

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร
2. โครงการวิจัย : เทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวตลอดกระบวนการผลิตของผลิตผลสด
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : เทคโนโลยีการลดการสูญเสียระหว่างขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดในภาคตะวันออก
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Technologies to Reduce Postharvest Losses of Mangosteen in the Eastern Thailand
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวปรานค์ทอง กวานห้อง กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
ผู้ร่วมงาน : นางสาวศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นางสาวคมจันทร์ สรจันท์ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ

การศึกษาเทคโนโลยีการลดการสูญเสียระหว่างขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดในภาคตะวันออก มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของมังคุดสดในเขตภาคตะวันออก รวมทั้งหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายผลมังคุดสด ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2562 เริ่มจากการประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลมังคุดสด โดยทำการสำรวจและสุ่มเก็บตัวอย่างผลมังคุดสดจากจังหวัดจันทบุรีและตราดมาประเมินเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรและผู้ประกอบการในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ การเก็บเกี่ยวที่แปลงเกษตรกร จุดรวบรวม โรงคัดบรรจุ ภายหลังการจำลองการส่งออก และภายหลังการขนส่งไปยังตลาดค้าส่ง จากนั้น ทดสอบผลของวิธีการและการจัดการอุณหภูมิระหว่างการขนส่งผลมังคุดสดจากจังหวัดจันทบุรีถึงตลาดค้าส่งในจังหวัดกรุงเทพฯ โดยเปรียบเทียบวิธีการจัดการ 2 แบบ คือ วิธีการที่ 1 การขนส่งตามแบบของเกษตรกร/ผู้ค้า (ไม่มีการใช้วัสดุรอง/กันกระแทกหรือรองด้วยกระดาษ 1 ชั้น และไม่มีการจัดการอุณหภูมิ) และวิธีการที่ 2 การขนส่งด้วยวิธีการแนะนำ (รองด้วยกระดาษรองและฟองน้ำเปื่อยกเพื่อกันกระแทกและช่วยลดอุณหภูมิ) แล้วประเมินคุณภาพและความเสียหายของผลิตผลมังคุดที่เกิดขึ้น เพื่อหาผลความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของผลมังคุดจากการขนส่งทั้งสองวิธีการ แล้วจึงทดสอบผลของการใช้บรรจุภัณฑ์และสาร

ยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อหาบรรจุภัณฑ์และวิธีการที่เหมาะสมในการลดการสูญเสียและยืดอายุการเก็บรักษา และการวางจำหน่ายผลมังคุดสดแบบขายปลีกให้นานขึ้น ทำโดยนำผลมังคุดระยะผิวสีแดงถึงม่วงแดงไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการบรรจุในถุงตาข่าย แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 หรือ 25 องศาเซลเซียส เมื่อได้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม นำไปทดสอบผลการใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับการจุ่มผลมังคุดสดในสารยืดอายุชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ กรดกรดจิบเบอเรลลิก โคโตซาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 หรือ 25 องศาเซลเซียส ก่อนการตรวจสอบคุณภาพผลมังคุดสดที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า การสูญเสียที่เกิดขึ้นของผลมังคุดตั้งแต่ขั้นตอนเก็บเกี่ยวถึงวางจำหน่ายสามารถแบ่งประเภทการสูญเสียได้เป็น 2 แบบ คือ 1) การสูญเสียซึ่งเกิดจากคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยวและขณะเก็บเกี่ยว ซึ่งเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากคุณภาพภายนอกที่พบมากที่สุดคือ ผลมังคุดมีเปลือกสีเขียวทั้งผล ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากคุณภาพภายใน คือ การเกิดเนื้อแก้วและยางไหล และ 2) การสูญเสียซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว พบว่าการสูญเสียที่พบมากที่สุดคือ ผลที่สีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีแดง โดยขั้นตอนที่พบการสูญเสียมากที่สุดคือ หลังขนส่งไปตลาดค้าส่งในประเทศ และในการทดสอบเพื่อลดการสูญเสียในขั้นตอนการขนส่งจากจตุรบรรวมไปตลาดค้าส่ง พบว่า อุณหภูมิระหว่างการจำลองการขนส่งของตะกร้าที่บรรจุผลมังคุดสดตามวิธีการของเกษตรกรและวิธีการแนะนำมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่ประมาณ 31 องศาเซลเซียส ส่วนความเสียหายของผลมังคุดสดที่ประเมินได้ระหว่างการขนส่งด้วยภาชนะบรรจุทั้ง 2 วิธีการ พบว่า การขนส่งด้วยกรรมวิธีแนะนำช่วยลดปัญหาการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสีผลเป็นสีม่วงดำการที่สีของกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีแดง และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลชำ/บุบให้ลดลงได้ แต่ไม่สามารถลดการสูญเสียที่เกิดจากการฉีกขาดของกลีบเลี้ยง และการเกิดเปลือกแข็งบางส่วนของผลมังคุดได้ สำหรับผลการทดสอบการใช้เทคโนโลยีการบรรจุเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่ายมังคุด สามารถสรุปได้ว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรไพลีน (PP) แบบเจาะรูสามารถช่วยรักษาคุณภาพภายนอกและยืดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายของผลมังคุดได้ดีกว่าการบรรจุผลมังคุดในถุงตาข่าย โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเหี่ยวแห้งของกลีบเลี้ยง และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีกลีบเลี้ยงและสีผล โดยถุง PP ที่เจาะรูขนาดรูเข็มระยะ 1X1 เซนติเมตร ตลอดด้านบนของถุง เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการวางจำหน่ายผลมังคุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็มระยะประมาณ 1X1 นิ้ว ที่ด้านบนของถุง จำนวน 80 หรือ 100 รู มีแนวโน้มช่วยรักษาคุณภาพได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์แบบอื่น ๆ ส่วนการทดสอบใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับสารยืดอายุการเก็บรักษา พบว่าผลมังคุดที่มีการใช้สารยืดอายุทุกกรรมวิธีมีคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ใช้สารยืดอายุ

Abstract

The experiment aimed to evaluate the postharvest losses of fresh mangosteen in the eastern Thailand including emerge for suitable technology to extend the storage life and distribution of fruits. The experiment was conducted from October 2015 to September 2019. In the beginning, it was the evaluation of postharvest losses of fresh mangosteen fruits by surveying and sampling the fruits from Chanthaburi and Trat provinces to assess the percentage of postharvest losses

according to the practices of farmers and entrepreneurs in each step. The steps of evaluation were from harvest at mangosteen orchard, collection point, packing house, after export simulation and after transportation to the wholesale market. Then, the method and temperature management were tested during transportation of fresh mangosteen fruits from Chanthaburi province to the wholesale market in Bangkok. Comparison between 2 methods of transportation management: 1) the farmers' pattern method (No any cushioning materials or a layer of paper pad without temperature control) and 2) the recommended method (supported with paper pads for protection and wet sponge for reducing the temperature). After testing, color development and damage assessment of mangosteen fruits were performed in order to obtain the difference of percentage loss of the fruits from transportation in both methods. Next step, the effects of packaging and preservative agents were determined to find suitable packaging and method for reducing quality losses and extending the shelf life of mangosteen fruits in retail packaging. Reddish pink to reddish purple stages of the fruits were packed in various forms of plastic bag compared to net bag prior to storage at 13 or 25 degrees Celsius. After that, the appropriate packaging was used in combination with preservative agents for extended shelf life, namely: 0.2% calcium chloride, 600 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ gibberellic acid or 1% chitosan. All treatments were stored at 13 or 25 degrees Celsius.

The results showed that the postharvest losses of mangosteen fruits from the harvest to the distribution steps can be classified into 2 types. 1) Losses that occurred during the process of preharvest and between harvest stages, which was found that the highest percentage of external defect in the fruits was the whole fruit with pale green color, while the internal defects of the fruits were translucent flesh and gamboge disorders. 2) Losses that occurred along postharvest handling steps, which was found that the highest loss was the result of the discoloration of the calyx of the fruit to red. Meanwhile, the step with the most losses was the process of transportation to the domestic wholesale market. For the result of transportation simulation testing from the collection point to the wholesale market for the purpose of losses reduction in fresh mangosteen fruits, it showed that the average temperature difference inside the plastic crates during the transportation simulation according to the farmer method and the suggestion method were similar at 31 degrees Celsius. As for the damage of fresh mangosteen fruits which be evaluated during transportation comparing both methods, it was found that the transportation process by using the suggestion method helped to reduce the percentage of losses caused by the color change of fruits to purple black stage, calyx turns red and bruising. However this method could not reduce the losses caused by torn calyx and hardened rind.

In case of packaging and preservative effectiveness tests in mangosteen fruits for storage at 13 or 25 degrees Celsius. It could concluded that the perforated polypropylene (PP) plastic packaging could maintain the keeping quality and extend shelf life of mangosteen fruits better than the fruits were packed in a net bag by reducing weight loss and preventing calyx wilting. Packing the fruits in the perforated PP bag with 1X1 centimeter pinholes across the upper part of the bag was the suitable packaging of mangosteen fruits for distribution stage at 25 degrees Celsius. For storage at 13 degrees Celsius, the perforated PP bag with 80 or 100 pinholes on the upper part of the bag tended to maintain the fruit quality better than other types of packaging. And the result of using preservative agents in combination with perforated PP packaging showed that it was no difference in quality between mangosteen fruits with or without all treatments of preservative agents.

6. คำนำ

ผลิตผลทางการเกษตรที่มีความต้องการการจัดการด้านโลจิสติกส์สูงที่สุด คือ ผลผลิตสด (perishable crops) เนื่องจากเป็นสินค้าที่มีอายุสั้น เน่าเสีย และบอบช้ำง่าย หากสามารถจัดการได้ดีจะเป็นช่องทางสร้างรายได้เข้าประเทศ แต่ถ้ามีการจัดการที่ไม่ดี การสูญเสียคุณภาพจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสาเหตุของการสูญเสียเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลิตผลสดตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยวจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค

มังคุด เป็นหนึ่งในผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีการวางจำหน่ายทั้งตลาดในประเทศและส่งออกปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ แหล่งผลิตมังคุดที่สำคัญของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคตะวันออกและภาคใต้ โดยที่จังหวัดที่มีการผลิตมังคุดเป็นอันดับหนึ่ง คือ จังหวัดจันทบุรี รองลงมาคือ นครศรีธรรมราช ชุมพร ตราน และระยอง ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) มังคุดเป็นผลไม้ประเภท climacteric ซึ่งผลที่เก็บเกี่ยวแล้วยังคงมีการพัฒนาต่อหรือสามารถบ่มให้สุกได้ อีกทั้งเป็นผลไม้ที่บอบช้ำได้ง่าย จึงทำให้มีการเสื่อมคุณภาพเร็วและมีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้น อายุการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว รวมถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเพื่อช่วยให้ได้ผลิตผลมังคุดสดที่ยังคงมีคุณภาพดีจนถึงมือผู้บริโภค ในการผลิตมังคุดสดทั้งเพื่อบริโภคภายในประเทศและขยายการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ จึงควรต้องศึกษาระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานเพื่อให้การจัดการผลิตผลจากแหล่งผลิตไปสู่ผู้บริโภคปลายทางเป็นไปมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การศึกษาเพื่อหาข้อมูลและประเมินการสูญเสียภายใต้ห่วงโซ่อุปทานของมังคุดสดที่ผลิตในภาคตะวันออกตั้งแต่แปลงปลูกของเกษตรกรถึงการวางจำหน่ายแก่ผู้บริโภค รวมถึงการนำเทคโนโลยีด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีการศึกษาว่าสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลมังคุดสดมาประยุกต์ใช้เพื่อหาวิธีที่เหมาะสม จึงเป็นแนวทางที่จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงพัฒนา และหาแนวทางแก้ไข เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นภายใต้ห่วงโซ่อุปทานของมังคุด ช่วยรักษาคุณภาพผลิตผลมังคุดให้มีคุณภาพดี และมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายที่นานขึ้นจนถึงมือผู้บริโภคได้

ที่ผ่านมา มีการศึกษาเพื่อประเมินการสูญเสียกับผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบห่วงโซ่อุปทานของผลิตผลสดหลายชนิด เช่น การประเมินการสูญเสียในหลังการเก็บเกี่ยวผักคะน้า โดยเปรียบเทียบการสูญเสียภายใต้การจัดการ 2 ระบบ ได้แก่ การจัดการปกติและระบบความเย็น (ตามรและคณะ, 2555) การสำรวจการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผัก 5 ชนิด คือ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ เบบี้อ่องเต้ ข้าวโพดหวานสองสี ยอดชಾಯี่เต้และแตงกวาญี่ปุ่น ที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนย้ายผักแต่ละช่วงในโซ่อุปทาน (दनัยและคณะ, 2555) การประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวตลอดกระบวนการผลิตสัมพันธ์สายน้ำผึ้ง จากแหล่งผลิตที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จนถึงตลาดปลายทางที่ตลาดไท จังหวัดปทุมธานี พบว่า มีการสูญเสียเฉลี่ย 47.7 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุของการสูญเสียหลักในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเกิดจากแผลแมลงและผลลาย 31.6 เปอร์เซ็นต์ (दनัยและคณะ, 2554) นอกจากนี้ พิเศษฐ์และคณะ (2555) ได้ศึกษาการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไยสดในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ขั้นตอนการขนส่งผลลำไยไปยังตลาดไทมีการสูญเสียมากที่สุด คิดเป็น 19.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาในผลิตผลมังคุดสด ได้ทำการศึกษากาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของการส่งออกมังคุดไปยังประเทศจีนตอนใต้ (ณภัทรและคณะ, 2555) ทำให้ทราบว่ามังคุดเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพแต่ยังมีปัญหาและอุปสรรคในขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดเพื่อการส่งออก ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียระหว่างการขนส่งมังคุดทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากมังคุดมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีระยะเวลาในการเก็บรักษาและวางจำหน่ายสั้น โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของก้านผลและกลีบเลี้ยงเป็นสีน้ำตาล สีของเปลือกจะเริ่มเพิ่มความเข้มของสีแดงสายเลือดจนกระทั่งมีสีชมพูแดงเต็มผล และทำให้เปลือกเริ่มอ่อนตัว ระดับความหวานของเนื้อมังคุดเพิ่มขึ้น และปริมาณกรดลดลง (Palapol *et al.*, 2009) จึงมีความจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีที่มีการศึกษาเข้ามาช่วยเพื่อลดการสูญเสียและรักษาคุณภาพระหว่างการขนส่งและการวางจำหน่าย เช่น การใช้สารเคลือบผิว โดยมีการศึกษาของ อนุวัตรและจิตติยา (2544) พบว่า สารเคลือบผิวสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมังคุดได้ โดยสารเคลือบ sta-fresh 7055 คอร์นซัน กลูโคแมนแนน ไคโตแซน และเมทิลเซลลูโลส สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของความแน่นเนื้อของเปลือก และช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่ามังคุดที่ไม่เคลือบผิว การใช้สารเคลือบผิวที่มีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูลิกพบว่า สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดสตรระยะสีชมพูที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 28 วัน โดยที่ผลมังคุดยังมีความสดและมีคุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับ (ผ่องเพ็ญ และคณะ, 2549) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลมังคุดสดที่เก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือ สายเลือด ชมพู และแดง พบว่า การเก็บรักษาผลมังคุดระยะผิวแดงในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดลิเนียร์โลเด็นซีทีโพลีเอทิลีน (linear low density polyethylene) ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ช่วยให้เก็บได้นานที่สุดถึง 28 วัน (ปรารค์ทอง และคณะ, 2553) และการบรรจุมังคุดในถุงโพลีเอทิลีนที่มีความหนา 40 ไมโครเมตร สามารถชะลอกระบวนการสุกของมังคุดได้นาน 24 วัน นานกว่ามังคุดที่บรรจุในถุง โพลีไวนิลคลอไรด์ที่มีความหนา 42 ไมโครเมตร เป็นเวลา 4 วัน และนานกว่าการเก็บโดยไม่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศถึง 8 วัน (Pranamornkith *et al.*, 2003)

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

- 1) ผลิตผลสด ได้แก่ มังคุด
- 2) อุปกรณ์สำหรับการบรรจุเพื่อขนส่ง ได้แก่ ตะกร้าพลาสติก กระดาษรอง ฟองน้ำ
- 3) บรรจุภัณฑ์สำหรับการห่อหุ้มและบรรจุ ได้แก่ ภาดใส่มังคุด ถุงตาข่ายชนิด polypropylene (PE) ถุงพลาสติกชนิด polypropylene (PP) หนา 25 ไมโครเมตร ถุงพลาสติกชนิด MAP (modified atmosphere packaging) และตะกร้าพลาสติกพร้อมฝาปิด
- 4) อุปกรณ์สำหรับบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (data logger)
- 5) อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ สารเคมีสำหรับหาปริมาณกรดและวิตามินซี เครื่องแก้ว เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (รุ่น Checkmate3 O₂/CO₂ Headspace Analyser) เครื่องวัดความหวาน Digital refractometer (Atago รุ่น PR-101) เครื่อง Automated Titrator (Mettler Toledo รุ่น DL53) เป็นต้น

- วิธีการ

ผลการสำรวจและประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวผลมังคุดสด

ทำการสำรวจ เก็บตัวอย่าง และบันทึกข้อมูลเพื่อประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวผลมังคุดสดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรและผู้ประกอบการ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวที่สวนเกษตรกร จุดรวบรวม/แหล่งรับซื้อผลิตผล โรงคัดบรรจุสำหรับส่งออก ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี (อำเภอโป่งน้ำร้อน ชลุม มะขาม และท่าใหม่) และจังหวัดตราด (อำเภอเขาสมิง) ทั้งหมด 6 แปลงปลูก 4 จุดรวบรวม และ 1 โรงคัดบรรจุ จนถึงขั้นตอนขนส่งไปตลาดค้าส่งในประเทศ และการจำลองการขนส่งภายหลังการส่งออก มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) ประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียในขั้นตอนภายหลังการเก็บเกี่ยว

เก็บข้อมูลในแปลงปลูกมังคุดที่ผ่านมาตรฐานการรับรอง GAP ที่ โดยการเก็บข้อมูลจากสอบถามและการเก็บตัวอย่างจำนวน 60-100 กิโลกรัม เพื่อนำมาประเมินผลที่มีความเสียหายและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของผลมังคุดในแปลงเกษตร

2) ประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียในขั้นตอนภายหลังขนส่งถึงจุดรวบรวม/แหล่งรับซื้อผลิตผล

เก็บข้อมูลตั้งแต่การขนส่งมังคุดจากแปลงไปยังจุดรวบรวม แล้วประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของตัวอย่างผลมังคุดจากแปลงที่ส่งไปยังจุดรับซื้อหรือจุดรวบรวมรวมทันที

3) ประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของมังคุดที่โรงคัดบรรจุของบริษัทส่งออก

ประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของตัวอย่างผลมังคุดทันทีหลังจากขนส่งถึงโรงคัดบรรจุ และภายหลังจากการผ่านกระบวนการคัดคุณภาพและบรรจุในบรรจุภัณฑ์ ณ โรงคัดบรรจุ ก่อนการส่งออก

4) ประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของมังคุดที่ตลาดค้าส่งในประเทศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนการขนส่งมังคุดจากจตุรบรรวมในเขตภาคตะวันออกไปยังตลาดค้าส่ง เช่น ตลาดไท ตลาดสี่มุมเมือง ตลาดมหานาค เป็นต้น แล้วประเมินและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของตัวอย่างผลมังคุดที่ขนส่งจากจตุรบรรวมไปยังตลาดค้าส่ง

5) วิเคราะห์และคำนวณผลที่ได้จากการประเมินการสูญเสียของผลมังคุดสดในแต่ละขั้นตอนของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยคัดแยกตามสาเหตุของการสูญเสียดังนี้

- การสูญเสียที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม เช่น ผิวเปลือกสีเขียว ผิวเปลือกสีม่วงดำ
- การสูญเสียที่เกิดจากผลบุบหรือช้ำ
- การสูญเสียที่เกิดจากผลแตก
- การสูญเสียของกลีบเลี้ยง เช่น กลีบเลี้ยงผิดปกติไม่สมบูรณ์ กลีบเลี้ยงฉีกขาด กลีบเลี้ยงมีสีแดง
- การสูญเสียที่เกิดจากเปลือกแข็ง
- การสูญเสียที่เกิดจากการเกิดโรค/แมลง
- การสูญเสียที่เกิดจากเนื้อแก้ว
- การสูญเสียที่เกิดจากยางไหล
- การสูญเสียจากคุณภาพเนื้อใน

คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากจำนวนผลมังคุดเริ่มต้นในขั้นตอนการประเมิน คือ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย} = \frac{\text{จำนวนผลมังคุดที่ได้รับการสูญเสีย}}{\text{จำนวนผลมังคุดทั้งหมด}} \times 100$$

ทดสอบผลของวิธีการและการจัดการอุณหภูมิในระหว่างการขนส่งผลมังคุดสด

ในขั้นตอนการจัดการระหว่างการขนส่งมังคุดจากจตุรบรรวมผลิตผลไปยังตลาดค้าส่งสำหรับการวางจำหน่ายในประเทศ อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผลมังคุดสด เพื่อเป็นการลดการสูญเสียจากความเสียหายระหว่างการขนส่ง จึงทำการทดสอบโดยทำการเปรียบเทียบวิธีการของเกษตรกร/ผู้ค้ากับวิธีการที่แนะนำ เพื่อหาผลความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของผลมังคุด ดังนี้

1) ทดสอบการขนส่งผลมังคุดจากจตุรบรรวมในจังหวัดจันทบุรีหรือตราดถึงตลาดค้าส่งจังหวัดกรุงเทพฯ โดยนำผลมังคุดสดที่ผ่านการคัดแยกคุณภาพจากแปลงเกษตรกร/จตุรบรรวม คือ เบอร์ใหญ่ (น้ำหนักผลมากกว่า 90 กรัม และเบอร์กลาง (น้ำหนักผล 50-90 กรัม) มาบรรจุในตะกร้าพลาสติกขนาด 20 กิโลกรัม ตามกรรมวิธีการบรรจุ 2 แบบ คือ

กรรมวิธีที่ 1 ขนส่งตามแบบของเกษตรกร/ผู้ค้า (ไม่มีการใช้วัสดุรอง/กันกระแทกหรือรองด้วยกระดาษ 1 ชั้น และไม่มีการจัดการอุณหภูมิ)

กรรมวิธีที่ 2 ขนส่งด้วยวิธีการแนะนำ (รองด้วยกระดาษรองและฟองน้ำเปือกเพื่อกันกระแทกและลดอุณหภูมิ)

2) ภายหลังจากขนส่งถึงตลาดค้าส่ง นำผลมังคุดมาประเมินคุณภาพและความเสียหายที่เกิดขึ้น

3) บันทึกผลการประเมินคุณภาพและความเสียหาย ได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก
- การเปลี่ยนแปลงสีกลีบเลี้ยง
- ความเสียหายของซั้วผล/กลีบเลี้ยง
- ความเสียหายจากผลบวบ
- ความเสียหายจากผลแตก
- ความเสียหายที่เกิดจากเปลือกแข็ง

ผลการใช้เทคโนโลยีการบรรจุเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่ายมังคุด

ทดสอบเพื่อหาบรรจุภัณฑ์และสารถีอายุที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายทั้งสำหรับตลาดในประเทศและต่างประเทศ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน คือ

1) นำมังคุดสดที่คัดขนาดและคุณภาพแล้วจากจุดรวบรวมขนส่งมายังห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน จากนั้น คัดผลมังคุดที่มีสีเปลือกตั้งแต่สีแดงถึงม่วงแดงมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก (retail package) ตามกรรมวิธี เพื่อทดสอบหาบรรจุภัณฑ์และการใช้สารถีอายุที่เหมาะสม โดยการประเมินคุณภาพในสภาพจำลองการเก็บรักษาสำหรับการวางจำหน่ายที่ตลาดในประเทศ (อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส) และตลาดต่างประเทศ (อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส) ทำโดย

ทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 1 บรรจุผลมังคุดในบรรจุภัณฑ์แบบต่าง ๆ ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม และทดสอบการวางจำหน่าย วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 5 ซ้ำ โดยให้

main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 3 แบบ (ภาพที่ 3) คือ

- (1) ถุงตาข่าย
- (2) ถุงชนิด polypropylene (PP) เจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (\varnothing) 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู
- (3) ถุงชนิด MAP (modified atmosphere packaging)

subplot คือ จำนวนวันที่ทดสอบวางจำหน่าย คือ 0 3 5 และ 7 วัน

จากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 3 องศาเซลเซียส) เพื่อจำลองการวางจำหน่ายสำหรับตลาดในประเทศ (ซูเปอร์มาร์เก็ต) แล้วสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพตามกรรมวิธี

ทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 2 ใช้บรรจุภัณฑ์ถุง PP ซึ่งเป็นถุงพลาสติกแบบใสมารับปรุงสมบัติให้มีการระบายความชื้นที่ดีขึ้นโดยการเจาะรูที่ถุงในลักษณะต่าง ๆ นำผลมังคุดมาวางใส่ถาดแล้วบรรจุถุงที่ขนาดบรรจุ 700-800 กรัม (ขนาดถุงพลาสติก 9×10 นิ้ว) วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดยให้

main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 4 แบบ คือ

- (1) ถุงตาข่าย (ตัวควบคุม)
- (2) ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 รู ที่ด้านบนของถุง
- (3) ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู ที่ด้านล่างของถุง
- (4) ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 10 รู ที่ด้านบนของถุง

subplot คือ จำนวนวันที่ทดสอบวางจำหน่าย คือ 0 2 4 6 8 และ 11 วัน

จากนั้น วางไว้ที่อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบการวางจำหน่ายในประเทศ

ทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 3 ประเมินข้อดีข้อเสียของการทดสอบที่ผ่านมา แล้วปรับปรุงสมบัติของบรรจุภัณฑ์จากกรรมวิธีที่ให้ผลดีที่สุดในการทดสอบครั้งที่ 2 ให้มีสมบัติที่ดีขึ้น จากนั้นบรรจุผลมั่งคุดสดในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดยให้

main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 5 แบบ คือ

- (1) ถุงตาข่าย (ตัวควบคุม)
- (2) ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู (ด้านล่างถุง) + เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 10 รู (ด้านบนของถุง)
- (3) ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู (ด้านล่างถุง)
- (4) ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู (ด้านล่างถุง) + เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 10 รู (ด้านบนของถุง) + วางแผ่นรองซับความชื้นบนภาค
- (5) ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู (ด้านล่างถุง) + วางแผ่นรองซับความชื้นบนภาค

subplot คือ จำนวนวันที่ทดสอบวางจำหน่าย คือ 0 2 4 6 8 10 และ 12 วัน

จากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบการวางจำหน่ายในประเทศ

ทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 4 ประเมินข้อดีข้อเสียของการทดสอบในครั้งที่ 3 แล้วปรับปรุงคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์จากการทดสอบครั้งที่ 3 ให้มีสมบัติที่ดีขึ้น จากนั้นบรรจุผลมั่งคุดสดในบรรจุภัณฑ์แบบต่าง ๆ ตามกรรมวิธี วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดยให้

main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 5 แบบ คือ

- (1) ถุงตาข่าย (ตัวควบคุม)
- (2) ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 80 รู ด้านบนของถุง
- (3) ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 100 รู ด้านบนของถุง
- (4) ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม ระยะ 1x1 เซนติเมตร ด้านข้างถุง 2 ด้าน
- (5) ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม ระยะ 1x1 เซนติเมตร ตลอดด้านบนของถุง

subplot คือ จำนวนวันที่ทดสอบวางจำหน่าย 0 2 4 6 8 10 และ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส

และจำนวนวันที่เก็บรักษา 0 5 10 15 และ 20 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

จากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการวางจำหน่ายสำหรับตลาดในประเทศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการเก็บรักษาสำหรับการส่งจำหน่ายตลาดต่างประเทศ

ทดสอบการใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับสารยืดอายุการเก็บรักษา นำเทคโนโลยีการยืดอายุการเก็บรักษามาใช้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุงสมบัติให้เหมาะสมทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 4 โดยนำผลมั่งคุดสดจุ่มในสารยืดอายุชนิดต่าง ๆ ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ ขนาดบรรจุ 700-800 กรัม ตามกรรมวิธี วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดยให้

main plot คือ รูปแบบการบรรจุ 5 แบบ คือ

- (1) ถุงตาข่าย+ไม่ใช้สารยืดอายุ (ตัวควบคุม)
- (2) วางบนภาคในถุง PP เจาะรู ขนาดรูเข็ม ตามกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดสอบบรรจุภัณฑ์ในครั้งที่ 4
- (3) ถุง PP ตามกรรมวิธี (2) + จุ่มผลมั่งคุดใน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของแคลเซียมคลอไรด์

(4) ถูง PP ตามกรรมวิธี (2) + จุ่มผลมังคุดใน 600 ไมโครลิตรต่อลิตร ของกรดกรดจิบเบอเรลลิก

(5) ถูง PP ตามกรรมวิธี (2) + จุ่มผลมังคุดใน 1 เปอร์เซ็นต์ ของโคโตซาน

subplot คือ จำนวนวันที่ทดสอบวางจำหน่าย 0 3 6 9 12 15 และ 18 วัน ที่อุณหภูมิ 25±3 องศาเซลเซียส

และจำนวนวันที่เก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

จากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±3 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการวางจำหน่ายสำหรับตลาดในประเทศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการเก็บรักษาสำหรับการส่งจำหน่ายตลาดต่างประเทศ

2) บันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพตามระยะเวลาที่กำหนด ดังนี้

- ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O₂) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ภายในบรรจุภัณฑ์

วัดปริมาณก๊าซ O₂ (เปอร์เซ็นต์, %) และ CO₂ (เปอร์เซ็นต์, %) ภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดปริมาณก๊าซรุ่น Checkmate3 O₂/CO₂ Headspace Analyser (Dansensor A/S, Denmark)

- การสูญเสียน้ำหนักของผล (เปอร์เซ็นต์)

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

- การเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายนอก ได้แก่ ผลที่มีขีดตำหรือปลายขีดตำ (เปอร์เซ็นต์, %) ผลที่มีราที่ขีดหรือกลีบเลี้ยง (เปอร์เซ็นต์, %) ผลที่มีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์, %)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids content; SSC, เปอร์เซ็นต์)

วัดปริมาณ SSC ในน้ำคั้นของผลไม้ด้วยเครื่อง Digital refractometer รุ่น PR-101 (ATAGO Co. Ltd, Japan) แล้วบันทึกค่าที่อ่านได้

- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA, เปอร์เซ็นต์)

ทำการไทเทรตน้ำคั้นผลไม้ด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH จนได้จุดยุติที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 8.2 โดยใช้เครื่อง Automated Titrator รุ่น DL53 (Mettler Toledo, USA)

$$\text{ปริมาณ TA (\%)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (N)} \times \text{ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ (mL)} \times \text{Acid factor} \times 100}{\text{ปริมาตรน้ำคั้นตัวอย่าง (mL.)}}$$

เมื่อ Acid factor คือ Equivalent weight of acid ของ citric acid มีค่า 0.064 กรัม

- ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิลิตรของกรดแอสคอร์บิก)

ทำการไทเทรตน้ำคั้นผลไม้ด้วยสารละลาย 2,6-dichloroindophenol sodium salt จนได้จุดยุติเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู คำนวณปริมาณวิตามินซีโดยใช้ปริมาตรที่ไทเทรตได้ของน้ำปั่นเทียบกับปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน

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

- คุณภาพการรับประทาน

พิจารณาจากรสชาติการรับประทานที่ปกติหรือผิดปกติ โดยรายงานเป็นผลที่รับประทานได้ (เปอร์เซ็นต์, %)

3) วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

- เวลาและสถานที่

เวลา	เริ่มต้น 1 ตุลาคม 2559 – สิ้นสุด 30 กันยายน 2562
สถานที่ทำการทดลอง	1) สวนมังคุดของเกษตรกร จังหวัดจันทบุรี และตราด 2) จุฑรวรรวม/แหล่งรับซื้อผลิตผล จังหวัดจันทบุรี และตราด 3) โรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการส่งออก จังหวัดจันทบุรี 4) ตลาดค้าส่ง จังหวัดกรุงเทพฯ และปทุมธานี 5) อาคารปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการสำรวจและประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวผลมังคุดสด

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนถึงโรงคัดบรรจุ (สำหรับมังคุดส่งออก) และตลาดค้าส่ง (สำหรับมังคุดที่จำหน่ายในประเทศ) พบว่า ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวในแปลงปลูก เกษตรกรจะทยอยเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาจากสีผิวของผลมังคุดตั้งแต่ระยะที่เริ่มขึ้นสีหรือมีจุดแต้มสีชมพูบนผิว เรียกว่า “ระยะสายเลือด” ขึ้นไป เพราะผลมังคุดสามารถเปลี่ยนสีผิวและพัฒนาไปถึงระยะสุกหรือระยะสีม่วงดำได้ โดยจะเก็บด้วยความระมัดระวัง และใช้เครื่องมือช่วยสอยโดยเฉพา แล้วนำลงใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ก่อนรวบรวมตะกร้าพลาสติกเพื่อขนย้ายไปยังจุดรวบรวมหรือโรงคัดบรรจุ โดยจะคัดผลที่มีสีเขียวทั้งผลและผลที่มีรอบแผลแตกออก เมื่อขนส่งถึงจุดรวบรวมผลิตผล ในขั้นตอนนี้จะมีการคัดเลือกผลมังคุดเบื้องต้นให้ได้คุณภาพที่ต้องการ โดยพิจารณาจาก สีผล (คัดเลือกผลที่มีผิวสีเขียวทั้งผลและผลที่มีผิวสีม่วงดำออก) ขนาดผล (คัดผลมังคุดที่มีขนาดผลเล็กเกินไปซึ่งมีน้ำหนักต่ำกว่า 60 กรัม ออก) เป็นการคัดโดยการวัดด้วยสายตาหรือใช้วงท่อพลาสติกที่กำหนดขนาดเส้นรอบวงไว้มาใช้ และความเสียหายของผล (คัดผลที่มีรอยแผล รอยแตก รอยบุบที่ชัดเจนออก) ดังแสดงใน Figure 1 จากนั้น เมื่อขนส่งถึงโรงคัดบรรจุสำหรับส่งออกมังคุดไปต่างประเทศ เช่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เจ้าหน้าที่ของโรงคัดบรรจุจะทำการตรวจสอบมังคุดที่ส่งมาจากจุดรวบรวมว่ามีการปะปนของผลมังคุดที่ไม่ต้องการหรือไม่ เพื่อตีราคาผลิตผลที่จะรับซื้อ แล้วจึงทำการคัดแยกคุณภาพอย่างละเอียดสำหรับผลที่ต้องการสำหรับส่งออก โดยจะคัดผลมังคุดที่ยังมีความเสียหายหรือตำหนิจากโรคและแมลงที่ไม่ต้องการออก เช่น ผลอ่อนระยะสีเขียวตออ่อน ผลมีรอยแผลแตก ผลบุบ ผลร้าว ผลที่มีขั้วหัก กลีบเลี้ยงไม่สมบูรณ์ เป็นต้น (Figure 1) ยังมีการแบ่งผลมังคุดตามลักษณะผิวผลเป็นผิวมัน และผิวลาย/ผิวกาก และยังมี การแยกสีของกลีบเลี้ยงเป็นผลที่มีกลีบเลี้ยงสีเขียวและผลที่มีกลีบเลี้ยงสีแดง เนื่องจากผู้ซื้อในต่างประเทศไม่ชอบมังคุดที่มีกลีบเลี้ยงสีแดง เมื่อได้คุณภาพผลตามที่ต้องการแล้ว จะเป็นขั้นตอนชั่งน้ำหนักก่อนนำไปบรรจุเพื่อคัดเกรดของมังคุดโดยแบ่งตามขนาด คือ เกรด AB ผลขนาดใหญ่ (น้ำหนักผลมากกว่า 120 กรัม) เกรด 5A ผลขนาดใหญ่ (น้ำหนักผลมากกว่า 100-120 กรัม) เกรด 4A ผลขนาดกลาง (น้ำหนักผลมากกว่า 90-100 กรัม)

เกรด 3A ผลขนาดกลาง (น้ำหนักผลมากกว่า 70-90 กรัม) เกรด 2A ผลขนาดเล็ก (น้ำหนักผลมากกว่า 60-70 กรัม) เกรด 1A ผลขนาดจิ๋ว (น้ำหนักผลประมาณ 55-60 กรัม) สำหรับการพัฒนาของสีผล จะตัดแยกผลที่อยู่ในระยะสายเลือดหรือมีสีชมพูเรื่อ ๆ ออกไปบ่มเพื่อให้ผิวผลมังคุดเปลี่ยนสีเป็นระยะสีแดงก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการตัดเกรดอีกครั้ง แล้วจึงนำไปบรรจุในตะกร้าพลาสติกและขนส่งโดยรถบรรทุกสินค้าที่มีการปรับอากาศภายในตู้สินค้าให้เป็น 13-15 องศาเซลเซียส ส่วนผลมังคุดที่มีสีผลเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำและมีขนาดไม่ได้ตามที่ต้องการ (ตกไซต์) สำหรับตลาดส่งออก แต่ไม่มีความเสียหายจนไม่เป็นที่ยอมรับ จะถูกส่งไปจำหน่ายต่อสำหรับตลาดในประเทศ ซึ่งผลจากการเก็บข้อมูลขั้นตอนการจัดการเพื่อขนส่งผลมังคุดจากจังหวัดจันทบุรีและตราดไปยังตลาดค้าส่งในจังหวัดกรุงเทพฯ และปทุมธานี พบว่า เกษตรกรหรือผู้รับซื้อจะเก็บเกี่ยว คัดคุณภาพ และรวบรวมผลิตผลมังคุดให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการสำหรับคำสั่งซื้อของผู้ค้าในช่วงเวลาเช้าถึงบ่าย จากนั้นบรรจุในตะกร้าพลาสติกแบบหูเหล็กที่ขนาดบรรจุประมาณ 20-23 กิโลกรัม ไปยังจุดรับบริการขนส่งสินค้า ซึ่งพาหนะที่ใช้ขนส่งผลิตผลมังคุดมีตั้งแต่รถกระบะขนาดเล็ก รถบรรทุกขนาดหกล้อ หรือสิบล้อ โดยเป็นการขนส่งร่วมกับผลิตผลสด หรือสินค้าประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้ ในการขนส่งผลมังคุดไปยังตลาดค้าส่งในประเทศจะไม่มีการจัดการอุณหภูมิหรือใช้รถที่มีการควบคุมอุณหภูมิเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง แต่ทางผู้ขนส่งจะใช้วิธีการเดินทางในช่วงเวลาเย็นถึงกลางคืน เพื่อไม่ให้สินค้าเจอสภาพอากาศที่ร้อนเกินไป อีกทั้งระยะเวลาในการเดินทางจากจังหวัดจันทบุรีหรือตราดไปถึงตลาดค้าส่งที่จังหวัดกรุงเทพฯ และปทุมธานี ใช้เวลาเดินทางเพียง 4 ชั่วโมง ทำให้สามารถส่งสินค้าไปถึงตลาดค้าส่งได้ตามความต้องการของผู้ค้าส่ง ณ ตลาดนั้น ๆ



Figure 1 Unacceptable symptoms of mangosteen fruit were sorted at collection point



Figure 2 Unacceptable symptoms of mangosteen fruit were sorted at packing house

จากการบันทึกข้อมูลและประเมินหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของมังคุดสดในเขตภาคตะวันออก โดยสุ่มตัวอย่างผลิตผลมังคุดสดในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี (อำเภอโป่งน้ำร้อน ชลุม และท่าใหม่) และจังหวัดตราด (อำเภอเขาสมิง) มาตรวจเช็คคุณภาพผลภายนอกตลอดขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวดังแสดงใน Table 1 และ 2 พบว่า การสูญเสียที่เกิดขึ้นของผลมังคุดสามารถแบ่งประเภทของการสูญเสียได้เป็น 2 แบบ คือ

1) การสูญเสียซึ่งเกิดจากคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยวและขณะเก็บเกี่ยว (Table 1) โดยพิจารณาจากการสูญเสียที่สังเกตได้จากคุณภาพภายนอก และการสูญเสียจากคุณภาพภายในผล พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากคุณภาพภายนอกของผลมังคุดที่พบมากที่สุด คือ ผลมังคุดมีเปลือกสีเขียวทั้งผล ซึ่งพบเฉลี่ย 13.7 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ รอยแผลจากแมลง/ผิวลาย กลีบเลี้ยงผิดปกติ ผลแตก และผิวเปลือกเป็นสีม่วงดำ ที่เปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 12.6 9.7 7.6 และ 5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลมังคุดจากคุณภาพภายใน คือ การเกิดเนื้อแก้วและยางไหล โดยพบเฉลี่ย 24.8 และ 14.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2) การสูญเสียซึ่งเกิดขึ้นภายหลังการจัดการการเก็บเกี่ยว (Table 2) โดยการสูญเสียของผลมังคุดที่พบมากที่สุด คือ ผลที่สีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีแดง (เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยรวมทุกขั้นตอน 73.7 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ กลีบเลี้ยงฉีกขาด ผิวเปลือกสีม่วงดำ ผลชำ/ผลบุบ ช้ำผลหัก/ไม่มีช้ำ และผลแตก ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนที่พบการสูญเสียมากที่สุด คือ หลังขนส่งไปตลาดค้าส่งในประเทศ พบการสูญเสียรวมถึง 81.9 เปอร์เซ็นต์ โดยการสูญเสียที่พบสูงที่สุดมาจากการเปลี่ยนสีของเปลือกเป็ยสีม่วงดำ

Table 1 Losses of mangosteen fruits (%) that occurred during preharvest and between harvest stages

Pale green Skin	Purple black Skin	Pericarp cracking	Scarred/Scratched fruit	Incomplete calyx	Translucent flesh	Gamboge
13.7	5.7	7.6	12.6	9.7	24.8	14.4

Remark: The defects could appear singly or in combination in one fruit.

Table 2 Losses of mangosteen fruits (%) that occurred along postharvest handling steps

Handling steps	Purple black skin	Calyx turns red	Torn calyx	Bruised fruit	Broken fruit stem	Pericarp cracking	Hardened rind	Total
- Harvesting point/Orchard	0.0	13.2	8.3	0.9	2.0	0.1	0.1	24.6
- Collection point	0.9	10.6	11.2	0.5	1.3	0.9	0.1	25.5
- Packing house	11.9	12.6	6.4	3.0	0.8	1.1	0.1	35.9
- After export simulation	0.0	15.9	10.1	0.1	2.2	0.8	3.1	32.2
- After transportation to wholesale market	25.1	27.4	16.3	2.0	1.5	1.3	8.3	81.9
Total	37.9	73.7	52.3	6.5	7.8	4.2	11.7	

Remark: The defects could appear singly or in combination in one fruit.

ทดสอบผลของวิธีการและการจัดการอุณหภูมิในระหว่างการขนส่งผลมังคุดสด

จากการทดสอบเปรียบเทียบวิธีการจัดการระหว่างการขนส่งผลผลิตมังคุดสดจากจังหวัดจันทบุรีถึงจังหวัดกรุงเทพฯ (จำลองการขนส่งไปยังตลาดค้าส่ง) เพื่อหาผลความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของผลมังคุดระหว่างวิธีการของเกษตรกร/ผู้ค้า และวิธีการแนะนำ ผลการทดสอบพบว่า อุณหภูมิระหว่างการขนส่งจากจังหวัดจันทบุรีมาถึงยังตลาดค้าส่ง มีค่าเฉลี่ย คือ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในรถที่ใช้ขนส่งเท่ากับ 34.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในตะกร้าที่บรรจุผลมังคุดสดตามแบบเกษตรกรและผู้ค้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในตะกร้าที่บรรจุผลมังคุดสดตามวิธีการแนะนำมีค่าเฉลี่ย 31.0 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิของทั้งสองกรรมวิธีไม่แตกต่างกันมากนัก อาจเนื่องจากการดำเนินการตามวิธีการแนะนำที่ใช้แผ่นฟองน้ำเปียกเพื่อช่วยลดอุณหภูมินั้น เมื่อเวลาผ่านไป ความชื้นของแผ่นฟองน้ำมีปริมาณลดลงจากการคายน้ำสู่บรรยากาศด้านนอกที่มีอุณหภูมิที่สูงและมีความชื้นสะสมในบรรยากาศต่ำกว่า เมื่อฟองน้ำแห้งลงจึงไม่มีผลในการช่วยลดอุณหภูมิภายในบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งมีการขนส่งในช่วงเย็นถึงกลางคืนซึ่งสภาพบรรยากาศภายนอกมีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก จึงทำให้ผลของอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์มังคุดที่ใช้และไม่ใช้ฟองน้ำเปียกไม่แตกต่างกันมาก และจากการประเมินเปอร์เซ็นต์การสูญเสียคุณภาพภายนอกของผลมังคุดสดที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งทั้งสองวิธีการ จะเห็นว่า วิธีการแนะนำมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีม่วงดำ สีกลิบเลี้ยงมีสีแดง การเกิดผลช้ำ/บวม และการเกิดผลแตก ต่ำกว่าผลมังคุดที่ขนส่งตามวิธีการของเกษตรกร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 13.5 0.9 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการของเกษตรกรพบการสูญเสียเฉลี่ย 12.6 19.7 2.9 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ผลมังคุดที่ใช้วิธีการแนะนำมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการฉีกขาดของกลีบเลี้ยง และอาการเปลือกแข็งของผลมังคุดสูงกว่าวิธีการตามแบบเกษตรกรที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.7 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการขนส่งของเกษตรกร มีการสูญเสียเฉลี่ย 11.1 และ 12.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Percentage of external quality losses of mangosteen fruits after transportation from collection point to domestic wholesale market by comparing 2 methods of transportation management: 1) the farmers' pattern method and 2) the recommended method

Methods	Purple black skin	Calyx turns red	Torn calyx	Bruised fruit	Pericarp cracking	Hardened rind
Farmers' pattern method	12.6	19.7	11.1	2.9	0.6	12.3
Recommended method	4.6	13.5	12.7	0.9	0.0	14.8

Remark: The defects could appear singly or in combination in one fruit.

ผลการใช้เทคโนโลยีการบรรจุเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่ายมังคุด การทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 1

ผลการทดสอบ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดที่ทดสอบการวางจำหน่ายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบ ผลมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 8.11 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดสอบวางจำหน่ายนาน 7 วัน ขณะที่การบรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 2 แบบมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าถุงตาข่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักไม่เกินหนึ่งเปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบ มีความแตกต่างกันตามชนิดและลักษณะการบรรจุ คือ ถุงตาข่ายเป็นการบรรจุแบบเปิดทำให้มีปริมาณ O_2 ไม่แตกต่างจากบรรยากาศภายนอก ส่วนบรรจุภัณฑ์ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู มีสภาพบรรยากาศภายในเกือบเทียบเท่าบรรยากาศภายนอก แต่การบรรจุในลักษณะปิดทำให้ยังมีการแลกเปลี่ยนก๊าซต่ำ จึงมีปริมาณ O_2 ต่ำกว่า และ CO_2 สูงกว่าในบรรจุภัณฑ์ถุงตาข่าย ขณะที่การใช้ถุง MAP ซึ่งเป็นถุงที่มีการปรับแต่งสมบัติด้านการซึมผ่านก๊าซรวมทั้งมีลักษณะการบรรจุแบบปิด ทำให้ O_2 ลดต่ำลง และ CO_2 เพิ่มขึ้นสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ โดยที่อายุการวางจำหน่ายนาน 7 วัน มีปริมาณ O_2 และ CO_2 เฉลี่ยภายในถุงเท่ากับ 4.48 และ 8.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 3) สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพภายนอก ได้แก่ การเกิดขั้วดำ การเกิดราที่ขั้ว/กลีบเลี้ยง และการเกิดสีน้ำตาลของกลีบเลี้ยง จะเห็นได้ว่า มังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายมีเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุดตลอดอายุการวางจำหน่าย ขณะที่ผลมังคุดในถุง PP เจาะรู และถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นตามอายุการวางจำหน่ายที่นานขึ้น โดยผลมังคุดบรรจุถุง PP เจาะรูมีการเกิดขั้วดำ การเกิดรา และการเกิดสีน้ำตาลของกลีบเลี้ยงเฉลี่ยตลอดอายุการวางจำหน่ายเท่ากับ 6.3 10.2 และ 8.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลที่บรรจุในถุง MAP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 8.6 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากสมบัติการแลกเปลี่ยนก๊าซและไอน้ำของถุงที่มีข้อจำกัดจากสภาวะที่เป็นระบบปิด ทำให้มีการเกิดหยดน้ำจากการหายใจแล้วคายน้ำของผลมังคุดสะสมอยู่ในถุงจนส่งผลกระทบต่อคุณภาพภายนอกของผลมังคุด (Figure 4) จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงสมบัติของบรรจุภัณฑ์และรูปแบบการบรรจุเพื่อให้สามารถลดการสูญเสีย ยืดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายได้นานขึ้นโดยที่มังคุดยังมีคุณภาพดี

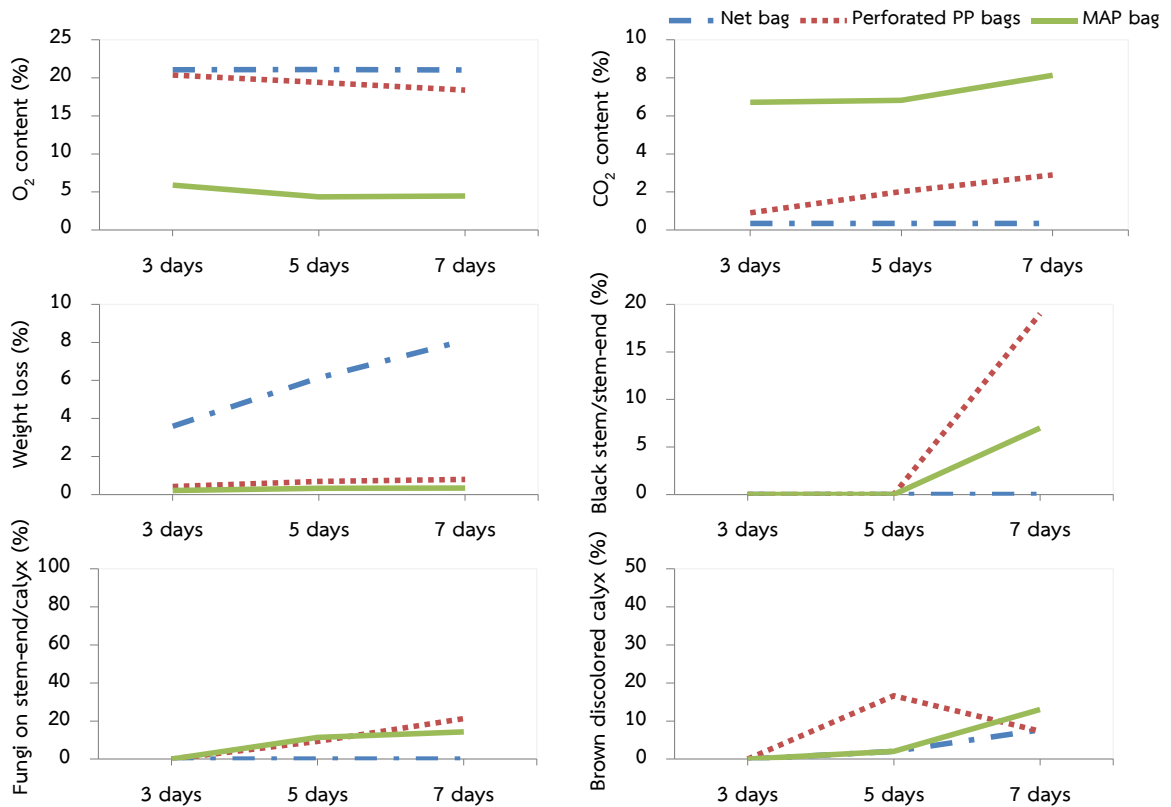


Figure 3 Changes in O₂ content, CO₂ content, weight loss, black stem/stem-end symptoms, fungi on stem-end/calyx and brown discolored calyx symptoms of mangosteen fruits were packed into 3 types of packaging: T1-Net bag, T2-Perforated polypropylene (PP) bag (4 holes per bag, Ø 0.5 centimeter each) and T3-Non-perforated modified atmosphere packaging (MAP) bag prior to storage at 25±3 degree Celsius for 7 days



Figure 4 The appearance of water droplets inside the plastic bag for packing mangosteen fruit (A) and the fruits with black stem/stem-end, brownish discoloration of the calyx and fungi on the stem-end symptoms (B)

การทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 2

เปรียบเทียบผลมังคุดที่บรรจุในถุง PP ที่เจาะรูแบบต่าง ๆ เพื่อปรับสปีดให้ระบายความชื้นได้เพิ่มขึ้นกับผลที่บรรจุในถุงตาข่าย พบว่า ผลมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายมีปริมาณ O_2 และ CO_2 ใกล้เคียงกับในอากาศ คือ 21.2 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 4.9 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุวางจำหน่ายนาน 2 วัน แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 13.4 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุวางจำหน่ายนาน 11 วัน ขณะที่ผลมังคุดในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ หลังผ่านไปนาน 11 วัน เนื่องจากการบรรจุในลักษณะปิดผนึก แม้จะมีการเจาะรูที่ถุงเพื่อปรับสภาพบรรยากาศและระบายความชื้นภายในถุง แต่ยังมี การสะสมความชื้นภายในถุง ทำให้ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดได้ ทั้งนี้ ผลของการเจาะรูและรูปแบบการบรรจุที่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีมีผลต่อสภาพบรรยากาศภายในถุง ทำให้มีปริมาณ O_2 และ CO_2 ต่างกัน คือ ถุง PP ที่เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 รู ที่ด้านบนของถุง มี O_2 และ CO_2 ใกล้เคียงกับในอากาศ คือ 20.1 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ถุง PP ที่เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 รู ที่ด้านล่างถุง และถุง PP ที่เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 10 รู ที่ด้านบนถุง มีปริมาณ O_2 ลดลงที่ระดับ 11.9 และ 12.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 3.1 และ 3.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังการวางจำหน่ายนาน 11 วัน (Figure 5) ส่วนคุณภาพทางเคมีของผลมังคุด พบว่า ผลมังคุดในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SSC) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า SSC เฉลี่ยเท่ากับ 17.9 เปอร์เซ็นต์ ในวันแรกของการทดลอง จากนั้นลดลงเล็กน้อยเป็น 15.7 เปอร์เซ็นต์ ในวันสุดท้ายของการทดลอง ส่วนปริมาณ TA ของมังคุดทุกกรรมวิธีที่ค่าเฉลี่ย 0.7 เปอร์เซ็นต์ ในวันแรกของการทดลอง จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับ 0.8 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดสอบวางจำหน่ายนาน 2 วัน จนถึงวันสุดท้ายของการทดสอบที่ 11 วัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะเนื้อมังคุดมีการพัฒนาตามระยะสุกที่เพิ่มขึ้น ปริมาณ SSC ของเนื้อมังคุดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณ TA มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงระยะที่ผลมังคุดสุกอมและเริ่มเข้าสู่ระยะชราภาพ (senescence) ผลมังคุดจะมีปริมาณ TA ลดลงเล็กน้อย (Palapol *et al.*, 2009) สำหรับปริมาณวิตามินซี แม้ผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี เนื่องจากค่าวิตามินซีเริ่มต้นในแต่ละกรรมวิธีต่างกัน อาจเป็นเพราะระยะความแก่ของผลที่นำมาทดลองมีความแตกต่างกัน จึงทำให้เห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกันในแต่ละกรรมวิธี (Figure 5) และเมื่อพิจารณาคุณภาพภายนอกของมังคุดหลังทดสอบวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมังคุดบรรจุในถุงตาข่ายมีการเปลี่ยนแปลงสีและการเหี่ยวแห้งของกลีบเลี้ยงหลังการทดสอบวางจำหน่ายนาน 6 วัน และอาการเหี่ยวเริ่มชัดเจนขึ้นจนมีคุณภาพการรับประทานในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ที่อายุการวางจำหน่ายนาน 8 วัน ส่วนผลมังคุดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุง PP เจาะรู ช่วยชะลอการเหี่ยวแห้งของกลีบเลี้ยงและผลได้ดีกว่าผลที่บรรจุในถุงตาข่าย ทำให้ผลยังมีสภาพความสดแม้หลังการทดสอบวางจำหน่ายนาน 11 วัน แต่มีข้อเสีย คือ ยังพบปัญหาการสะสมความชื้นภายในถุงจนทำให้เกิดหยดน้ำเกาะที่ถุงด้านบนจนส่งผลกระทบต่อคุณภาพภายนอกของผลมังคุด ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดขั้วผลดำ การเกิดราที่ปลายขั้ว และการเปลี่ยนสีของกลีบเลี้ยงเป็นสีน้ำตาลจากอาการอมน้ำสูงกว่าผลที่บรรจุในถุงตาข่าย (Figure 5)

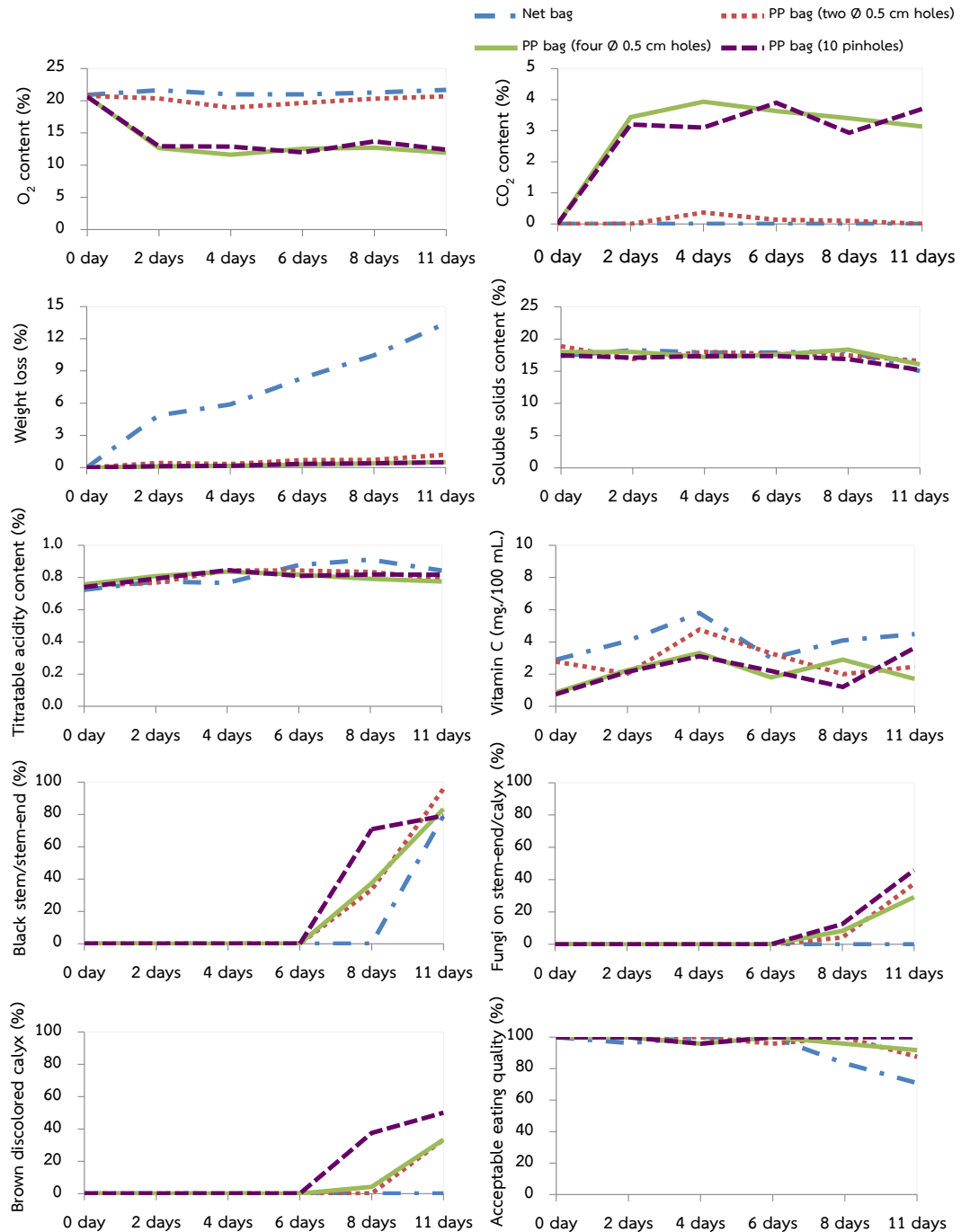


Figure 5 Changes in O₂ content, CO₂ content, weight loss, soluble solids content (SSC), titrateable acidity content (TA), vitamin C content, black stem/stem-end symptoms, fungi on stem-end/calyx, brown discolored calyx symptoms and acceptable eating quality of mangosteen fruits were packed into 4 types of packaging: T1-Net bag, T2-Perforated PP bag (two Ø 0.5 cm holes, on the upper part of the bag), T3-Perforated PP bag (four Ø 0.5 cm holes, under the tray) and T4-Perforated PP bag (ten pinholes on the upper part) prior to storage at 25±3 degree Celsius for 11 days

การทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 3

ทดสอบบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี คือ T1 ถุงตาข่าย T2 ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร 4 รู ด้านล่างถุง และเจาะรูเข็ม 10 รู ด้านบนถุง T3 ถุง PP เจาะรู \varnothing 0.5 เซนติเมตร 4 รู ด้านล่างถุง T4 ถุง PP เจาะรูตามแบบ T2 + วางแผ่นรองซับความชื้นบนถาด และ T5 ถุง PP เจาะรูตามแบบ T3 + วางแผ่นรองซับความชื้นบนถาด ผลการทดสอบพบว่า ผลมั่งคุดในถุงตาข่ายมีปริมาณ O_2 และ CO_2 เท่ากับ 21.4 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเท่ากับ O_2 และ CO_2 ในอากาศ ขณะที่ปริมาณ O_2 ภายในถุง PP เจาะรูทั้งแบบที่มีและไม่มีแผ่นรองซับมีค่าเฉลี่ยลดลงจากวันแรกของการทดสอบ และปริมาณ CO_2 มีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรก ส่วนการสูญเสียน้ำหนักของผลมั่งคุด พบว่า ผลที่บรรจุถุงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดตลอดอายุการวางจำหน่ายโดยมีค่าสูงถึง 14.9 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดสอบนาน 12 วัน ทำให้กลีบเลี้ยงและผลเหี่ยวแห้งเร็วจากการสูญเสียน้ำ สำหรับผลมั่งคุดที่บรรจุในถุงเจาะรู พบว่า ทุกกรรมวิธีช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมั่งคุดได้ดีกว่าผลที่บรรจุในถุงตาข่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเห็นได้จากการสูญเสียน้ำหนักที่มีค่าเฉลี่ยรวมกันเท่ากับ 0.6 เปอร์เซ็นต์ หลังวางจำหน่ายนาน 12 วัน ทำให้ผลมั่งคุดยังคงมีความสดตลอดอายุการวางจำหน่าย (Figure 6) และในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SSC TA และวิตามินซี ของผลมั่งคุดสด พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา นั่นคือ ปริมาณ SSC และ TA ของทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบวางจำหน่าย และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการพัฒนาของผล ขณะที่ปริมาณวิตามินซีของผลมั่งคุดทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการทดสอบวางจำหน่ายนาน 2 วัน จากนั้นมีแนวโน้มลงจนถึงวันสุดท้ายของการทดสอบ โดยพบว่า ผลมั่งคุดที่บรรจุในถุง PP เจาะรูตามกรรมวิธี T3 และ T5 มีแนวโน้มของปริมาณวิตามินซีต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ซึ่งการที่ทั้งสองกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อาจมีสาเหตุมาจากสมบัติการซึมผ่านก๊าซ O_2 และ CO_2 ของบรรจุภัณฑ์ที่สร้างสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 ต่ำและ CO_2 สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จึงช่วยลดการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลมั่งคุด และส่งผลในการชะลอการพัฒนาเข้าสู่ระยะชราภาพให้ช้าลง เมื่อผลมั่งคุดอยู่ในระยะที่สุกน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จึงมีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะผลมั่งคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายจะเห็นได้ว่ามีปริมาณวิตามินซีตลอดอายุการวางจำหน่ายสูงที่สุด และเมื่อเข้าสู่ระยะชราภาพจะมีการลดลงของปริมาณวิตามินซีเร็วกว่ากรรมวิธีที่บรรจุในถุง PP (Figure 6) สำหรับคุณภาพภายนอกของผลมั่งคุด พบว่า ผลที่บรรจุในถุงตาข่ายไม่พบปัญหาการเกิดราที่ขั้วผลหรือกลีบเลี้ยง และการเปลี่ยนสีกลีบเลี้ยงเป็นสีน้ำตาลจากอาการฉ่ำน้ำ (มีค่าเป็นศูนย์) แต่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดขั้วดำเพิ่มขึ้นตั้งแต่หลังการทดสอบนาน 8 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำจนขั้วผลแห้งแล้วเปลี่ยนเป็นสีดำ รวมทั้งส่งผลต่อการเหี่ยวของกลีบเลี้ยง จนกระตุ้นให้มั่งคุดพัฒนาสู่ระยะชราภาพเร็วขึ้น จึงส่งผลให้มีคุณภาพภายนอกไม่เป็นที่ยอมรับหลังจาก 8 วัน ส่วนคุณภาพการรับประทาน เริ่มไม่เป็นที่ยอมรับที่อายุการวางจำหน่ายนาน 10 วัน ขณะที่การเก็บรักษาผลมั่งคุดในถุง PP ทุกกรรมวิธี สามารถรักษาคุณภาพความสดได้ดี แต่ยังพบการสะสมของไอน้ำที่เกิดจากการหายใจและคายน้ำออกมาของผลมั่งคุด ทำให้กลีบเลี้ยงเริ่มมีการฉ่ำน้ำและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ขั้วผลมีสีดำ และเกิดราขึ้นที่ปลายขั้ว จนมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับตั้งแต่การเก็บรักษาที่อายุ 8 วัน ส่วนคุณภาพการรับประทาน เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ผลที่รับประทานได้ พบว่า มีค่าลดลงตามระยะเวลาการทดสอบเช่นเดียวกับผลมั่งคุดในถุงตาข่ายแต่อยู่ในระดับที่สูงกว่า (Figure 6)

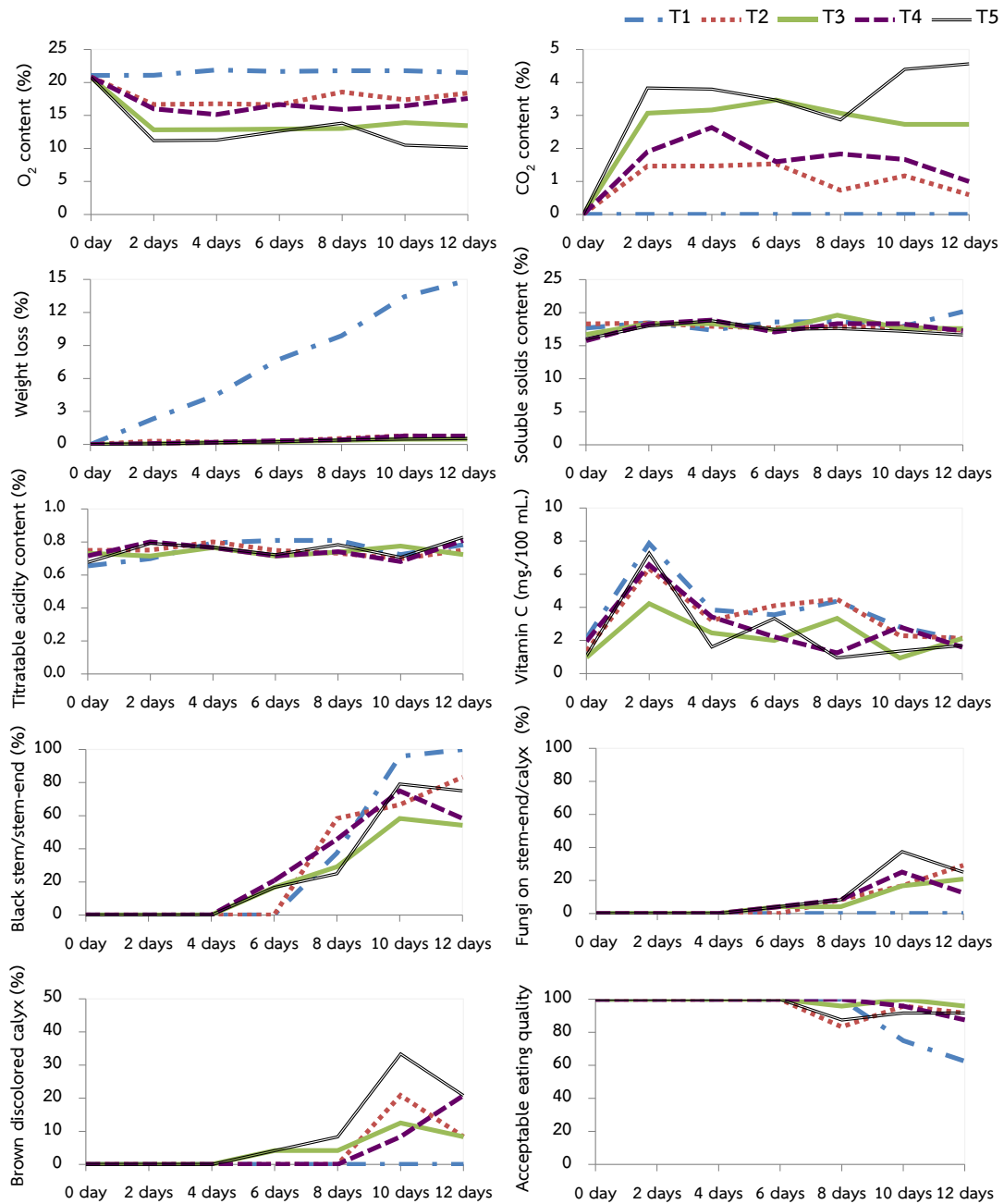


Figure 6 Changes in O₂ content, CO₂ content, weight loss, soluble solids content (SSC), titrateable acidity content (TA), vitamin C content, black stem/stem-end symptoms, fungi on stem-end/calyx, brown discolored calyx symptoms and acceptable eating quality of mangosteen fruits were packed into 5 types of packaging: T1-Net bag, T2-Perforated PP bag (four Ø 0.5 cm holes under the tray side and ten pinholes on the upper part of the bag), T3-Perforated PP bag (four Ø 0.5 cm holes under the tray side), T4-Perforated PP bag of T2+moisture absorbing pads and T5-Perforated PP bag of T3+moisture absorbing pads prior to storage at 25±3 degree Celsius for 12 days

การทดสอบชนิดของบรรจุภัณฑ์ครั้งที่ 4

จากการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์โดยการเจาะรูตามกรรมวิธี คือ T1 ฤงตาข่าย T2 ฤง PP เจาะรูเข็ม 80 รู ด้านบนของฤง T3 ฤง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม 100 รู ด้านบนของฤง T4 ฤง PP เจาะรูเข็ม ระยะ 1x1 เซนติเมตร ด้านข้างฤง 2 ด้าน และ T5 ฤง PP เจาะรูเข็ม ระยะ 1x1 เซนติเมตร ตลอดด้านบนของฤง ผลการทดลองพบว่า หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองการจำหน่ายของตลาดในประเทศ ผลมั่งคุดที่บรรจุในฤงตาข่ายมีปริมาณ O_2 และ CO_2 เทียบเท่ากับในอากาศ ขณะที่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดตลอดอายุการวางจำหน่าย โดยมีค่าสูงถึง 14.5 เปอร์เซ็นต์ หลังทดสอบวางจำหน่ายนาน 12 วัน สำหรับผลมั่งคุดที่บรรจุในฤง PP เจาะรู พบว่าการเจาะรูที่ฤงทำให้เกิดการระบายอากาศและไอน้ำที่ดีขึ้น จึงมีปริมาณ O_2 และ CO_2 เฉลี่ยใกล้เคียงกับ O_2 และ CO_2 ในอากาศ ทำให้การพัฒนาของผลเกิดขึ้นเร็วกว่าการเก็บรักษาในสภาพที่มี O_2 ต่ำ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากฤง PP ที่เจาะรูตามกรรมวิธี T2 และ T3 มีปัญหาจากการเจาะรูที่มีบางรูไม่ทะลุ จึงส่งผลกระทบต่อกรซึมผ่านของ O_2 และ CO_2 ภายในฤง ทำให้มี O_2 ต่ำและ CO_2 สูงกว่าที่ควรจะเป็น จึงมีการพัฒนาผลเกิดขึ้นช้ากว่าผลที่บรรจุในฤง PP ตาม T4 และ T5 ส่วนการสูญเสียน้ำหนักของผลมั่งคุดในฤง PP เจาะรูทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นผลที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ T5 ที่มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.3 เปอร์เซ็นต์ หลังการวางจำหน่ายนาน 12 วัน แต่ยังคงต่ำกว่าผลที่บรรจุในฤงตาข่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Figure 7) ส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SSC TA และวิตามินซีของผลมั่งคุดพบว่า ปริมาณ SSC ของทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่วันแรก โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 18.3-19.1 เปอร์เซ็นต์ จนถึงวันสุดท้ายของการทดสอบที่ค่าเฉลี่ยระหว่าง 17.2-18.6 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TA ซึ่งผลมั่งคุดในบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการวางจำหน่าย โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.8-0.9 เปอร์เซ็นต์ จากวันแรกถึงวันสุดท้ายของการทดสอบนาน 12 วัน สำหรับปริมาณวิตามินซีในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดอายุการวางจำหน่าย โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.2-1.7 มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก ในวันเริ่มต้นการทดสอบ จากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่อายุการวางจำหน่ายนาน 4 วัน ที่ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.9-2.1 มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก ก่อนมีค่าลดลงเป็น 1.3-2.4 มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก ในวันสุดท้ายของการทดสอบวางจำหน่าย ซึ่งการที่ผลมั่งคุดทุกกรรมวิธีมีค่า SSC TA และวิตามินซีอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะผลมั่งคุดที่นำมาทำการทดสอบมีระยะความแก่ที่ใกล้เคียงกันและการพัฒนาการสุกอยู่ในระดับที่สุกเต็มที่ จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเนื้อผลไม่แตกต่างกันมากนักตั้งแต่เริ่มต้นของการทดสอบ (Figure 7) สำหรับผลของคุณภาพภายนอกของผลมั่งคุดโดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ผลที่เกิดขั้วดำหรือปลายขั้วดำ ผลที่มีราขึ้นที่ขั้วหรือกลีบเลี้ยง และผลที่มีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล พบว่า ผลมั่งคุดที่บรรจุในฤงตาข่ายไม่พบปัญหาการเกิดเชื้อราตลอดอายุการวางจำหน่าย ส่วนปัญหาการเกิดขั้วผลดำและกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีสาเหตุจากการเหี่ยวแห้งจนเสื่อมสภาพ โดยพบหลังการวางจำหน่ายนาน 4 และ 8 วัน ตามลำดับ จากนั้นเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บที่นานขึ้น โดยมีอาการชัดเจนจนคุณภาพภายนอกไม่เป็นที่ยอมรับที่อายุการวางจำหน่ายนาน 10 วัน ส่วนผลมั่งคุดที่บรรจุในฤง PP ทุกกรรมวิธี มีปัญหาการเกิดขั้วผลดำ ราขึ้นที่ขั้วผล และการเปลี่ยนสีของกลีบเลี้ยงเป็นสีน้ำตาลจากอาการฉ่ำน้ำ ซึ่งสาเหตุมาจากการสะสมของความชื้นที่มีอยู่ภายในฤง

ทำให้รอบ ๆ ผลมังคุดมีความชื้นสูงด้วย โดยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ทดสอบวางจำหน่าย โดยผลมังคุดในกรรมวิธี T2 T3 และ T4 มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ของผลมังคุดที่เกิดขั้วดำ เกิดเชื้อรา และผลที่มีกลิ่นเลี่ยนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนหลังอายุการวางจำหน่ายนาน 6 วัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 กรรมวิธีช่วยเอื้อให้เกิดการสะสมความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์สูงกว่า T5 เพราะมีจำนวนรูที่เจาะน้อยกว่า ทำให้มีสมบัติการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำจากภายในบรรจุภัณฑ์สู่ภายนอกต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ T5 ที่มีการเจาะรูมากกว่า การเสื่อมคุณภาพจึงเกิดขึ้นสูงกว่า T5 (Figure 7) ส่วนคุณภาพการรับประทาน มีเปอร์เซ็นต์ผลที่รับประทานได้ลดลงตามระยะเวลาการทดสอบวางจำหน่ายที่นานขึ้น โดยผลมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายมีเปอร์เซ็นต์ลดลงอย่างชัดเจนที่อายุการวางจำหน่ายนาน 10 วัน ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.5 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อวางจำหน่ายนานถึง 12 วัน มีค่าเฉลี่ยลดลงเป็น 54.2 เปอร์เซ็นต์ โดยลักษณะภายนอกและเนื้อในของผลมังคุดแสดงดัง Figure 8 โดยจะเห็นว่า สีเปลือกของผลด้านในมีสีออกน้ำตาล เนื้อผลมีลักษณะนิ่ม ยุบ และสีเนื้อออกสีน้ำตาล อาจพบอาการเนื่อบูมและเกิดการเน่า ซึ่งเกิดจากการเสื่อมสภาพของผลที่เข้าสู่ระยะชราภาพ ส่วนผลมังคุดที่บรรจุในถุง PP เจาะรูทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์ผลที่รับประทานได้ลดลงตามอายุการวางจำหน่ายเช่นเดียวกัน แต่แสดงอาการของการเสื่อมสภาพของเนื้อผลช้ากว่าพวกที่บรรจุในถุงตาข่าย โดยที่อายุการวางจำหน่ายนาน 12 วัน ที่ค่าเฉลี่ยระหว่าง 75.0-81.25 เปอร์เซ็นต์ (Figure 7) ซึ่งเนื้อผลมังคุดที่บรรจุในถุง PP เจาะรูเหล่านี้ ยังมีสีของเปลือกผลด้านในเป็นสีแดง เนื้อยังค่อนข้างขาวและมีความแน่นเนื้อสูงกว่าผลที่บรรจุในถุงตาข่าย (Figure 8) ซึ่งอาจเป็นเพราะผลมังคุดมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำต่ำกว่า จึงช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเนื้อผลมังคุดให้ช้าลงได้

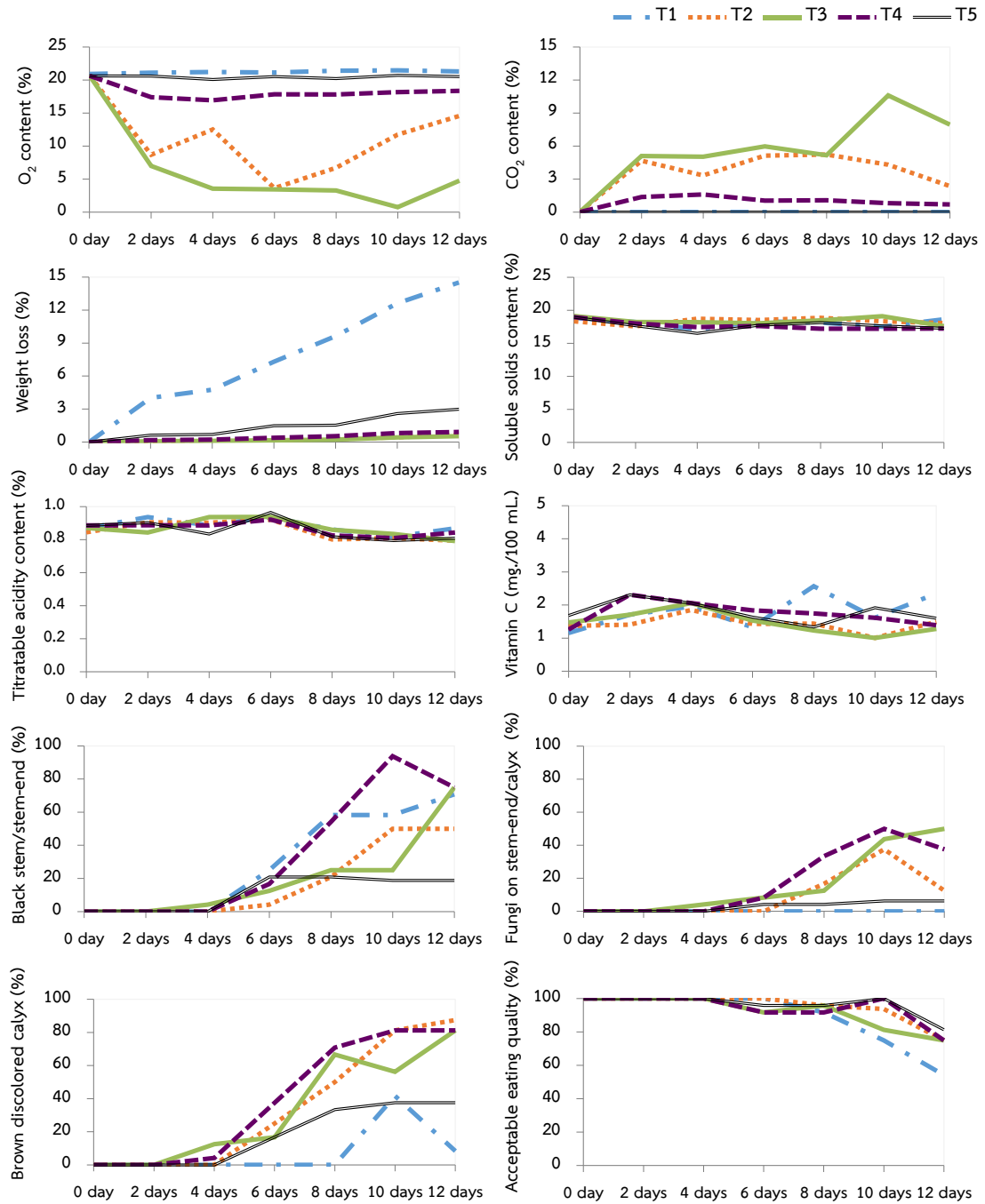


Figure 7 Changes in O₂ content, CO₂ content, weight loss, soluble solids content (SSC), titratable acidity content (TA), vitamin C content, black stem/stem-end symptoms, fungi on stem-end/calyx, brown discolored calyx symptoms and acceptable eating quality of mangosteen fruits were packed into 5 types of packaging: T1-Net bag, T2-Perforated PP bag with 80 pinholes on the upper part of bag, T3-Perforated PP bag with 100 pinholes on the upper part of bag, T4-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes on both lateral sides of bag and T5-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes across the upper part of bag prior to storage at 25±3 degree Celsius for 12 days



Figure 8 The appearance of mangosteen fruits and flesh were packed into the 5 types of packaging: T1-Net bag, T2-Perforated PP bag with 80 pinholes on the upper part of bag, T3-Perforated PP bag with 100 pinholes on the upper part of bag, T4-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes on both lateral sides of bag and T5-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes across the upper part of bag after stored at 25±3 degree Celsius for 12 days

สำหรับการทดสอบผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพผลมังคุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสำหรับการขนส่งเพื่อส่งออกไปตลาดต่างประเทศ พบว่า ปริมาณ O_2 และ CO_2 ในถุงตาข่ายตลอดอายุการวางจำหน่ายมีค่าเฉลี่ย 21.1 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนบรรจุภัณฑ์ถุง PP เจาะรูแบบต่าง ๆ มี O_2 เฉลี่ยระหว่าง 17.0-20.9 เปอร์เซ็นต์ และ CO_2 เฉลี่ยระหว่าง 0.0-1.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การพัฒนาสีผลและกลีบเลี้ยงเกิดขึ้นเร็วกว่าการเก็บรักษาในสภาพที่มีปริมาณ O_2 สูง และ CO_2 ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม เนื่องจากถุง PP เจาะรูกรรมวิธีที่ T3 พบปัญหาจากการเจาะรูไม่ทะลุทั้งหมด จึงส่งผลกระทบต่อ การซึมผ่านของ O_2 และ CO_2 ภายในถุง ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณ O_2 ต่ำ และปริมาณ CO_2 สูงกว่าที่ควรจะเป็น สำหรับการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุด พบว่า มังคุดในถุงตาข่ายมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 0.9 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการเก็บรักษานาน 2 วัน เป็น 4.1 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษานาน 20 วัน ขณะที่ผลมังคุดที่บรรจุในถุง PP เจาะรูทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่ายอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลมังคุดที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ถุง PP เจาะรูมีคุณภาพความสดมากกว่าผลที่บรรจุในถุงตาข่าย (Figure 9) และจากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ SSC TA และวิตามินซีในผลมังคุด พบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษาเช่นเดียวกับการทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า การใช้อุณหภูมิต่ำไม่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ SSC TA และวิตามินซี โดยที่ปริมาณ SSC และ TA ในผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษาที่ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 18.8 และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันแรก ก่อนจะมีค่าลดลงเล็กน้อยเหลือ 17.4 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษานาน 20 วัน ขณะที่ปริมาณวิตามินซีในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยไม่ค่อยสม่ำเสมอตลอดอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ยังมีค่าอยู่ในระดับที่ไม่ห่างกันมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.2 มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด

เท่ากับ 3.4 มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิลิตรของกรดแอสคอร์บิก (Figure 9) สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพของ มังคุดที่บรรจุในแต่ละบรรจุภัณฑ์ จะเห็นได้ว่า มังคุดที่บรรจุในถุงตาข่าย ยังมีคุณภาพการเก็บรักษาเป็นที่ยอมรับ เมื่อเก็บรักษานานถึง 15 วัน แต่เมื่อเก็บรักษานานถึง 20 วัน คุณภาพภายนอกของผลไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของช้ำผลดำ การเกิดราที่ปลายช้ำ และการเปลี่ยนสีกลีบเลี้ยงเป็นสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้ง คุณภาพของเนื้อในผลเริ่มไม่เป็นที่ยอมรับ โดยมีผลที่รับประทานได้ลดลงเท่ากับ 83.3 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการ เก็บรักษานาน 20 วัน ส่วนคุณภาพของผลมังคุดในบรรจุภัณฑ์ถุง PP ที่เจาะรูแบบต่าง ๆ พบว่า ผลที่บรรจุใน ถุงในกรรมวิธี T2 และ T3 มีแนวโน้มในการช่วยรักษาคุณภาพได้ดีกว่า T4 และ T5 เนื่องจากมีแนวโน้มของ เปอร์เซ็นต์ผลที่เกิดช้ำดำ ผลที่เกิดราที่ช้ำ และผลที่มีกลีบเลี้ยงเป็นสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาต่ำกว่า และ ในการพิจารณาคุณภาพการรับประทาน พบว่า โดยภาพรวมทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ผลที่รับประทาน ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก (Figure 9)

โดยภาพรวมของการทดสอบเพื่อหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุผลมังคุดเพื่อการขายปลีกใน ครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก PP ที่มีการเจาะรูขนาดรูเข็ม ระยะ 1X1 เซนติเมตร ตลอดด้านบนของถุง เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการวางจำหน่ายผลมังคุดสดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนการบรรจุในถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม ระยะ 1X1 นิ้ว ที่ด้านบนของถุง จำนวน 80 หรือ 100 รู มีแนวโน้ม ในการช่วยรักษาคุณภาพได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ สำหรับผลมังคุดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เนื่องจากช่วยชะลอการสูญเสียน้ำภายในผลมังคุด ทำให้มังคุดยังมีความสดและสามารถยืดอายุการเก็บรักษา ผลมังคุดสดได้ดีกว่าการบรรจุในถุงตาข่าย PE ที่เป็นตัวควบคุม และมีการเกิดเชื้อราที่ช้ำผลน้อยกว่าการบรรจุ ในถุง PP กรรมวิธีอื่น ๆ

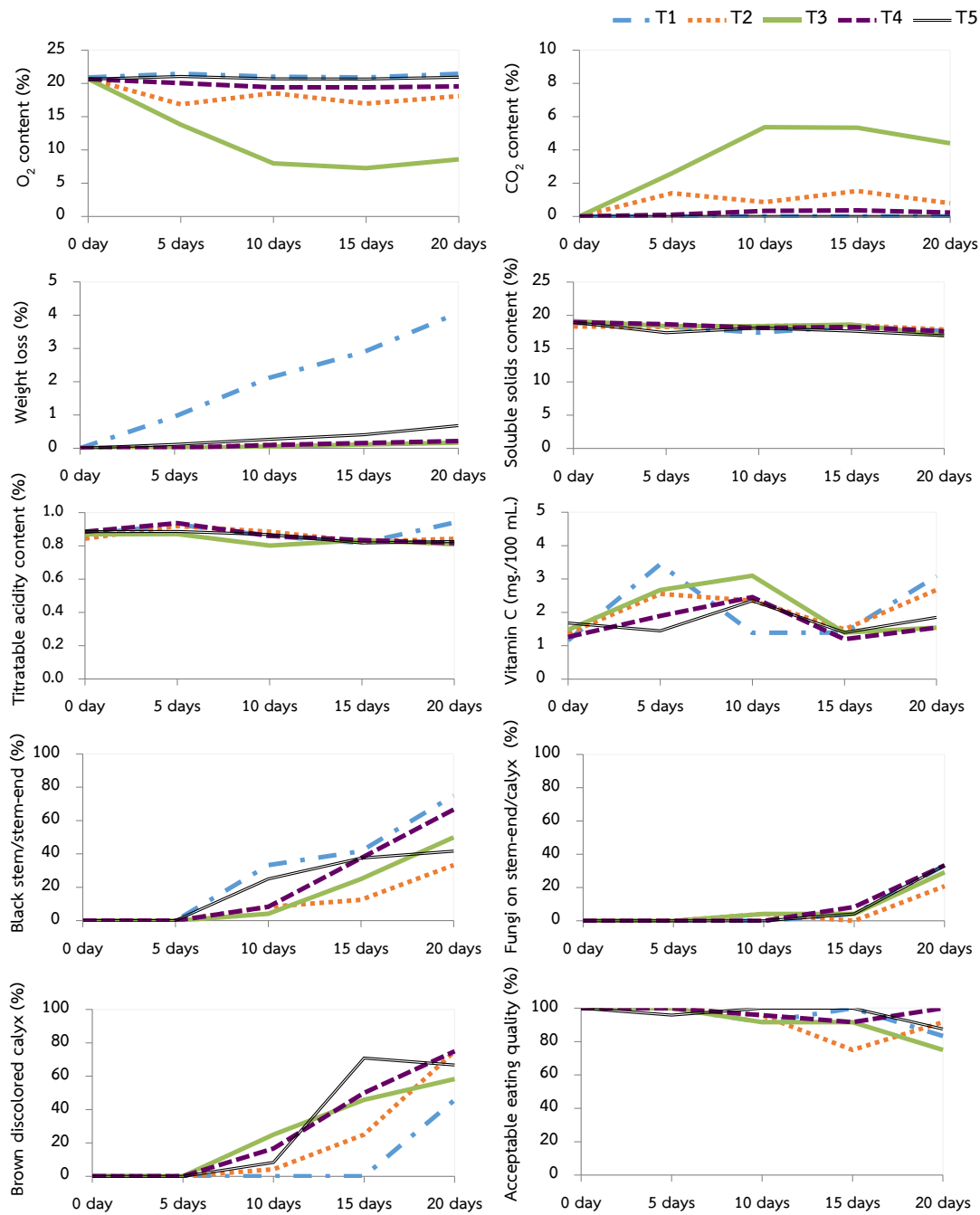


Figure 9 Changes in O₂ content, CO₂ content, weight loss, soluble solids content (SSC), titrateable acidity content (TA), vitamin C content, black stem/stem-end symptoms, fungi on stem-end/calyx, brown discolored calyx symptoms and acceptable eating quality of mangosteen fruits were packed into 5 types of packaging: T1-Net bag, T2-Perforated PP bag with 80 pinholes on the upper part of bag, T3-Perforated PP bag with 100 pinholes on the upper part of bag, T4-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes on both lateral sides of bag and T5-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes across the upper part of bag prior to storage at 13 degree Celsius for 20 days

ทดสอบการใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับสารยืดอายุการเก็บรักษา

จากการทดสอบเปรียบเทียบการใช้บรรจุภัณฑ์ร่วมกับสารยืดอายุการเก็บรักษาชนิดต่าง ๆ ที่เคยมีการทดสอบและให้ผลดีในการเก็บรักษาผลมังคุดตามกรรมวิธี คือ T1 ถูงตาข่าย+ไม่ใช้สารยืดอายุ T2 ถูง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม ระยะ 1X1 เซนติเมตร ตลอดด้านบนของถูง T3 ถูง PP ตามกรรมวิธี T2 + จุ่มผลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ T4 ถูง PP ตามกรรมวิธีที่ T2 + จุ่มผลในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก 600 ไมโครลิตรต่อลิตร และ T5 ถูง PP ตามกรรมวิธี T2 + จุ่มผลในสารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้น นำไปทดสอบการเก็บรักษาและวางจำหน่ายผลมังคุดที่อุณหภูมิ 25 หรือ 13 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การบรรจุผลมังคุดในถูง PP เจาะรูทั้งที่มีและไม่มีการใช้สารยืดอายุ มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลมังคุดที่บรรจุในถูงตาข่าย โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 5.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการวางจำหน่ายนาน 18 วัน ขณะที่มังคุดในถูงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 15.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการวางจำหน่ายเดียวกัน (Figure 10) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ SSC TA และวิตามินซีในผลมังคุดสด พบว่า ปริมาณ SSC ของทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดอายุการวางจำหน่าย โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 16.0-19.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณ TA ของผลมังคุดในทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันตลอดอายุการวางจำหน่ายเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทุกกรรมวิธีที่ระดับ 0.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณวิตามินซี พบว่า ผลมังคุดกรรมวิธี T1 ถึง T5 มีค่าเฉลี่ยในวันแรกเท่ากับ 4.2 3.9 4.6 2.6 และ 6.3 มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก ตามลำดับ จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตามอายุการวางจำหน่ายจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 2.9 1.2 1.7 และ 1.2 มิลลิกรัมต่อร้อยมิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก ตามลำดับ หลังทดสอบวางจำหน่ายนาน 18 วัน ซึ่งการที่ปริมาณวิตามินซีลดลงนี้อาจเป็นผลมาจากการพัฒนาของผลจนเข้าสู่ระยะชราภาพและเกิดการเสื่อมสภาพลง ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงตามไปด้วย (Figure 10) สำหรับผลของการใช้สารยืดอายุชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพภายนอกของผลมังคุดโดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดขั้วดำ ผลที่มีราที่ขั้ว และผลที่กลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล พบว่า ผลมังคุดที่ไม่จุ่มสารยืดอายุแล้วบรรจุในถูงตาข่ายเริ่มมีเปอร์เซ็นต์การเกิดขั้วผลดำหลังการทดสอบวางจำหน่ายนาน 3 วัน และมีเปอร์เซ็นต์เพิ่มสูงขึ้นจนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุวางจำหน่ายนาน 15 วัน ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดเชื้อราที่ขั้วผลมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากมังคุดที่บรรจุในถูงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักจนขั้วผลแห้งจึงทำให้ไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อรา ส่วนผลที่กลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เริ่มพบที่อายุการวางจำหน่ายนาน 12 วัน แล้วเพิ่มสูงขึ้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หลังการวางจำหน่ายนาน 18 วัน ซึ่งการเปลี่ยนสีกลีบเลี้ยงที่เกิดขึ้นนี้มีสาเหตุมาจากการสูญเสียน้ำของมังคุด ทำให้กลีบเลี้ยงแห้งเหี่ยวจนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดขั้วดำ ผลที่มีราที่ขั้ว และผลที่มีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในกรรมวิธีที่จุ่มและไม่จุ่มสารยืดอายุชนิดต่าง ๆ ก่อนบรรจุถูง PP เจาะรู พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่รับประทานได้ในทุกกรรมวิธี พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันตลอดอายุการวางจำหน่าย แสดงให้เห็นว่าผลมังคุดยังมีคุณภาพการรับประทานได้ตามปกติจนถึงอายุการวางจำหน่ายที่นานกว่า 15 วัน คุณภาพการรับประทานจึงมีเปอร์เซ็นต์การรับประทานได้ที่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะผลที่บรรจุในถูงตาข่าย มีเปอร์เซ็นต์ผลที่รับประทานได้ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างชัดเจน (Figure 10)

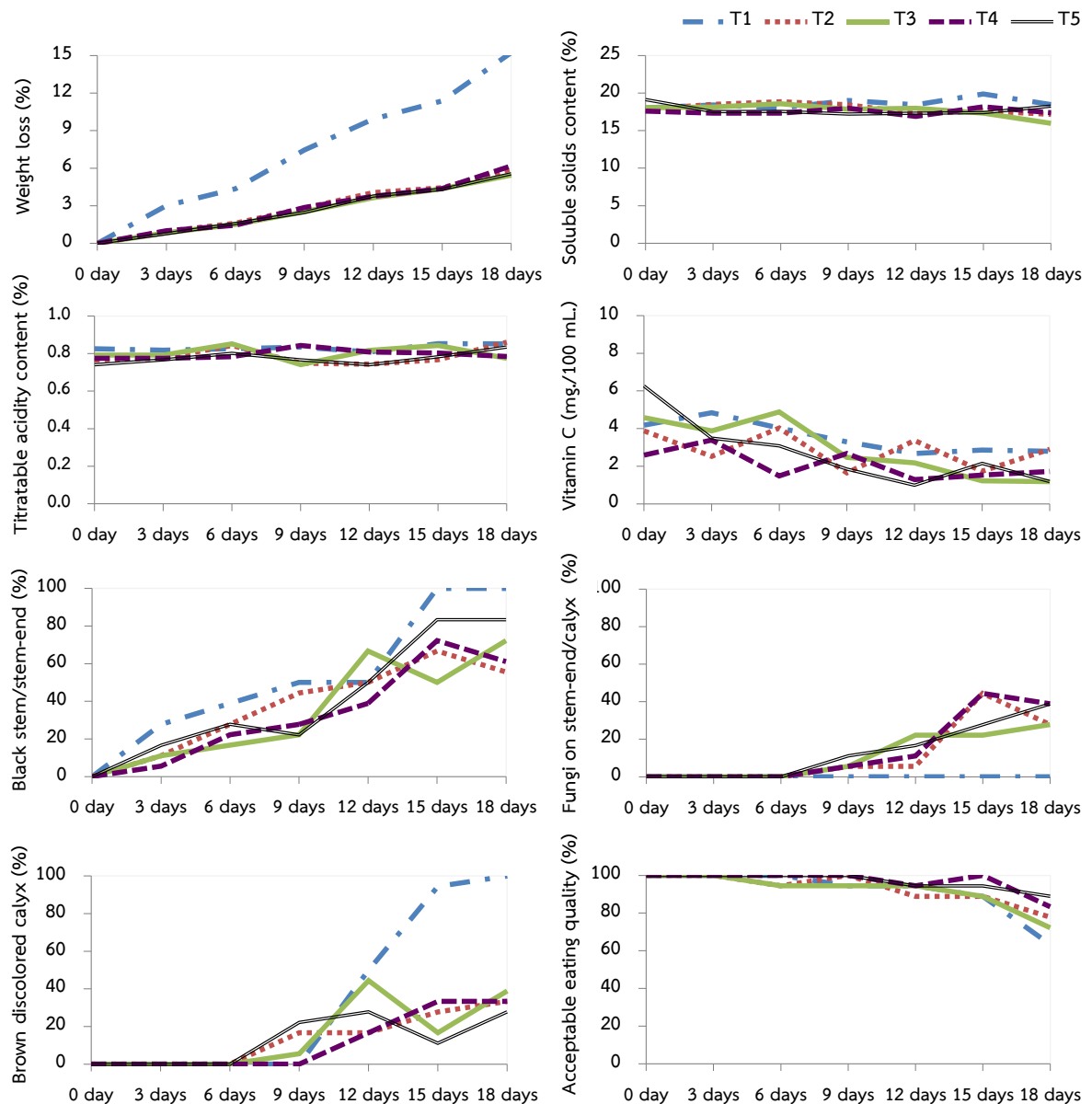


Figure 10 Changes in weight loss, soluble solids content (SSC), titrateable acidity content (TA), vitamin C content, black stem/stem-end symptoms, fungi on stem-end/calyx, brown discolored calyx symptoms and acceptable eating quality of mangosteen fruits were packed into 5 types of treatments: T1-Net bag without preservative agents, T2-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes across the upper part of bag without preservative agents, T3-Perforated PP bag same as T2 with 0.2% calcium chloride, T4-Perforated PP bag same as T2 with 600 $\mu\text{L.L}^{-1}$ gibberellic acid and T5- Perforated PP bag same as T2 with 1% chitosan prior to storage at 25 ± 3 degree Celsius for 18 days

สำหรับผลการทดสอบเปรียบเทียบการใช้สารยืดอายุการเก็บรักษาชนิดต่าง ๆ ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน พบว่า การบรรจุผลมังคุดในบรรจุภัณฑ์ถุง PP เจาะรู ทุกกรรมวิธีสามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผล ทำให้ช่วยรักษาสภาพความสดและยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดได้นานกว่าการบรรจุในถุงตาข่าย โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 0.8 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษานาน 25 วัน ขณะที่ผลมังคุดในถุงตาข่ายมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 7.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการเก็บรักษาเดียวกัน (Figure 11) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ SSC TA และวิตามินซีในผลมังคุดสด พบว่า ผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันตลอดการทดลอง โดยที่ปริมาณ SSC ของทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยรวมในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 18.9 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นมีปริมาณลดลงเล็กน้อยจนมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 17.9 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการเก็บรักษานาน 25 วัน สอดคล้องกับปริมาณ TA ของผลมังคุดในทุกกรรมวิธีที่มีค่าเฉลี่ยลดลงตามอายุการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน สำหรับปริมาณวิตามินซี พบว่า ผลมังคุดทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกับปริมาณ SSC และ TA แต่เมื่อพิจารณาจากระยะเวลาในการเก็บรักษา จะสังเกตเห็นได้ว่า ปริมาณวิตามินซีที่ลดลงจากวันแรกจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทุกกรรมวิธีเท่ากับ 7.4 มิลลิกรัมต่อร้อย มิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก ในวันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นลดลงเหลือ 3.6 มิลลิกรัมต่อร้อย มิลลิตรของกรดแอสคอร์บิก ที่อายุการเก็บรักษานาน 25 วัน (Figure 11) สำหรับผลการทดสอบต่อคุณภาพภายนอกของผลมังคุดสด โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ผลมังคุดที่เกิดขั้วดำหรือปลายขั้วดำ ผลที่มีราที่ขั้วหรือกลีบเลี้ยง และผลที่มีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล พบว่า ผลมังคุดทั้งที่มีการใช้หรือไม่ใช้สารยืดอายุทุกกรรมวิธีที่บรรจุในถุง PP เจาะรู มีคุณภาพภายนอกระหว่างการเก็บรักษาใกล้เคียงกัน โดยผลมังคุดเริ่มมีเปอร์เซ็นต์ผลที่เกิดขั้วดำเพิ่มขึ้นหลังการเก็บรักษานาน 10 วัน และเมื่อเก็บรักษานานถึง 20 วัน ทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์ผลที่มีขั้วดำเฉลี่ยรวม 52.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลมังคุดที่บรรจุในถุงตาข่าย ยังไม่มีอาการขั้วดำจนถึงอายุการเก็บรักษานาน 20 วัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ผลที่มีขั้วดำสูงถึง 77.8 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ผลที่เกิดเชื้อราที่ขั้วผล และผลที่มีสีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่า ทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์ผลสูงขึ้นที่อายุการเก็บรักษานาน 20 วัน (Figure 11) แม้ว่าคุณภาพการรับประทานที่พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ผลที่รับประทานได้จะยังคงมีค่าสูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 25 วัน (Figure 11)

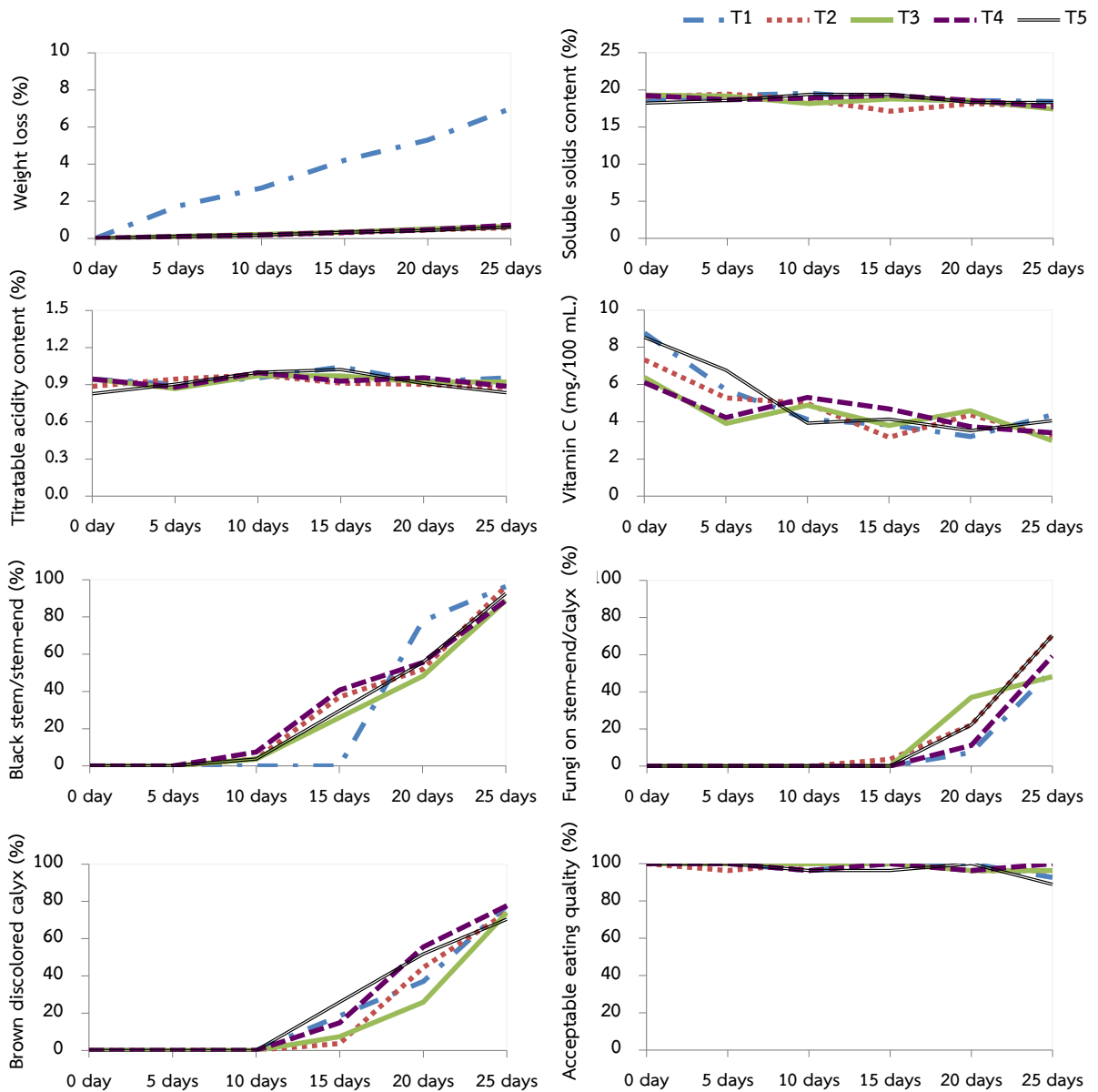


Figure 11 Changes in weight loss, soluble solids content (SSC), titrateable acidity content (TA), vitamin C content, black stem/stem-end symptoms, fungi on stem-end/calyx, brown discolored calyx symptoms and acceptable eating quality of mangosteen fruits were packed into 5 types of treatments: T1-Net bag without preservative agents, T2-Perforated PP bag with 1X1 cm pinholes across the upper part of bag without preservative agents, T3-Perforated PP bag same as T2 with 0.2% calcium chloride, T4-Perforated PP bag same as T2 with 600 μL^{-1} gibberellic acid and T5- Perforated PP bag same as T2 with 1% chitosan prior to storage at 13 degree Celsius for 18 days

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

ในการประเมินหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของมังคุดสดในเขตภาคตะวันออก (จังหวัดจันทบุรี และตราด) สรุปผลได้ว่า การสูญเสียคุณภาพภายนอกซึ่งเกิดจากคุณภาพก่อนและขณะเก็บเกี่ยว มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากผลมังคุดมีเปลือกสีเขียวทั้งผลสูงที่สุด ส่วนการสูญเสียซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว พบว่าการสูญเสียที่พบมากที่สุด คือ ผลที่สีกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีแดง โดยขั้นตอนที่พบการสูญเสียมากที่สุด คือ หลังขนส่งไปตลาดค้าส่งในประเทศ และในการทดสอบเพื่อลดการสูญเสียในขั้นตอนการขนส่งจากจุดรวบรวมไปตลาดค้าส่ง พบว่า การขนส่งด้วยกรรมวิธีแนะนำช่วยลดปัญหาการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสีผลเป็นสีม่วงดำการที่สีของกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีแดง และเปอร์เซ็นต์การเกิดผลชำ/บุบให้ลดลงได้ แต่ไม่สามารถลดการสูญเสียที่เกิดจากการฉีกขาดของกลีบเลี้ยง และการเกิดเปลือกแข็งบางส่วนของผลมังคุดได้ สำหรับผลการทดสอบการใช้เทคโนโลยีการบรรจุเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่ายมังคุดแบบขายปลีก สามารถสรุปได้ว่า การใช้ผลมังคุดที่มีระยะสีแดง บรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรไพลีน (PP) แบบเจาะรูที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงประมาณ 16-20 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยลดการสะสมของไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในถุง รักษาคุณภาพภายนอก และยืดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายของผลมังคุดได้ดีกว่าการบรรจุผลมังคุดในถุงตาข่ายซึ่งใช้สำหรับการค้าทั่วไป โดยถุง PP ที่เจาะรูขนาดรูเข็มระยะ 1X1 เซนติเมตร ตลอดด้านบนของถุง เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการวางจำหน่ายผลมังคุดสดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็มระยะประมาณ 1X1 นิ้ว ที่ด้านบนของถุง จำนวน 80 หรือ 100 รู มีแนวโน้มช่วยรักษาคุณภาพได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์แบบอื่น ๆ ส่วนการใช้สารยืดอายุการเก็บรักษาชนิดต่าง ๆ ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ถุง PP เจาะรู พบว่า ให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่ใช้สารยืดอายุ แสดงให้เห็นว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพียงอย่างเดียวสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลมังคุดสดได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำข้อมูลผลการทดลองไปเผยแพร่และให้คำแนะนำแก่เกษตรกร ผู้ผลิต ผู้ส่งออก และผู้จำหน่ายผลิตผลมังคุดสดทั้งสำหรับตลาดในประเทศและส่งออก
2. นำเสนอในรูปแบบโปสเตอร์หรือบรรยาย เพื่อเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการของประเทศไทย
3. นำเสนอในรูปแบบบรรยาย เพื่อเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการนานาชาติ
4. เผยแพร่ในวารสารวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ

11. เอกสารอ้างอิง

ณภัทร ทิพย์ศรี ราชนันท์ ชูศรี และนิติศักดิ์ เจริญรูป. 2555. โครงการการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของการส่งออกมังคุดไปยังประเทศจีนตอนใต้. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 162 หน้า.

- दनัย बुण्यเกयरति पिचेशु न्ठोयमधि वररुणवारगक पठननपोठी लेपपरिषाति ऐयनजुमफल. 2554. การประเมินการ
สูญเสียในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. *ว.วิทย.กษ.* 42:3 (พิเศษ): 85-88.
- दनัย बुण्यเกयरति पिชญา बुญประสม พูลลาภ ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน และมนตรี จันทา. 2555. การสูญเสียหลัง
การเก็บเกี่ยวในโชอุปทานพืชผักของโครงการหลวง. *ว.วิทย.กษ.* 43:3 (พิเศษ): 376-379.
- ดามร บันทุรัตน์ วิบูลย์ ช่างเรือ พิชญา บุญประสม พูลลาภ และदनัย बुण्यเกयरति. 2555. การประเมินการ
สูญเสียการจัดการสายโชอุปทานคะน้ำในจังหวัดเชียงใหม่. *ว.วิทย.กษ.* 43:3 (พิเศษ): 296-299.
- ปรารงค์ทอง กวานห้อง เบญจมาศ รัตนชินกร คมจันทร์ สรงจันทร์ และศิริกานต์ ศรีธีรรัตน์. 2553. การเก็บ
รักษามังคุดในสภาพบรรยากาศดัดแปลง. หน้า 214-236. ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2553.
สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
ผ่องเพ็ญ อรรคสีวร อารงค์ อัมพรรัตน์ อภิธา บุญศิริ นภา ศิวรังสรรค์ สิริรุ่ง ปรีชานนท์ และโสรดา กนกพานนท์. 2549.
การพัฒนาสารเคลือบผิวเซลล์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด และมะนาวพันธุ์แป้น. *ว. วิทย. กษ.*
37:5 (พิเศษ): 42-45.
- พิชेशु न्ठोयमधि पिचญา बुญประสม พูลลาภ परिषाति ऐयनजुमफल และदनัย बुण्यเกयरति. 2555. การประเมิน
การสูญเสียในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไยพันธุ์อีดอ. *ว.วิทย.กษ.* 43:3 (พิเศษ): 304-307.
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. มังคุด: เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2562. ศูนย์
สารสนเทศการเกษตร.
http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/1_mangosteen%202562.pdf.
(27 มีนาคม 2562).
- อนวัตร แจ้จัด และฐิติยา รัตนไตรภพ. 2544. การศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามังคุด. ภาควิชาพัฒนา
ผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- Palapol, Y., S. Ketsa, D. Stevenson, J.M. Cooney, A.C. Allan and I.B. Ferguson. 2009. Colour
development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening
and after harvest. *Postharvest Biol. Technol.* 51: 349-353.
- Pranamornkith, T., S. Kanlayanarat and A. Uthairatanakij. 2003. Effect of polymeric films and
packing methods on storage life of mangosteen fruit (*Garcinia mangostana* L.). In: Proceedings
of the APEC symposium on postharvest handling systems. Bangkok, Thailand.