงาะในตะกร้าพลาสติก 2) บรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP และ 3) แช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะ DL9 แล้วผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยถุง MAP เก็บรักษาเงาะที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ผลการทดสอบพบว่า

การสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียน้ำหนักของผลเงาะในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลเงาะที่เก็บในตะกร้าพลาสติก โดยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 1.37 และ 1.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 17) ในขณะที่ผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 12.11 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลเงาะโดยการวัดค่า L-value พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธีมีค่า L-value ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลน้อยกว่าผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก โดยเห็นได้จากค่า L-value สูงกว่าผลเงาะที่เก็บรักษาในตะกร้าพลาสติก โดยผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีค่า L-value เฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 33.36 และ 33.11 ตามลำดับ ส่วนผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีค่า L-value เฉลี่ยตลอดอายุการเก็บรักษา 24.91 (Table 18) สำหรับค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผลเงาะสอดคล้องกับการวัดค่า L-value ที่พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธีมีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน พบว่า ผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด 1.41 คะแนน (Table 19) ในขณะที่ผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล 1.88 คะแนน ส่วนผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด 4.00 คะแนน คือ ผลเงาะมีการเกิดสีน้ำตาล 41-60 เปอร์เซ็นต์

ความแน่นเนื้อ ผลเงาะเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น การเก็บรักษาผลเงาะทุกกรรมวิธีในระยะ 8 วันแรก พบว่า มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ย 10 นิวตัน (Table 20) แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่า ผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่าผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธี โดยมีความแน่นเนื้อ 8.13 นิวตัน เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่ผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีค่าความแน่นเนื้อ 9.95 และ 9.87 นิวตัน ตามลำดับ

ค่าคะแนน การให้ค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาะ ค่าคะแนนการเกิดกลิ่นผิดปกติ และค่าคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธีมีค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าคะแนนน้อยกว่าผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก โดยผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาะตลอดอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 1.88 และ 1.98 คะแนน ตามลำดับ ส่วนผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีค่าคะแนนความเหี่ยวของผลเงาะสูงที่สุด 2.48 คะแนน การเกิดกลิ่นผิดปกติของผลเงาะ พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน ผลเงาะที่บรรจุใน

ตะกร้าพลาสติกมีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย (1.33 คะแนน) จากอาการเน่าของผลเงาะที่มีถึง 9.84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP เริ่มมีกลิ่นผิดปกติเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ส่วนค่าคะแนนความชอบโดยรวมของเงาะระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 12 วัน (Table 21) รองลงมาคือ เงาะที่เก็บในถุง MAP เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 10 วัน ทั้งนี้เนื่องจากเงาะที่ไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะพบการเกิดโรคมามากกว่าผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุ ส่วนผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บนานไม่เกิน 6 วัน เนื่องจากสีเปลือกของเงาะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและพบการเกิดโรคสูงกว่ากรรมวิธีอื่น

การเกิดโรค สำหรับการเกิดโรคผลเงาะเห็นได้ว่า การแช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะ DL9 นาน 5 นาที ช่วยลดการเกิดโรคเน่าของเงาะในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยจะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาผลเงาะนาน 8 วัน ที่พบว่าผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP พบการเกิดโรคเพียง 0.56 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เงาะบรรจุในถุง MAP และตะกร้าพลาสติกพบการเกิดโรค 3.20 และ 9.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเก็บนาน 14 วัน พบว่า ผลเงาะที่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP พบการเกิด 15.36 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เงาะบรรจุในถุง MAP และตะกร้าพลาสติกพบการเกิดโรค 29.30 และ 53.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 22)

คุณภาพทางเคมี สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธี โดยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 20.87 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 19.60 และ 19.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 23) ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ก็เช่นกัน พบว่า ผลเงาะที่บรรจุในตะกร้าพลาสติกมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าผลเงาะที่บรรจุในถุง MAP ทั้งสองกรรมวิธี โดยเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.45 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลเงาะที่ผ่านและไม่ผ่านการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิชีวนะก่อนการบรรจุในถุง MAP มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.37 และ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 24)

Table 17 Weight loss (%) of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)					
	4	6	8	10	12	14
Plastic Basket	4.81 b A	6.07 b B	7.43 b C	8.17 b D	11.01 b E	12.11 b F
MAP bag	1.25 a A	1.38 a A	1.16 a A	1.22 a A	1.59 a A	1.44 a A
Biocontrol agent + MAP bag	1.21 a A	1.41 a A	1.09 a A	1.23 a A	1.14 a A	1.37 a A

CV (treatment) = 11.1% CV (storage time) = 11.1%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 18 L-value of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)							Average of treatment
	0	4	6	8	10	12	14	
Plastic Basket	38.09	29.17	27.45	25.43	20.32	18.66	15.76	24.91 b
MAP bag	38.70	34.07	33.03	35.14	30.66	30.79	29.39	33.11 a
Biocontrol agent + MAP bag	37.71	34.13	33.46	34.29	31.85	31.79	30.26	33.36 a
Average of storage time	38.00 A	32.46 B	31.32 C	31.62 C	27.61 D	27.08 D	25.14 E	

CV (treatment) = 5.1% CV (storage time) = 4.8%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 19 Skin browning score of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	4	6	8	10	12	14
Plastic Basket	1.00 a A	2.00 a B	2.50 b C	3.38 b D	4.00 c E	4.00 c E	4.00 b E
MAP bag	1.00 a A	1.50 a B	1.50 a B	1.58 a B	1.88 b BC	2.00 b C	3.00 a D
Biocontrol agent + MAP bag	1.00 a A	1.50 a B	1.50 a B	1.50 a B	1.41 a B	1.63 a B	2.75 a C

CV (treatment) = 11.5% CV (storage time) = 12.2%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Skin browning score 1-5 : 1= none, 2= 1-20%, 3= 21-40% , 4= 41-60%, 5= more than 60%

Table 20 Firmness (N) of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	4	6	8	10	12	14
Plastic Basket	12.31 a A	11.13 a B	10.23 a C	9.98 a C	9.23 b D	8.59 b DE	8.13 b E
MAP bag	11.62 a A	10.73 a B	10.46 a BC	9.96 a C	9.84 a C	9.65 a C	9.87 a C
Biocontrol agent + MAP bag	12.04 a A	11.22 a B	10.55 a BC	9.99 a C	10.32 a C	9.87 a C	9.95 a C

CV (treatment) = 4.5% CV (storage time) = 4.6%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 21 Overall preference scores (%) of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	4	6	8	10	12	14
Plastic Basket	8.50 a A	6.17 b B	6.00 b B	4.33 b C	4.00 b C	4.00 c C	2.67 b D
MAP bag	8.17 a A	7.00 a B	6.67 a BC	6.50 a C	5.33 a D	4.83 b E	3.67 a F
Biocontrol agent + MAP bag	8.50 a A	7.00 a B	6.83 a B	6.67 a B	5.67 a C	5.33 a D	3.83 a E

CV (treatment) = 4.9% CV (storage time) = 5.5%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Overall preference score according to 9-point hedonic scale from 1= dislike extremely, 2= dislike very much, 3= dislike moderately, 4= dislike slightly, 5= neither like nor dislike, 6= like slightly, 7= like moderately, 8= like very much, 9= like extremely

Table 22 Disease (%) of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	4	6	8	10	12	14
Plastic Basket	0.00 a A	1.56 a AB	3.11 b B	9.84 c C	13.70 c D	28.00 c E	53.30 c F
MAP bag	0.00 a A	0.16 a A	2.25 ab B	3.20 b BC	4.20 b C	10.80 b D	29.30 b E
Biocontrol agent + MAP bag	0.00 a A	0.20 a A	1.02 a AB	0.56 a AB	1.95 a B	4.40 a C	15.36 a D

CV (treatment) = 8.7% CV (storage time) = 14.9%

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 23 Total soluble solids (%) of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	4	6	8	10	12	14
Plastic Basket	20.01 a B	21.07 a A	20.77 a A	20.77 a A	20.70 a A	21.10 a A	20.87 a A
MAP bag	20.41 a A	20.07 a A	20.00 b A	20.17 b A	18.43 c B	19.97 b A	19.80 b A
Biocontrol agent + MAP bag	20.16 a A	20.27 a A	19.97 b A	19.93 b AB	19.17 b B	19.83 b AB	19.60 b AB
CV (treatment) = 1.9% CV (storage time) = 2.3%							

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

Table 24 Titratable acidity (%) of rambutan (18 kg) during stored at 13°C

Treatment	Storage time (days)						
	0	4	6	8	10	12	14
Plastic Basket	0.38 a B	0.37 b B	0.42 a A	0.45 a A	0.42 a A	0.44 a A	0.45 a A
MAP bag	0.38 a B	0.43 a A	0.34 b C	0.40 b AB	0.38 b B	0.38 b B	0.36 b BC
Biocontrol agent + MAP bag	0.39 a A	0.32 b B	0.34 b B	0.33 c B	0.37 b AB	0.35 b B	0.37 b AB
CV (treatment) = 8.0% CV (storage time) = 7.0%							

Values followed by different lowercase letters in the same column, show significant difference among treatments, $p \leq 0.05$;

Values followed by different uppercase letters in the same row, show significant difference among storage days, $p \leq 0.05$

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1) การเก็บเกี่ยวเงาะ ต้องเก็บเกี่ยวด้วยความระมัดระวังไม่ให้ผลเงาะตกกระทบพื้นหรือสัมผัสกับดิน และภายหลังการเก็บเกี่ยวต้องรีบเคลื่อนย้ายเงาะเข้าร่มทันที ใช้กรรไกรตัดกิ่งตัดแต่งก้านผลให้มีความยาวประมาณ 0.2 เซนติเมตร และบรรจุในภาชนะที่สะอาด

2) การทำความสะอาดผลเงาะภายหลังการเก็บเกี่ยว ต้องล้างผลเงาะด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำสบู่อ่อน และการแช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 นาน 5 นาที สามารถลดการเกิดโรคผลเน่าของผลเงาะในระหว่างการเก็บรักษาได้

3) บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุเงาะพันธุ์โรงเรียน คือ ถุงพลาสติกชนิดดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) ความหนา 25 ไมครอน และค่า OTR 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกและขนเงาะได้ นอกจากนี้การแช่ผลเงาะในชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 นาน 5 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง บรรจุในถุงพลาสติก MAP ช่วยลดการเกิดโรคผลเน่าของเงาะในระหว่างการเก็บรักษา และสามารถเก็บรักษาผลเงาะที่มีขนาดบรรจุ 8 และ 18 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ได้นาน 12 วัน

4) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเงาะคือ อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำผลงานวิจัยไปทดสอบต่อในสเกลที่ใหญ่ขึ้นเพื่อทดสอบการส่งออกและสามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ได้เชิงพาณิชย์

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดจันทบุรี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินการวิจัย

12. เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรตม. 2550. การบรรจุอาหาร. บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 389 หน้า.

เฉลิมชัย วงษ์อารี และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2555. การเก็บรักษาเงาะเพื่อการส่งออก. สืบค้นจาก:

<http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=53>. [16 กันยายน 2557].

- บุญญวดี จิระวุฒิ และสุภา อโนธามณ. 2552. การใช้สารในกลุ่ม GRAS ในการควบคุมโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะ. หน้า 80-96. การประชุมวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ปี 2552. ณ โรงแรมฮอลิเดย์ อินน์ รีสอร์ท รีเจนท์ บีช ชะอำ. เพชรบุรี, 28-30 มิถุนายน 2552
- บุญญวดี จิระวุฒิ อมรา ชินภูติ และรัตตา สุทธยาคม. 2559. โรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวและการควบคุมโดยแบคทีเรียปฏิปักษ์. หน้า 16-32. ผลงานวิจัยดีเด่นกรมวิชาการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.
- บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. 2559. สารนํ้ารู้ : ยีดอายุผักผลไม้สดด้วยบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ. สืบค้นจาก: <https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-knowledge/1389->. [15 ตุลาคม 2560].
- ศรัณยา ศรีรัตน์. 2552. บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (Active Packaging) ช่วยยืดอายุและรักษาคุณภาพของผักและผลไม้สด. *เมืองไม้ผล*. 1: 98-101.
- ศิริกานต์ ศรีธีรัตน์ และเบญจมาศ รัตนชินกร. 2553. ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน. *ว.วิทย์.เกษตร*. 41(2) (พิเศษ): 725-728.
- สายชล เกตุษา. 2537. ผลกระทบของการใช้ฟิล์มพลาสติกกราชชนะบรรจุและอุณหภูมิต่ำที่มีต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของเงาะพันธุ์โรงเรียน. *วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์)*. 2: 149-160.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. หน้า 46-47. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2561. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อรรถพล นุ่มหอม. 2548. เทคนิคและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว. หน้า 2-47. ใน: เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่องการบรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้สดเพื่อเพิ่มศักยภาพการส่งออก. ณ โรงแรม มารวยการ์เด็น กรุงเทพฯ. 18-19 มกราคม 2548.
- Arrebola, E., D. Sivakumar, R. Bacigalupo and L. Korsten. 2010. Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest disease. *Crop Production*. 29: 311-410.
- Devon, Z. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42: 70-77.
- Kader, A.A. 1995. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. *Acta Horticulturae*. 398: 59-70.
- Landrigan, M., V. Sarafis, S.C. Morris and W.B. McGlasson. 1994. Structural aspects of rambutan fruit and their relation to postharvest browning. *J. Hort. Sci.* 69: 571-579.
- O'Hare, T.J., A. Prasad and A.W. Cooke. 1994. Low temperature and controlled atmosphere storage of rambutan. *Postharvest Biol. Technol.* 4: 147-157.

- Srilaong V., S. Kanlayanarat, S. Potchanachai and A. Uthairatanakij. 1998. Effect of low temperature and surface coating on storage life of 'Rong-Rien' rambutan. Pages 379-380. In: XX Horticultural Congress. Brussels, Belgium.
- Srilaong V., S. Kanlayanarat and Y. Tatsumi. 2002. Changes in commercial Quality of 'Rong-Rien' rambutan in modified atmosphere packaging. *Food Sci. Technol. Res.* 8: 337-341.
- Srithanyarat S. and P. Kwanhong. 2018. Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Storage Life of 'Rong-Rien' Rambutan. Pages 99-104. In: Proceedings of the VI International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits. Kafr El-Sheikh, Egypt.
- Yingsanga, P., V. Srilaong, S. Kanlayanarat, S. Noichinda and W.B. McGlasson. 2008. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and POD) in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoo. *Postharvest Biol. Technol.* 50: 164-168.
- Zagory, D. and A.A. Kader. 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.

13. ภาคผนวก



Packed in foam box cover with crushed



Packed in plastic basket



Packed in MAP bag



Dipped in biocontrol agent and packed in MAP bag

Appendix Figure 1 Treatment of rambutan packed in different packaging (packing size 8 kg)



Foam box with crushed ice



Plastic basket



MAP bag



Biocontrol agent + MAP bag

Appendix Figure 2 Rambutan (8 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 6 days



Foam box with crushed ice



Plastic basket



MAP bag



Biocontrol agent + MAP bag

Appendix Figure 3 Rambutan (8 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 8 days



Foam box with crushed ice



Plastic basket



MAP bag



Biocontrol agent + MAP bag

Appendix Figure 4 Rambutan (8 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 10 days



Foam box with crushed ice



Plastic basket

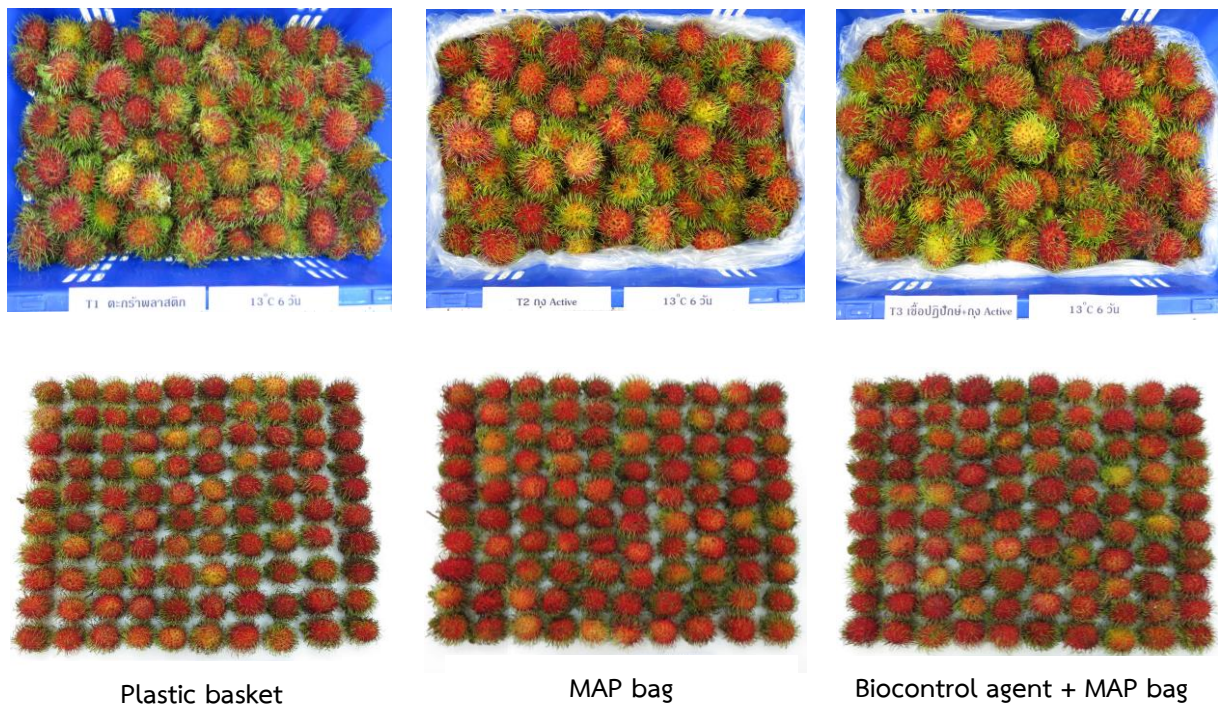


MAP bag

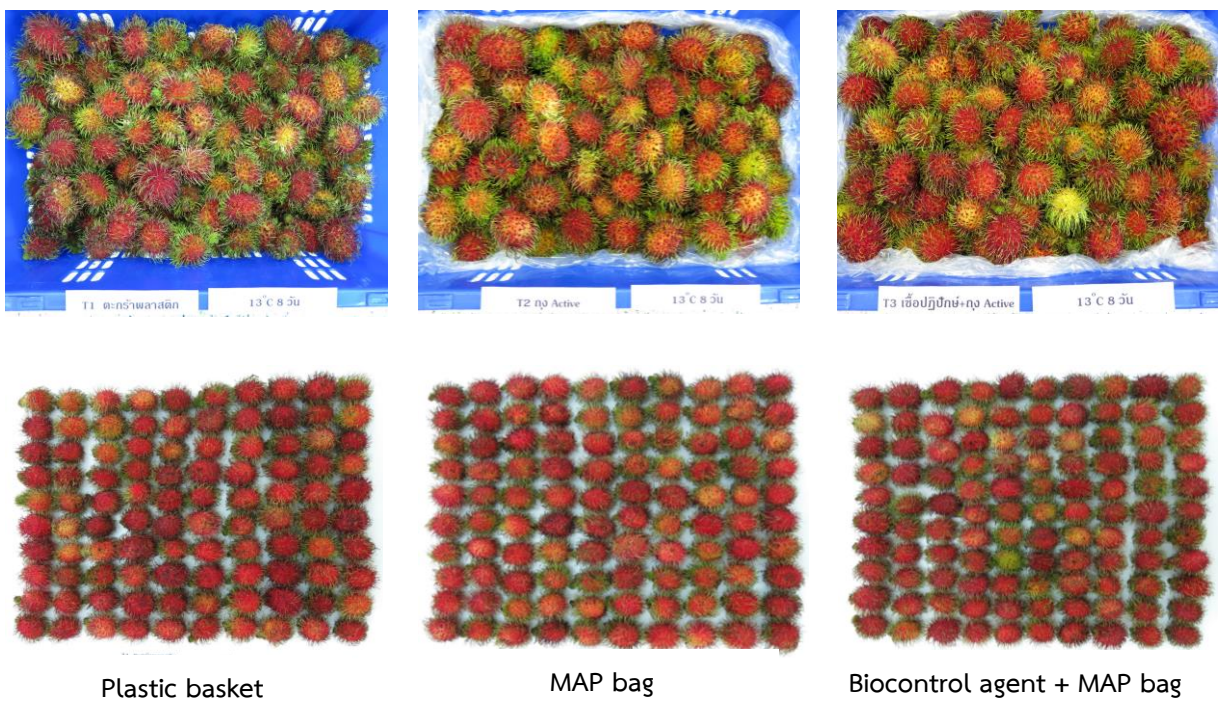


Biocontrol agent + MAP bag

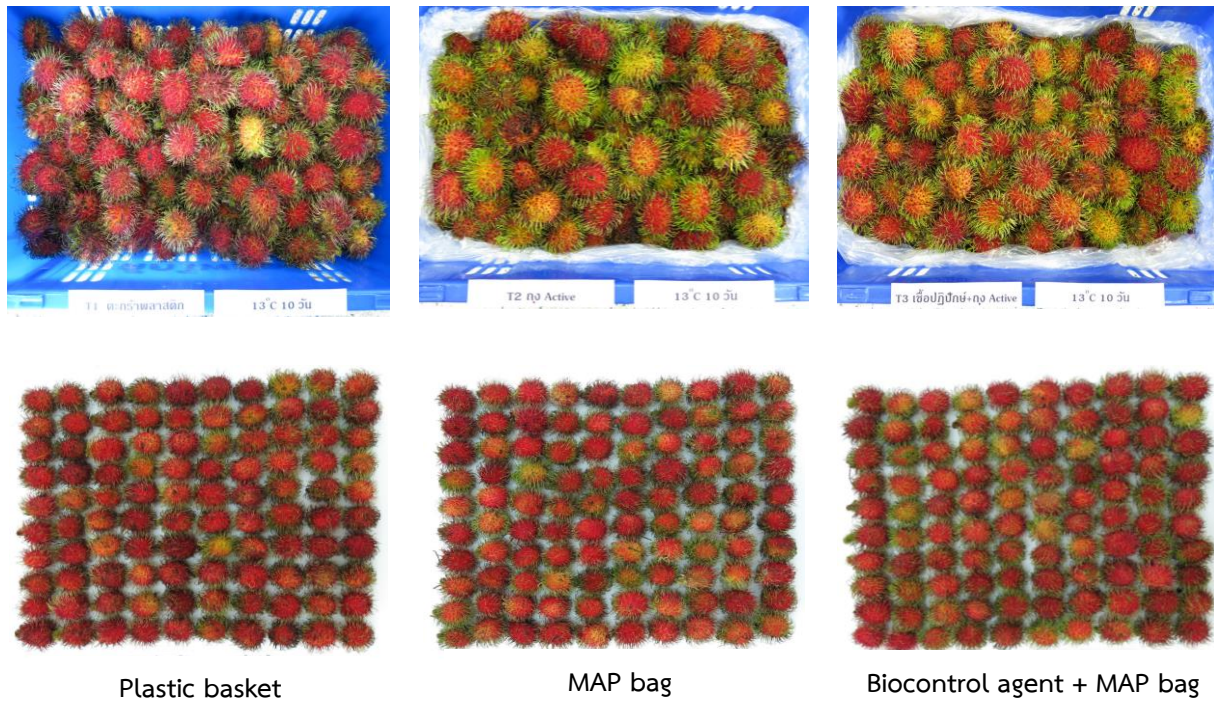
Appendix Figure 5 Rambutan (8 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 12 days



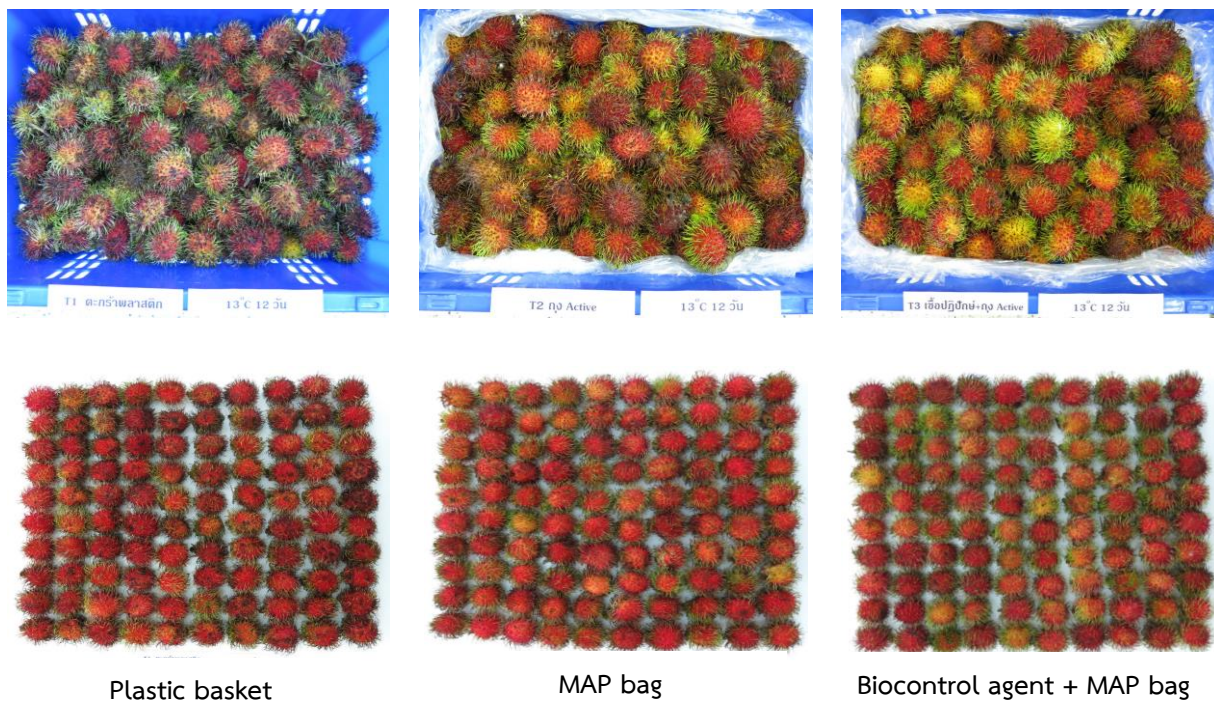
Appendix Figure 6 Rambutan (18 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 6 days



Appendix Figure 7 Rambutan (18 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 8 days



Appendix Figure 8 Rambutan (18 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 10 days



Appendix Figure 9 Rambutan (18 kg) packed in different packaging stored at 13°C for 12 days

